

ถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โก่งก้างที่ใช้ในการย่างไก่

วราพร พึ่งพรหม^{1*} สิริรัตน์ สุวณิชย์เจริญ² อภิรดี ศรีโอภาส³ ฤณทลีย์ บังคะดานรา⁴สุดาว เลิศวิสุทธิโพบูลย์⁵

Received : September 23, 2023

Revised : January 25, 2024

Accepted : February 14, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษถ่านไม้โก่งก้างที่เหลือจากกระบวนการย่างไก่กับแป้งมันสำปะหลัง การผลิตถ่านอัดแท่งดำเนินการโดยนำเศษถ่านไม้โก่งก้างที่ใช้ในกระบวนการย่างไก่ มาตากแดดและนำมาร้อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อนำเศษชิ้นเล็กออก หลังจากนั้นนำมาเข้าเครื่องบด ถ่านเพื่อให้ถ่านมีความละเอียด นำเศษถ่านที่บดแล้วมาผสมกับแป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนต่าง ๆ คือ อัตราส่วน 5%, 10%, 20% นำถ่านที่ผสมแล้วเข้าเครื่องอัดถ่านเพื่อให้ถ่านเกิดการอัดตัวเป็นก้อน และนำไปตากแดด เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิง คือ ค่าความร้อน ใช้วิธีวิเคราะห์ ASTM D 5865, ค่าความชื้น ASTM D 7582, สารระเหย ASTM D 7582, คาร์บอนคงตัว ASTM D 3176, เถ้า ASTM D 7582

ผลการวิจัย พบว่า เศษถ่านจากกระบวนการย่างไก่ สามารถนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งสำหรับนำกลับไปย่างไก่ได้ โดยจากการทดสอบ ค่าความร้อน อัตราส่วน 5%, 10%, 20% สามารถให้ค่าสูงสุดอยู่ที่ 6,403 , 6,140, 5,963 กิโลแคลอรี/กก.) สารระเหย 25.62%, 28.10% , 28.81% ถ่านคงตัว 60.18%, 55.50%, 55.19% และเถ้า 3.95%, 3.68%, 3.36% ผลการทดสอบดังกล่าว พบว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555) แต่ผลการทดสอบความชื้น มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย จากการทดลองสามารถสรุปอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำมาทำถ่านอัดแท่ง คือ อัตราส่วน 5% เพราะเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนที่สูง และประหยัดต้นทุนในการผลิต เพราะเป็นอัตราส่วนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ การนำเศษถ่านที่ใช้แล้วมาทำการอัดแท่งใหม่ยังเป็นการช่วยลดปัญหาด้านการจัดการของเสียเหลือทิ้ง ช่วยลดการตัดไม้และมลภาวะจากการผลิตถ่านไม้

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เศษถ่านไม้โก่งก้าง เศษถ่านใช้แล้ว

¹ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อีเมล: warapornpungporm@hotmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อีเมล: sirirat.suw@stou.ac.th

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อีเมล: apiradee.sri@stou.ac.th

⁴ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อีเมล: Goontalee.ban@stou.ac.th

⁵ รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อีเมล: l.sudaw@gmail.com

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: warapornpungporm@hotmail.com

CHARCOAL BRIQUETTES FROM MANGROVE CHARCOAL REMNANTS RESULTING FROM CHICKEN GRILLING

Waraporm Pungporm^{1*} Sirirat Suwanichcharoen² Apiradee Sriopas³
Goontalee Bangkadanara⁴ Sudaw Lertwisuttipaiboon⁵

Abstract

This research studied the appropriate ratio between mangrove charcoal remnants from the chicken grilling process and cassava starch in producing charcoal briquettes, as well as the fuel properties of the resulting charcoal briquettes. The process involved drying the mangrove charcoal remnants resulting from the chicken grilling process and sieving them through a 4 mm sieve to remove the ashes. Subsequently, the remnants were ground into fine charcoal using a charcoal grinder before being mixed with cassava starch at various ratios of 5%, 10%, and 20% to determine the optimal mixture. The charcoal-starch mixture was then pressed into lumps using a machine and dried in the sun. The fuel properties of the charcoal product were tested, including calorific value according to ASTM D 5865, moisture value according to ASTM D 7582, volatile substances according to ASTM D 7582, stable carbon according to ASTM D 3176, and ash content according to ASTM D 7582.

