การศึกษาตัวประสานในเทคนิคอัดเย็นที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี

Study of Binders in Cold-Press Technique Affecting the Properties of Charcoal Briquettes from *SAMANEA SAMAN* Wood Chips

รุ่งฤดี ชนูดหอม[1], ธเนศ ไชยชนะ[1], กิตติกร สาสุจิตต์[1], ลลิตา เพชรใจหาญ และ ภคมน ปินตานา[1*]

Rungrudee Chanoodhom[1], Tanate Chaichana[1], Kittikorn Sasujit[1], Lalita Petchaihan and Pakamon Pintana[1*]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Renewable Energy Engineering, School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

[*]Corresponding author: Tel.: 09-86196155. E-mail address: p.pintana@gmail.com

Abstract

This study aimed to investigate the effect of binder type on the physical, chemical, and thermal properties of charcoal briquettes produced from *Samanea Saman* wood chips using the cold-press technique. Waste wood chips from a wood processing industry in Lampang Province were carbonized in a 200 L vertical kiln at 400–500 °C for 5 hr under limited oxygen, cooled overnight, ground, and sieved through a 679 µm mesh. Two binder types were used (1) dry tapioca starch mixed with water, and (2) gelatinized tapioca starch paste, each blended with charcoal powder at a ratio of 0.9 : 0.1 : 1 (charcoal : starch : water, by weight). Briquettes of 70 g were molded in a cylindrical die diameter is 50 mm using a hydraulic press at 5 MPa for 10 s, then oven-dried at 105 ± 2 °C for 2 hr. Physical properties (density, shatter index), chemical properties (moisture, volatile matter, ash, fixed carbon), and thermal property (high heating value, HHV) were analyzed according to ASTM standards. Results showed that briquettes with dry starch had a higher density of 586.05 kg/m³ but lower shatter index of 87.27% , compared to briquettes using tapioca starch paste as a binder, which had a density of 526.29 kg/m³ and a shatter index of 99.69%. Moisture content of all samples was below the Thai Community Product Standard (≤8%). The high heating value exceeded 6,000 cal/g for both binder types, above the standard minimum of 5,000 cal/g, indicating high energy quality. The results suggest that while binder type affects physical durability, it has negligible influence on calorific value, which is primarily determined by feedstock quality and carbonization process.

Keywords: Charcoal briquettes, *Samanea saman* wood, Binder, Cold-press technique

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดตัวประสานที่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี (Samanea saman) โดยใช้เทคนิคการอัดเย็น เศษไม้จามจุรีจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ในจังหวัดลำปางถูกเผาในเตาเผาแนวตั้งขนาด 200 ลิตร ที่อุณหภูมิ 400–500 °C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะมีออกซิเจนจำกัด จากนั้นปล่อยให้เย็นข้ามคืน นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดรู 679 µm เพื่อให้ได้ผงถ่านที่มีขนาดสม่ำเสมอ ตัวประสานที่ใช้มี 2 แบบ ได้แก่ (1) แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำ (แป้งแห้ง) และ (2) แป้งมันสำปะหลังต้มเคี่ยวจนสุก (แป้งเปียก) โดยผสมกับผงถ่านในอัตราส่วน 0.9 : 0.1 : 1 (ผงถ่าน : แป้ง : น้ำ โดยน้ำหนัก) นำส่วนผสมน้ำหนัก 70 กรัม ไปอัดขึ้นรูปในแม่พิมพ์ทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่แรงอัด 5 MPa เป็นเวลา 10 วินาที และนำไปอบที่ 105 ± 2 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย ความหนาแน่นและค่าดัชนีการแตกร่วน คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้น, สารระเหย, เถ้า และคาร์บอนคงตัว คุณสมบัติทางความร้อนวิเคราะห์ค่าความร้อน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (Bomb Calorimeter) ตามมาตรฐาน ASTM ผลการวิจัยพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้งเป็นตัวประสานมีค่าความหนาแน่น 586.05 kg/m³ ซึ่งสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเปียกเป็นตัวประสาน ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 526.29 kg/m³ อย่างไรก็ตาม ถ่านอัดแท่งสูตรแป้งแห้งมีค่าดัชนีการแตกร่วน 87.27% ซึ่งต่ำกว่าสูตรแป้งเปียกที่มีค่า 99.69% แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างด้านความทนทานเชิงกล ความชื้นของถ่านอัดแท่งทั้งสองสูตรมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547 ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 ขณะที่ค่าความร้อนสูงสุดของทั้งสองสูตรมากกว่า 6,000 cal/g ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547 ที่กำหนดค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g สะท้อนถึงคุณภาพด้านพลังงานที่ดีของผลิตภัณฑ์ สรุปได้ว่า ชนิดของตัวประสานมีผลต่อสมบัติด้านความทนทานเชิงกลของถ่านอัดแท่ง แต่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัตถุดิบและสภาวะกระบวนการคาร์บอไนซ์เป็นสำคัญ