The results showed that the charcoal remnants resulting from the chicken grilling process could be converted into charcoal briquettes for chicken grilling. Testing the calorific value at ratios of 5%, 10%, and 20% revealed the highest values of 6,403, 6,140, and 5,963 kcal/kg, respectively, along with volatile substances at 25.62%, 28.10%, and 28.81%, stable charcoal at 60.18%, 55.50%, and 55.19%, and ash at 3.95%, 3.68%, and 3.36%. All three ratios also met the standard criteria for charcoal briquettes set by the Department of Industrial Works (2012), although the humidity test value slightly exceeded the standard. Following the experiment, the researcher can conclude that the optimal ratio for making charcoal briquettes is 5%, as it provides a high calorific value and is cost-efficient, utilizing less cassava starch compared to other ratios. Additionally, by transforming used charcoal remnants into new briquettes, this process helps address waste management issues, reduces logging, and mitigates pollution from charcoal production.

Keywords: Charcoal briquette, Mangrove charcoal remain, Charcoal remnant

¹ Student, Master of Science Program Program of Industrial Environment Management, Sukhothai Thammathirat Open University, e-mail: warapormpungporm@hotmail.com

² Assistant Professor Dr., Industrial Environment Management, Sukhothai Thammathirat Open University, e-mail: sirirat.suw@stou.ac.th

³ Assistant Professor Dr., Industrial Environment Management, Sukhothai Thammathirat Open University, e-mail: apiradee.sri@stou.ac.th

⁴ Assistant Professor Dr., Industrial Environment Management, Sukhothai Thammathirat Open University, e-mail: Goontalee.ban@stou.ac.th

⁵ Assistant Professor Dr., Industrial Environment Management, Sukhothai Thammathirat Open University, e-mail: l.sudaw@gmail.com

* Corresponding author, e-mail: warapormpungporm@hotmail.com

บทนำ

กระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท โดยเฉพาะกระบวนการที่ต้องมีการปิ้งย่างจำเป็นต้องมีการใช้ถ่านไม้จำนวนมาก เพื่อต้องการให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์หอมน่ารับประทาน ถ่านไม้โกงกางเป็นถ่านประเภทที่หาซื้อได้ง่ายและนิยมนำมาใช้ในกันมาก เพราะสามารถเร่งไฟและควบคุมไฟได้ดีกว่าถ่านชนิดอื่น แต่เนื่องจากต้นโกงกางเป็นองค์ประกอบหนึ่งในระบบนิเวศของป่าชายเลนที่มีความสำคัญต่อการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งและทรัพยากรธรรมชาติในบริเวณนั้น ดังนั้น หากมีการตัดไม้โกงกางมาผลิตถ่านจำนวนมาก ก็จะส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์และเกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนได้ (Kristensen, 2008) ประกอบกับการเกิดเศษถ่านใช้แล้วสะสมจำนวนมากที่ต้องนำไปกำจัด และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาได้

เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตในหลาย ๆ อุตสาหกรรม จึงได้มีแนวทางการแก้ปัญหาโดยการนำเศษถ่านดังกล่าวมาอัดเป็นแท่ง ซึ่งนอกจากจะป้องกันผลกระทบที่จะเกิดจากการกำจัดของเสียดังกล่าวแล้ว ยังสามารถนำถ่านอัดแท่งกลับมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้อีกด้วย เนื่องจากถ่านอัดแท่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ สามารถให้ความร้อนสูงและสม่ำเสมอเทียบเท่ากับถ่านไม้ เกิดควันที่น้อยกว่าการใช้ถ่านไม้ ไม่แตกประทุหรือเกิดประกายไฟ เกิดเขม่าที่น้อยกว่าถ่านไม้ ราคาถูก ขนาดก้อนของถ่านมีขนาดเท่ากันง่ายต่อการใช้งาน ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในกระบวนการต่าง ๆ อาทิ การใช้ถ่านซังข้าวโพดและถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้ง อัตราส่วน 6:4 สามารถให้ความร้อน ได้ 9,877 กิโลแคลอรี/กก. (วีระ พันอินทร์, 2561) เศษถ่านของกระบวนการเผาอิฐมอญ อัตราส่วนแป้งมันสำปะหลัง 2% ได้ค่าความร้อน 6,726 กิโลแคลอรี/กก. (ปฐมศก วิไลพล, 2562) การใช้เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ กระบวนการทำถ่านอัดแท่งใช้เป็นเครื่องอัดแท่งที่ความเร็วรอบของสกรูอัด เท่ากับ 300 rpm ได้ความร้อน 5,493.46 กิโลแคลอรี/กก. (ณัฐพล วิชาญ, 2561) การใช้ถ่านห่านของโรงไฟฟ้าชีวมวล ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 1% โดยน้ำหนัก ได้ความร้อนที่ 2,222 กิโลแคลอรี/กก. (ธนิยา เกาศล, 2562) การใช้เศษถ่านไม้เม็กและเศษถ่านไม้เบญจพรรณเหลือทิ้งจากกระบวนการตีพริ้ว อัตราส่วน วัตถุดิบ: แป้งมันสำปะหลัง: ปูนขาว เป็น 60:2:1 ได้ค่าความร้อนเป็น 5,556.51 กิโลแคลอรี/กก. (หาญณรงค์ บำรุงศิริ, 2553)

ซึ่งปัจจุบันในใช้ถ่านไม้โกงกางในกระบวนการย่างไก่จะมีการใช้จำนวน 100 kg./batch และจะมีเปลี่ยนถ่าน ทุก ๆ batch ทำให้เกิดเศษถ่านไม้โกงกางที่เหลือจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากที่รอดำเนินการนำส่งกำจัด (ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการส่งกำจัด)

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ศึกษาการนำเศษถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่มาผลิตถ่านอัดแท่ง เพื่อลดปริมาณเศษถ่านเหลือทิ้งที่มีการสะสมรอการกำจัดเป็นจำนวนมาก ลดการตัดต้นไม้โกงกางมาทำถ่าน ลดปริมาณมลพิษจากการเผาถ่านและกำจัดเศษถ่าน และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตจากการนำเศษถ่านไม้โกงกางที่ต้องนำไปกำจัดกลับมาอัดแท่งและใช้ใหม่ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่กับแป้งมันสำปะหลังในการผลิตถ่านอัดแท่ง
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกางที่ใช้แล้ว

1.1 การเตรียมเศษถ่าน

เศษถ่านไม้โกงกางที่ผ่านการเผาไหม้เพื่อทำให้กลิ่นควันติดกับไก่อ่างนั้น อาจมีน้ำมันจากไก่ที่หยดลงไปจนแข็ง มีเศษไม้เสียบไก่และเถ้าปะปนอยู่ รวมทั้งถูกน้ำราดจนเปียกเพื่อดับไฟ จึงต้องมีการเตรียมเศษถ่านก่อนที่จะนำไปอัดก้อน ดังนี้

1.1.1 นำเศษถ่านจากกระบวนการย่างไก่มาตากแดดให้แห้งเพื่อให้ให้น้ำและน้ำมันจากไก่อระเหยออกไป

1.1.2 แยกเศษขยะและไม้เสียบไก่ออก เพราะถ้าบดปนไปกับเศษถ่าน อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดควันได้

1.1.3 ทำการร่อนด้วยตะแกรง ขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อแยกเอาเถ้าออก (ภาพที่ 1) จากนั้นจึงนำไปบดในเครื่องบดถ่าน แล้วนำชั่งน้ำหนักแยกเป็นถุงละ 10 กิโลกรัม เพื่อสะดวกต่อการผสม



ภาพที่ 1 เศษถ่านที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มิลลิเมตร

1.2 การเตรียมส่วนผสม

การทดลองครั้งนี้ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัสดุประสานในการเชื่อมให้เศษถ่านจับเป็นก้อน โดยทำการกวนแป้งมันสำปะหลังกับน้ำก่อน จากนั้นจึงนำเศษถ่านที่บดแล้วมาผสมในอัตราส่วนที่กำหนด ซึ่งกำหนดเป็นอัตราส่วนที่ 5% , 10% ,20% โดยอัตราส่วนเริ่มต้น คือ อัตราส่วนที่ 10:0.5 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมระหว่างเศษถ่านและแป้งมันสำปะหลัง