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง ไม้จามจุรี ตัวประสาน เทคนิคอัดเย็น

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ รวมถึงการดำรงชีวิตของประชาชนทั่วโลก ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเติบโตของประชากร การขยายตัวของเมือง และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบัน ประเทศไทยพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลัก ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและความไม่มั่นคงทางพลังงาน [1] ดังนั้น การพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนและสามารถผลิตได้ภายในประเทศจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตร ตามศักยภาพพื้นที่ที่มีอยู่มาผลิตเป็นพลังงานทดแทน สร้างความเข้มแข็งต่อเศรษฐกิจฐานราก

ชีวมวล (biomass) เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างยั่งยืน โดยได้จากวัสดุอินทรีย์ เช่น เศษไม้ เศษพืช และกากผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งสามารถนำไปแปรรูปเป็นพลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ การผลิตถ่านอัดแท่งจากชีวมวลนอกจากช่วยลดปริมาณของเสียแล้ว ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความร้อนสูง เผาไหม้สม่ำเสมอ และมีปริมาณเถ้าต่ำ

จังหวัดลำปางเป็นพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมแปรรูปไม้จามจุรี (*Samanea Saman*) อยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดเศษไม้เหลือใช้ในปริมาณมาก หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม การนำเศษไม้เหล่านี้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งจึงเป็นวิธีเพิ่มมูลค่าและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตาม คุณภาพของถ่านอัดแท่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ สภาวะการคาร์บอไนซ์ แรงอัด และชนิดของตัวประสาน (binder)

ตัวประสานมีบทบาทสำคัญในการยึดเกาะผงถ่านให้คงรูปและเพิ่มความทนทานเชิงกล ปัจจุบันนิยมใช้แป้งมันสำปะหลังในรูปแบบแห้งหรือแป้งเปียก ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน อาจส่งผลต่อทั้งความแข็งแรงและสมบัติด้านพลังงานของถ่านอัดแท่ง ดังนั้น การศึกษาผลของชนิดตัวประสานต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรีจึงมีความสำคัญเพื่อให้ได้สูตรและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงและตอบโจทย์ด้านคุณภาพพลังงาน

วิธีการวิจัย

1. ขั้นตอนการเผาถ่านเศษไม้จามจุรี

นำเศษไม้จามจุรีจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ในจังหวัดลำปาง ตากภายใต้แสงแดดเพื่อกำจัดความชื้นเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาเผาด้วยเตาเผา 200 L แบบแนวตั้ง [2] ให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิ 400-500°C เผาภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเวลา 5 hr ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้ถ่านเย็น

ภาพที่ 1 การนำเศษไม้จามจุรีจากอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ มาเผาในถัง 200 ลิตร

2. ขั้นตอนการอัดถ่าน

2.1 ถ่านที่รวบรวมได้จากการเผาจะถูกนำมาบดด้วยหม้อบด มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า จนได้ผงถ่าน และนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาดรู 679 µm

2.2 เตรียมแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำ ในอัตราส่วน 0.1 : 1 นำไปใช้ 2 แบบ 2 แบบที่ 1 นำไปผสมกับผงถ่าน แบบที่ 2 นำไปต้มและเคี่ยวจนได้แป้งเปียก

2.3 นำผงถ่านผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในอัตราส่วน 0.9 : 0.1 : 1 (แป้งแห้ง 10 %) โดยน้ำหนัก และผงถ่านผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ (แป้งเปียก 10 %) ในอัตราส่วน 0.9 : 0.1 : 1 โดยน้ำหนัก