อัตราส่วน (% โดยน้ำหนัก)	เศษถ่าน (กิโลกรัม)	แป้งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม)	น้ำ (ลิตร)
5%	10	0.5	3
10%	10	1.0	3
20%	10	2	3

1.3 การอัดขึ้นรูป

นำถ่านที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังแล้ว ไปอัดขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดถ่านที่ใช้ความร้อน (ภาพที่ 2) เพื่ออัดถ่านเป็นแท่งในขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำถ่านที่อัดแท่งแล้วไปตากแดดให้แห้ง 3-5 วัน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 เครื่องอัดถ่าน



ภาพที่ 3 การนำถ่านไปตากแดด

2. การทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่ตากแดดจนแห้งแล้ว ได้วิเคราะห์พารามิเตอร์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยทำการทดสอบอัตราส่วนละ 3 ซ้ำ และผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบถ่านไม้โกงกางที่ยังไม่ถูกนำไปใช้ในการย่างไก่

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์สมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ความชื้น (%)	ASTM D 7582
สารระเหย (%)	ASTM D 7582
คาร์บอนคงตัว (%)	ASTM D 3176
เถ้า (%)	ASTM D 7582
ค่าความร้อนสูง (กิโลแคลอรี/กก.)	ASTM D 5865

ซึ่งมีรายละเอียด การวิเคราะห์ ดังนี้

1. ตรวจวัดค่าความชื้น, เถ้า (Ash), ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter)

เครื่องวิเคราะห์ TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701 และอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 7582

การวิเคราะห์ Proximate Analysis ด้วยเครื่องวิเคราะห์ TGA-701 โดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุ ภายใต้อุณหภูมิและบรรยากาศที่ถูกควบคุม น้ำหนักที่หายไปจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเกิดจากการระเหย การย่อยสลาย หรือการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Resolution 0.0001 g)

1. ความชื้น (Moisture) โดยให้ความร้อนที่ 105 ± 3 °C ในสภาพของ Drying gas ที่มีการเปิดฝาล้างจนน้ำหนักคงที่

2. สารระเหย (Volatile matter) โดยให้ความร้อนที่ 950 ± 10 °C ในสภาพของ Nitrogen gas ที่มีการปิดฝาล้าง เป็นเวลา 7 นาที

3. เถ้า (Ash) โดยให้ความร้อนที่ 750 ± 10 °C ในสภาพของ Oxygen gas ที่มีการเปิดฝาล้างจนน้ำหนักคงที่

2. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)

วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3176 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{ปริมาณความชื้น} + \text{ปริมาณสารระเหย} + \text{ปริมาณเถ้า})$$

3. ตรวจวัดค่าความร้อน

ดำเนินการนำถ่านในแต่ละอัตราส่วน และการตากแดดต่าง ๆ ไปหาค่าความร้อนด้วยเครื่อง Bomb calorimeter เพื่อทดสอบหาค่าความร้อน ยี่ห้อ PARR รุ่น PARR 6300 และ อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D 5865

หลักการทำงานโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงเหลว 1 หน่วยปริมาณ ที่ปริมาตรคงที่ใน ออกซิเจนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ภายใต้ก๊าซออกซิเจนเพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ ซึ่งความร้อนที่ได้จะถูก ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ภายนอก รอบๆลูกบอมบ์ โดยเครื่องจะวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการเผา ไหม้ตัวอย่าง (ΔT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ถ่านอัดแท่งที่ได้จากการนำเศษถ่านที่ผ่านการนำมาใช้ย่างไก่มาบดและทำการอัดแท่งโดยใช้แบริ่งมัน สำปะหลังเป็นวัสดุประสานในอัตราส่วน 5% 10% และ 20% โดยน้ำหนัก มีลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติ ด้านเชื้อเพลิง ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง

ถ่านอัดแท่งที่ได้มีลักษณะสมบูรณ์ เป็นก้อนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ความยาว 5 เซนติเมตร สีดำ ผิวเรียบ ไม่แตกร่อน (ภาพที่ 4) โดยถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 5% จะมีน้ำหนักเฉลี่ย ก้อนละ 71.33 ± 0.58 กรัม ในขณะที่อัตราส่วน 10% และ 20% จะมีน้ำหนักใกล้เคียงกันคือ 81.22 ± 0.69 และ 82.22 ± 0.69 กรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของถ่านไม้โกงกางและถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 5% (10 : 0.5) 10% (10 : 1) และ 20% (10 : 2)

2. คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง (อัตราส่วนละ 3 ซ้ำ) เปรียบเทียบกับผลการ ทดสอบคุณสมบัติถ่านไม้โกงกาง และคำนวณค่าตามเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นแท่ง เชื้อเพลิง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) แสดงได้ดังตารางที่ 3

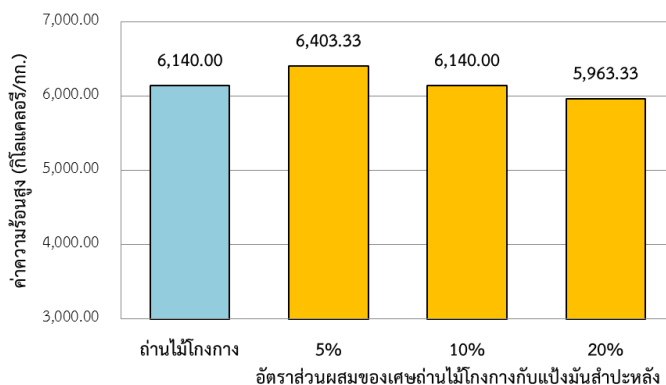
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงอัดแท่ง

อัตรา ส่วนผสม	ผลการทดสอบ ($\bar{x} \pm S.D$)				
	ความชื้น (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคงตัว (%)	เถ้า (%)	ค่าความร้อนสูง (กิโลแคลอรี/ กก.)
คำแนะนำ*	≤ 8	—	≥ 15	≤ 20	$\geq 3,000$
ถ่านไม้โกงกาง	6.59	44.82	48.15	0.44	6,140
5%	10.24 ± 1.57	25.62 ± 0.38	60.18 ± 1.11	3.95 ± 0.10	6403.33 ± 100.17
10%	12.27 ± 2.25	28.10 ± 0.75	55.50 ± 2.05	3.68 ± 0.23	6140.00 ± 260.00
20%	12.63 ± 2.02	28.81 ± 2.73	55.19 ± 0.77	3.36 ± 0.17	5963.33 ± 75.06

หมายเหตุ * กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555)

จากผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่ง พบว่า ถ่านอัดแท่งมีค่าความชื้น 10.24 - 12.63 ซึ่งสูงกว่าคำแนะนำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) เล็กน้อย (ไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก) โดยค่าความชื้นคือ เปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักวัสดุ ซึ่งค่าความชื้นที่เกิดขึ้นที่มากกว่าค่ามาตรฐาน ส่งผลต่อค่าความร้อนในกระบวนการเผาไหม้อาจไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งเพื่อให้ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ควรมีการเพิ่มระยะเวลาในตากแดดมากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ค่าสารระเหย ซึ่งสารระเหยเป็นค่าที่บอกถึงการระเหยออกมาของสารอินทรีย์, สารอนินทรีย์ อาทิ ก๊าซไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบไฮโดรเจนคาร์บอน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ที่มีการทดสอบเผาไหม้ถ่านในอุณหภูมิที่กำหนดในภาชนะปิด ซึ่งเชื้อเพลิงที่ดีต้องมีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ ซึ่งจากผลการทดสอบด้านเชื้อเพลิงพารามิเตอร์ สารระเหยของทั้ง 3 อัตราส่วนมีค่าน้อยกว่าถ่านไม้โกงกาง ส่วนคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ได้แก่ ถ่านคงตัว ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนสูงจะมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนโดยภาพรวมแล้วจะพบว่า คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 5% จะมีปริมาณถ่านคงตัว ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนสูงกว่า ทั้ง 2 อัตราส่วน คือ 10% และ 20% ซึ่งมีค่าความชื้น สารระเหย และปริมาณถ่านคงตัวใกล้เคียงกัน