2.4 นำส่วนผสมใส่ลงไปในเครื่องอัดไฮโดรลิกแบบลูกสูบ (Hydraulic Press) มอเตอร์ขนาด 4.5 kW ขึ้นรูปถ่านปริมาณ 70 g/ก้อน ในแม่พิมพ์ทรงกระบอก ให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 50 mm ใช้แรงอัด 5 Mpa กดอัดในระยะเวลา 10 s แล้วนำถ่านอัดแท่งไปอบในเตาอบ ขนาด 100 L มอเตอร์ขนาด 1.5 kW ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 3 hr เพื่อไล่ความชื้น

(ก) ผงถ่านผสมกับแป้งมันสำปะหลังแห้ง 10 %

(ข) ผงถ่านผสมกับแป้งมันสำปะหลังเปียก 10 %

ภาพที่ 2 เชื้อเพลิงที่ผลิตได้

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

การวิเคราะห์สมบัติของถานอัดแท่งจะแบ่งออกเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางความร้อน โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งนั้นจะวิเคราะห์การค่าความหนาแน่น (Densification) ค่าดัชนีการแตกร่วน (% Shatter index) ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM D-3033 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีจะวิเคราะห์โดยประมาณ ได้แก่ ความชื้น (Moisture) สารระเหยได้ (Volatile matter) เถ้า (Ash) และคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172-3175 และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งเป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการให้พลังงานของถ่านอัดแท่งที่แสดงในรูปค่าความร้อน (High Heating value, HHV) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (LECO /AC500) ตามมาตรฐาน ASTM D 5865 [3-8] ทดสอบระยะเวลาการติดไฟ และการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี เพื่อดูประสิทธิภาพของการติดไฟ

4. การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงาน

การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานทำขึ้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพและค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง โดยคำนวณเป็น ต้นทุนพลังงานต่อถ่าน 1 กิโลกรัม (baht/kg) ซึ่งจะสะท้อนถึงความคุ้มค่าเชิงเทคนิคของกระบวนการผลิต

การคำนวณต้นทุนเชิงพลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถทำได้โดยใช้สูตร

$$EC = \sum(E_i \times C_i) \quad (1)$$

เมื่อ EC คือ ต้นทุนพลังงานรวม (Baht/kg)

E_i คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน (kWh หรือ MJ)

C_i คือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยพลังงาน (Baht /kWh หรือ Baht /MJ)

$$\text{Energy ratio} = \frac{\text{พลังงานรวมที่ใช้ในการผลิตค่าความร้อนสูงสุด } (\mathbf{HHV})}{\text{พลังงานรวมที่ใช้ในการผลิต } (\mathbf{EC})} \quad (2)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่น

ผลการทดสอบความหนาแน่นพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้งเป็นตัวประสานมีค่าความหนาแน่น 586.05 kg/m³ ในขณะที่ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานมีค่าความหนาแน่น 526.29 kg/m³ ซึ่งค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้งสูงกว่าเล็กน้อย สาเหตุอาจมาจากการที่แป้งมันแห้งสามารถกระจายตัวและยึดเกาะผงถ่านได้แน่นขึ้นระหว่างกระบวนการอัด ทำให้ลดช่องว่างรูพรุนภายใน ส่งผลให้ความหนาแน่นสูงกว่า ในขณะที่แป้งเปียกมีโครงสร้างเจลซึ่งแม้จะให้การยึดเกาะที่ดีแต่มีความหนืดสูง ทำให้การกระจายตัวของผงถ่านภายในก้อนไม่สม่ำเสมอเท่าแป้งมันแห้ง จึงได้ค่าความหนาแน่นต่ำกว่า

1.2 การวิเคราะห์ดัชนีการแตกร่วน

ดัชนีการแตกร่วน เป็นคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดแท่งแสดงถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง ซึ่งส่งผลต่อความทนทาน การแตกร่วนในการขนส่ง โดยค่ามาตรฐานอยู่ระหว่าง 90% - 99% ผลการทดสอบพบว่าค่าดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้งเป็นตัวประสานมีค่า 87.27% ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานเชื้อเพลิงอัดแท่ง (90–99%) [9] บ่งชี้ว่ามีความทนทานต่อแรงกระแทกต่ำ อาจเกิดจากการที่เนื้อถ่านไม่สามารถยึดเกาะกันได้แน่นเพียงพอ ทำให้เกิดการแตกหรือร่วนง่ายเมื่อได้รับแรงกระแทก ขณะที่ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานมีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงถึง 99.69% อยู่ในช่วงมาตรฐานและมีความทนทานสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุคือแป้งเปียกผ่านกระบวนการ gelatinization ทำให้โมเลกุลแป้งพองตัวและสร้างโครงสร้างกาวที่เหนียวแน่น สามารถยึดเกาะผงถ่านได้ดีขึ้น ส่งผลให้ทนต่อแรงกระแทกและการขนส่งได้ดีกว่า