ผลการทดสอบค่าความร้อนสูง (High heating value) ซึ่งแสดงถึงปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์นั้น จะพบว่า ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 5% จะมีค่าความร้อนสูงสุด (6403.33 ± 100.17 กิโลแคลอรี/กก.) ซึ่งจากค่าความร้อนที่สูงกว่าของอัตราส่วน 5% อาจเกิดจากปริมาณของแป้งมันสำปะหลังที่จับตัว หนาน้อยกว่า ทำให้การตากแดดมีโอกาสดังได้เร็วกว่า ส่งผลให้ค่าความชื้นมีค่าน้อยกว่าอีก 2 อัตราส่วน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีกว่าส่งผลให้ค่าความร้อนสูงกว่า ส่วนถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 10% จะมีค่าความร้อนสูงใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางที่ยังไม่ผ่านการนำไปใช้ในการย่างไก่ (6140.00 ± 260.00 กิโลแคลอรี/กก.) และถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสม 20 % จะมีค่าความร้อนสูงต่ำสุด (5963.33 ± 75.06 กิโลแคลอรี/กก.) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าความร้อนสูง (High heating value) ของถ่านไม้โก่งก้าง และถ่านอัดแท่ง

จากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านใช้แล้วที่เหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่จะแปรผันผกผันกับอัตราส่วนผสมของตัวประสาน (แบริ่งมันสำปะหลัง) ทั้งนี้เนื่องจาก การเพิ่มอัตราส่วนของตัวประสาน จะทำให้มีสัดส่วนของสารระเหยและความชื้นเพิ่มขึ้น (ดวงกมล บุญบำรุง, 2563) ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยความชื้นในระหว่างเผาไหม้ ทำให้ค่าความร้อนต่ำลงได้ (กัณณณี แสงสุข, 2554 และ Obi, 2022) ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้ คือ อัตราส่วนผสมที่มีแบริ่งมันสำปะหลัง 0.5% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่าความร้อนสูงสุด คือ 6403.33 กิโลแคลอรี/กก. และมีค่าความร้อนสูงกว่าถ่านไม้โก่งก้าง (6140.00 กิโลแคลอรี/กก.) จึงมีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการย่างไก่ได้

สรุป

จากผลการวิจัยพบว่า เศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการย่างไก่ สามารถนำมาผลิตถ่านอัดแท่ง โดยใช้แบริ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานให้ถ่านจับตัวกันเป็นก้อนได้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างเศษถ่านเหลือทิ้งจากการย่างไก่กับแบริ่งมันสำปะหลังในการผลิตอัดแท่ง คือ อัตราส่วนผสมที่มีแบริ่งมันสำปะหลัง 5% โดยน้ำหนัก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2555) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง 238/2547 (กานต์ วิรุณพันธ์, 2560) และผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนผสมดังกล่าว พบว่า มีสารระเหย = 25.62% ถ่านคงตัว = 60.18 % เถ้า = 3.95 % และค่าความร้อนสูงเท่ากับ 6403.33 กิโลแคลอรี/กก.

นอกจากนั้น ยังพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างไก่ในการวิจัยนี้ จะมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้อื่น ๆ ดังนั้นคือ ต่ำกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการเผาไหม้อูญ ซึ่งมีค่าความร้อน = 6,726 กิโลแคลอรี/กก.

(ปฐมศก วิไลพล, 2562) และสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ ซึ่งมีค่าความร้อน = 5,493.46 กิโลแคลอรี/กก. (ณัฐพล วิชาญ, 2562) ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าเศษถ่านเหลือทิ้งที่ผ่านการเผาไหม้ในกระบวนการผลิตนั้น สามารถนำมาผ่านกระบวนการอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงสำหรับนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาการจัดการของเสียเหลือทิ้งจากการเผาไหม้แล้ว ยังช่วยลดการตัดไม้และมลภาวะจากการผลิตถ่านได้ด้วย และจากคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงยังพบว่า ถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากเศษถ่านไม้โก่งก้านั้น สามารถนำมาใช้ทดแทนหรือเสริมจากการใช้ถ่านไม้โก่งก้านได้ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการอย่างไ้ได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ จะนำถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ ไปตากให้แห้งเองโดยธรรมชาติ ซึ่งจะมีข้อจำกัดเรื่องสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยได้ จึงทำให้ถ่านอัดแท่งอาจมีความชื้นมาก ($10.24\% \pm 1.57$) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์หรือค่ามาตรฐานเล็กน้อย (8%) ดังนั้นจึงอาจจะต้องเพิ่มระยะเวลาการตากแดดให้นานขึ้น หรือเพิ่มมาตรการที่จะช่วยให้น้ำระเหยจากถ่านได้มากหรือเร็วขึ้น เพื่อให้ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งด้วย