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางความร้อนของเศษไม้จามจุรี

	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ค่าความร้อน (cal/g)
เศษไม้จามจุรี	6.70±0.13	74.89±0.35	2.80±0.13	15.61±0.15	4,178.29±249.66

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

2.1 การวิเคราะห์ความชื้น

เศษไม้จามจุรีมีปริมาณความชื้นเฉลี่ย 6.70±0.13% ขณะที่ถ่านอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานแป้งมันสำปะหลังแห้งและแป้งเปียกมีค่าความชื้นเฉลี่ย 5.61±0.09% และ 5.11±0.05% ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 (≤8%) แสดงว่าผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งมีความชื้นต่ำ ช่วยให้ติดไฟง่ายและเก็บรักษาได้นาน โดยค่าที่ต่ำในสูตรแป้งเปียกอาจเกิดจากโครงสร้างเนื้อถ่านที่แน่นกว่า ทำให้กักเก็บความชื้นได้น้อย [10]

2.2 การวิเคราะห์สารระเหย

เศษไม้จามจุรีมีสารระเหยสูงถึง 74.89±0.35% ซึ่งเป็นลักษณะปกติของไม้ดิบที่ยังมีองค์ประกอบอินทรีย์สูง ส่วนถ่านอัดแท่งทั้งสองสูตรมีสารระเหยลดลงเหลือ 44.05±3.43% (แป้งแห้ง) และ 43.73±2.97% (แป้งเปียก) เนื่องจากผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิ 400–500°C ทำให้ส่วนหนึ่งของสารอินทรีย์สลายตัว

2.3 การวิเคราะห์เถ้า

ปริมาณเถ้าของเศษไม้จามจุรีมีค่า 2.80±0.13% ซึ่งสะท้อนถึงการมีสิ่งเจือปนน้อยและความบริสุทธิ์ของเนื้อไม้ แม้ค่านี้จะสูงกว่าเกณฑ์ทั่วไปของไม้เนื้อแข็งคุณภาพสูงบางชนิดที่มักมีปริมาณเถ้าน้อยกว่า 2% แต่ยังคงสอดคล้องกับข้อมูลจาก FAO [11] ที่ระบุว่าถ่านจากไม้เนื้อแข็งคุณภาพดีควรมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วงต่ำ (ประมาณ 3%) เพื่อรักษาคุณภาพการให้ความร้อน สำหรับถ่านอัดแท่งสูตรแป้งแห้งและแป้งเปียก มีค่าเถ้าเพิ่มขึ้นเป็น 3.63±0.05% และ 3.94±0.15% ตามลำดับ ปริมาณเถ้าที่สูงขึ้นในถ่านอัดแท่งเกิดจากการเผาไหม้ตัวประสานและการสะสมของแร่ธาตุจากกระบวนการผลิต

2.4 การวิเคราะห์คาร์บอนคงตัว

คาร์บอนคงตัวของเศษไม้จามจุรีอยู่ในระดับต่ำเพียง 15.61±0.15% เนื่องจากยังไม่ผ่านการคาร์บอไนซ์ ขณะที่ถ่านอัดแท่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเป็น 46.71 ± 3.42% สำหรับสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้ง และ 47.22 ± 3.16% สำหรับสูตรที่ใช้แป้งเปียก โดยมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าชนิดของตัวประสานไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณคาร์บอนคงตัวอย่างมีนัยสำคัญ แต่การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนคงตัวเป็นผลจากกระบวนการคาร์บอไนซ์ซึ่งช่วยกำจัดความชื้นและสารระเหยออกจากชีวมวล ทำให้สัดส่วนคาร์บอนคงตัวสูงขึ้น