นอกจากนี้ในกระบวนการย่างไ้มีการใช้ถ่านเพื่อวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อให้เนื้อไ้มีกลิ่นที่น่านำรับประทาน ดังนั้น อาจจะมีการศึกษาการนำส่วนผสมที่ทำให้เกิดกลิ่นหอม เช่น ใบเตย ตะไคร้ มาผสมเพิ่มเติมเพื่อให้ไ้ย่างที่ได้มีกลิ่นน่านำรับประทานยิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากบุคคลที่มีพระคุณหลายท่านที่ได้ช่วยให้ความคิดเห็น ความรู้ และการช่วยเหลือ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยในครั้งนี้ จึงต้องกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริรัตน์ สุวณิชัยเจริญ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิรดี ศรีโอภาส, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุณพลสิย์ บังคะดานรา และรองศาสตราจารย์ ดร. สุตาว เลิศวิสุทธิกรรมการที่ปรึกษาที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นทั้งปรึกษาและกรุณาให้คำแนะนำ การตรวจพิจารณาแก้ไข ให้ความรู้ และการทำวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณอุตร ภู่อ่าง, คุณปรีชา ชลสุวัฒน์ ที่ให้คำปรึกษา สำรองพื้นที่ และคำชี้แนะในการทำวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณณรงค์, คุณบังอร, คุณธีรพงษ์ พึ่งพรหม, คุณศุภฤกษ์, คุณอรรถกฤต, คุณราตรี เกิดสมบัติ ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน และให้งบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). **คู่มือและแนวทางเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- กัณณณี แสงสุข. (2554). **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษเยื่อไม้ ขี้เลื่อย และด้าย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กานต์ วิรุณพันธ์, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน, และสนธยา ทองอรุณศรี. (2560). **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม**. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา**, 2(1), 1 – 15.
- ณัฐพล วิชาญ, กันยาพร ไชยวงศ์, พรพิมล พรหมรักษา, และอนันต์ กาน้อย. (2562). **การผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ**. **วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม**, 3(2), 11-22.
- ดวงกมล บุญบำรุง. (2563). **ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านเปลือกไม้โกงกางอัดแท่งในกระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชนิยา เกาศล, วัฒนา ศรีเกตุ, และวิชัยรัตน์ แก้วเจือ. (2562). **ถ่านอัดแท่งจากเล้าหมักของโรงไฟฟ้าชีวมวลจากรากไม้ ยางพารา**. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 24**, 10 - 12 กรกฎาคม 2562 จังหวัดอุดรธานี (หน้า 2770 – 2776).
- ปฐมศก วิไลพล, ปิยะนันท์ เจริญสุวรรณ, นพรัตน์ สีหะวงษ์, จิราณุวัฒน์ เม่นเกิด, ปรากรณ์ ประกอบกสิกรรม และปิยะวัต คำบุญ. (2562). **การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการเผาอิฐมอญ**. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีล้านนา**, 4(1), 43 – 50.
- วีระ พันอินทร์. (2561). **การพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการผลิตร่วมถ่านซังข้าวโพดกับถ่านหินลิกไนต์เหลือทิ้งคุณภาพต่ำ**. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 23(1), 146 – 163.
- หาญณรงค์ บำรุงศิริ. (2553). **สมบัติทางกลและทางกายภาพของถ่านไม้อัดก้อนที่ผลิตจากเศษถ่านไม้**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., & Marchand, C. (2008). Organic Carbon Dynamics in Mangrove Ecosystems: A Review. **Aquatic Botany**, 89 (2008), 201 – 219.
- Obi, O.F., Pecenka, R. & Clifford, M. (2022). A Review of Biomass Briquette Binders and Quality Parameters. **Energies** 2022, 15, 2426, 1 – 22.