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง

	ความหนาแน่น (kg/m^3)	ดัชนีการแตกร่วน (%)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณคาร์บอน (%)	ค่าความร้อน (cal/g)
ผงถ่าน+แป้งแห้ง 10%	586.05±6.91	87.27±1.69	5.61±0.09	44.05±3.43	3.63±0.05	46.71±3.42	6,379.9±169.80
ผงถ่าน+แป้งเปียก 10%	526.29±18.56	99.69±0.14	5.11±0.05	43.73±2.97	3.94±0.15	47.22±3.16	6,418.16±243.55

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อน

3.1 การวิเคราะห์หาค่าความร้อน

จากการทดสอบค่าความร้อนของเศษไม้จามจุรีดิบ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4,178.29±249.66 cal/g ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว และแสดงถึงศักยภาพในการเป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่ดี เมื่อนำมาผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) และแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง พบว่าค่าความร้อนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยถ่านอัดแท่งสูตรแป้งมันสำปะหลังแห้งมีค่าความร้อน 6,379.9 cal/g และสูตรแป้งมันสำปะหลังเปียกมีค่าความร้อน 6,418.16 cal/g ซึ่งทั้งสองสูตรมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547 ที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่น้อยกว่า 5,000 cal/g

ค่าความร้อนที่สูงขึ้นนี้เป็นผลมาจากการที่ไม้จามจุรีผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 400–500 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขับสารระเหย (Volatile Matter) และความชื้นออกไป ส่งผลให้โครงสร้างคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) มีความเข้มข้นสูงขึ้น ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัย [12] ที่ระบุว่าไม้จามจุรี (Samanea saman) มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ และมีค่าความร้อนในระดับที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในอุตสาหกรรมได้

สำหรับการเปรียบเทียบตัวประสาน พบว่าสูตรแป้งเปียกมีค่าความร้อนสูงกว่าสูตรแป้งแห้งเพียงเล็กน้อย (ต่างกันเพียง 0.6%) แต่ความแตกต่างนี้อยู่ในช่วงที่ไม่มากพอจะมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงอาจกล่าวได้ว่าชนิดของตัวประสาน (แป้ง

มันสำปะหลังแห้งหรือแป้งเปียก) ไม่ได้ส่งผลอย่างชัดเจนต่อค่าพลังงานของถ่านอัดแท่ง แต่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ดัชนีการแตกร่วน ดังที่ได้อภิปรายในส่วนก่อนหน้า

3.2 การทดสอบระยะเวลาการติดไฟ และการใช้งาน

ในการทดสอบระยะเวลาการติดไฟ และการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี เพื่อดูประสิทธิภาพของการติดไฟ โดยนำถ่านอัดแท่ง 300 กรัม ใส่ในในเตาอั้งโล่ขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 เซนติเมตร จุดไฟ สังเกตลักษณะการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง และระยะเวลาในการเผาไหม้ตั้งแต่เริ่มต้นจนไฟมอดดับ

ตารางที่ 3 การทดสอบระยะเวลาการติดไฟ และการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี

	ลักษณะของการเผาไหม้	**ระยะเวลาเฉลี่ยในการเผาไหม้ (นาที)**
ผงถ่าน+แป้งแห้ง 10%	ไม่มีการแตกปะทุขณะติดไฟ, ไม่มีควัน	130
ผงถ่าน+แป้งเปียก 10%	ไม่มีการแตกปะทุขณะติดไฟ, ไม่มีควัน	132

จากผลการทดสอบระยะเวลาการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรี พบว่า สูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแห้งเป็นตัวประสาน มีระยะเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ย 130 นาที สูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเปียกเป็นตัวประสาน มีระยะเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ย 132 นาที ทั้งสองสูตรมีลักษณะการติดไฟที่คล้ายคลึงกัน โดย ไม่มีการแตกปะทุขณะติดไฟ และ ไม่เกิดควันในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งเป็นลักษณะของการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ สะท้อนถึงคุณภาพของถ่านอัดแท่งที่มีความบริสุทธิ์และคาร์บอนคงตัวสูง

ความแตกต่างของระยะเวลาเผาไหม้ระหว่างทั้งสองสูตรมีเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า ชนิดของตัวประสานไม่ได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาการเผาไหม้ กล่าวโดยสรุป ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรีทั้งสองสูตรมี ประสิทธิภาพการเผาไหม้และการใช้งานที่ดีมาก สามารถจุดติดไฟได้ง่าย เผาไหม้อย่างสม่ำเสมอโดยไม่เกิดควัน และให้ระยะเวลาเผาไหม้ยาวนานกว่า 2 ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานในครัวเรือนหรือเชิงพาณิชย์ โดยสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเปียกเป็นตัวประสานมีคุณภาพโดยรวมดีกว่าเล็กน้อยในด้านความทนทานและความคงตัวของการเผาไหม้

4. การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงาน

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ต้นทุนทางพลังงานและ Energy ratio ของการผลิตถ่านอัดแท่ง

	ผงถ่าน+แป้งแห้ง 10%	ผงถ่าน+แป้งเปียก 10%
LPG ที่ใช้ในการเผา ($kg_{LPG}/kg_{charcoal}$)	0.44	0.44
LPG ที่ใช้ในการต้มแป้ง ($kg_{LPG}/kg_{charcoal}$)	-	0.01
ไฟฟ้าที่ใช้ในการบด (kWh/kg)	0.03	0.03
ไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป (kWh/kg)	2.14	2.14
ไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (kWh/kg)	0.75	0.75
พลังงาน LPG ที่ใช้รวม (MJ/kg)	21.69	22.19
พลังงานไฟฟ้า ที่ใช้รวม (MJ/kg)	10.51	10.51
พลังงานรวม ที่ใช้รวม(MJ/kg)	**32.20**	**32.70**

ต้นทุนค่าแก๊ส LPG (Baht/kg)	14.08	14.40
ต้นทุนค่าไฟฟ้า (Baht/kg)	12.26	12.26
ต้นทุนพลังงานรวม (Baht/kg)	**26.34**	**26.66**
ค่าความร้อน (MJ/kg)	26.69	26.85
Energy ratio	**0.83**	**0.82**

ต้นทุนพลังงานของการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรีพบว่า กระบวนการผลิตใช้พลังงานรวมเฉลี่ยประมาณ 32.20–32.70 MJ/kg โดยมีสัดส่วนพลังงานจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) มากกว่าสองในสามของพลังงานรวมทั้งหมด และอีกประมาณหนึ่งในสามมาจากพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของกระบวนการที่ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิงหลักในขั้นคาร์บอไนซ์ ส่วนพลังงานไฟฟ้าใช้ในกระบวนการบด อัด และอบแห้ง โดยเฉพาะในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดที่ 2.14 kWh/kg เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านอัดแท่งที่ใช้ตัวประสานต่างชนิด พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเปียกมีการใช้พลังงานรวมสูงกว่าสูตรแป้งแห้งเล็กน้อย (32.70 เทียบกับ 32.20 MJ/kg) เนื่องจากต้องใช้ LPG เพิ่มเติมในขั้นตอนการต้มแป้งเพื่อทำให้เกิดการเจลาติไนซ์ ส่งผลให้ต้นทุนพลังงานของสูตรแป้งเปียกสูงกว่าสูตรแป้งแห้งราว 0.32 บาทต่อกิโลกรัม แม้ความแตกต่างจะไม่มากนัก แต่สะท้อนถึงภาระพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากการเลือกใช้ตัวประสานชนิดเปียก

ในด้านประสิทธิภาพพลังงาน พบว่าถ่านอัดแท่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 26.69–26.85 MJ/kg ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า Energy ratio พบว่าสูตรแป้งแห้งมีค่าเท่ากับ 0.83 และสูตรแป้งเปียกเท่ากับ 0.82 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพลังงานที่ได้รับจากถ่านอัดแท่งยังน้อยกว่าพลังงานรวมที่ใช้ในกระบวนการผลิต (เนื่องจากค่า Energy ratio < 1.0) ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในภาพรวม แม้สูตรแป้งเปียกจะมีต้นทุนพลังงานสูงกว่าเล็กน้อยแต่ข้อได้เปรียบนี้มีนัยสำคัญไม่มากนัก เนื่องจากค่าความร้อนและคุณสมบัติทางเคมีอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ในทางกลับกัน สูตรแป้งเปียกมีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงถึง 99.69% อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (90–99%) ในขณะที่สูตรแป้งแห้งได้เพียง 87.27% ต่ำกว่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงความทนทานเชิงกลที่เหนือกว่า จึงทำให้สูตรแป้งเปียกมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากกว่า แม้จะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในขั้นตอนการต้มแป้ง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้สรุปได้ว่าการเลือกชนิดตัวประสานมีผลโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง โดยตัวประสานแป้งมันสำปะหลังแห้งให้ความหนาแน่นสูงกว่าที่ 586.05 kg/m³ แต่มีความทนทานต่อแรงกระแทกต่ำกว่าสูตรแป้งเปียกที่มีค่าดัชนีการแตกร่วนสูงถึง 99.69% ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. ในขณะที่สมบัติทางเคมีและพลังงานของทั้งสองสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีความชื้นต่ำกว่า 8% มีค่าความร้อนสูงถึง 6,379–6,418 cal/g และมีคาร์บอนคงตัวประมาณ 46.71%–47.22% ซึ่งเป็นผลจากการคาร์บอไนเซชันที่อุณหภูมิ 400–500°C แม้การวิเคราะห์ต้นทุนพลังงานจะพบค่า Energy ratio อยู่ที่ 0.82–0.83 และมีต้นทุน 26.34–26.66 บาทต่อกิโลกรัม แต่การเปลี่ยนแหล่งความร้อนจากก๊าซ LPG มาเป็นฟืนไม้จะช่วยลดต้นทุนได้ถึง 14.08–14.40 บาทต่อกิโลกรัม และเพิ่มค่า Energy ratio ให้สูงกว่า 1.0 ได้ โดยถ่านที่ได้สามารถเผาไหม้ได้นานกว่า 2 ชั่วโมง (130–132 นาที) โดยไม่มีควันและการแตกปะทุ จึงสรุปได้ว่าการใช้ตัวประสานแป้งเปียกมีความเหมาะสมที่สุดในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้จามจุรีเนื่องจากให้ความทนทานเชิงกลตามมาตรฐาน ขณะที่คุณสมบัติด้านพลังงานและต้นทุนต่างจากสูตรแป้งแห้งเพียงเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ที่สนับสนุนเงินทุนในด้านการศึกษาและการทำวิจัยวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้และศูนย์วิจัยและพัฒนาวัสดุอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนการใช้พื้นที่ ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการวิจัย และขอบคุณคณะอาจารย์ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ในการให้คำแนะนำในการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงพลังงาน. (2567). สถานการณ์พลังงานปี 2566 และแนวโน้มปี 2567. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2568 จาก https://www.eppo.go.th

[2] วิจิตร เชาว์วันกลาง และพิมพ์ลภา ปาสาจะ (2562). สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งโดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสานและถ่านในการหุงต้มในครัวเรือน. รายงานการวิจัยจากทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[3] ASTM Standard. D3173. 1997. Standard test method for moisture in the analysis sample. U.S.A.

[4] ASTM Standard. D3175. 1997. Standard test method for volatile matter in the analysis sample. U.S.A.

[5] ASTM Standard. D3174. 1997. Standard test method for ash in the analysis sample. U.S.A.

[6] ASTM Standard. D3174. 1997. Standard test method for ash in the analysis sample. U.S.A.

[7] ASTM Standard. D3172. 1997. Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke. U.S.A.

[8] ASTM Standard. D5865. 2013. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. U.S.A.

[9] ASTM Standard. D3033. 2008. Standard Test Methods for Dimensions, Mass, and Density of Preformed Block-Type Thermal Insulation. U.S.A.

[10] อัจฉรา อัศวรัตนสุนัย, ชุติมา เสมาสัยกุล, นิพพร ประภักดิ์, ณัฏฐ์ดา เปี่ยมสุวรรณศิริ และ นิจวรรณ ชูชาติ. (2554). การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ครั้งที่ 49, 162–168.

[11] สรวิศ สอนสารี และฐิติพร เจาะจง. (2567). ความสามารถเชิงความร้อนของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร กรณีศึกษาเปลือกมะขามเปรี้ยวยักษ์. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 17 (หน้า 26-32).

[12] องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ. (2526). การสำรวจไม้เชื้อเพลิง (เอกสารป่าไม้ FAO เลขที่ 41). สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2568 จาก https://www.fao.org/4/j0926e/J0926e06.htm

[13] Suyatno, S., Ghazidin, H., Putra, H. P., et al. (2024). Comprehensive experimental assessment of Samanea saman wood and leaves waste combustion in the aspect of ash-related problem. Bioresource Technology Reports, 26, 101852. https://doi.org/10.1016/j.biteb.2024.101852