JSSE Journal of Science & Science Education
https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีที่ 5 เล่มที่ 2 (ก.ค. – ธ.ค. 2565) | xx

บทความวิจัย

ศักยภาพด้านพลังงานของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

พัชรวรรณ สิทธิศาสตร์[1,*] เกวรินทร์ กะตะศิลา[1] วิภาดา บาททอง[1] ยุวธิดา มะเดื่อ[1] และพิศาล สมบัติวงศ์[2]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จ.ศรีสะเกษ

[2]สาขาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ จ.ศรีสะเกษ

**Email: patcwan07@gmail.com*

รับบทความ: 16 กุมภาพันธ์ 2565 แก้ไขบทความ: 15 เมษายน 2565 ยอมรับตีพิมพ์: 21 เมษายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านอัดแท่งและประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่ง (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.) และฝักมะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib) สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน โดยนำฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมาเผาให้เป็นถ่าน แล้วจึงนำมาบดให้เป็นผง ผสมผงถ่านกับกาวแป้งเปียก (กิโลกรัม ต่อ ลิตร) 3 อัตราส่วน คือ 1:1, 1.5:1 และ 2:1 แล้วอัดให้เป็นแท่ง จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งโดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนด้วยการทดสอบต้มน้ำ ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงในทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นและค่าความร้อนผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 แสดงคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด โดยมีค่าความชื้นและการปล่อยสารระเหยน้อยที่สุด และพบว่าให้ค่าคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนสูงที่สุดอีก ถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 2:1 ยังแสดงค่างานและค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงที่สุด ในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งทั้งสองชนิดในทุกอัตราส่วนยังติดไฟได้ดี ไม่แตก ไม่ประทุ ไม่มีควันขณะใช้งาน ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการเลือกนำมาใช้เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากใช้กาวแป้งเปียกในปริมาณน้อย แต่ได้ปริมาณของถ่านอัดแท่งมากที่สุด อีกทั้งยังมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงที่สุด ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงไปผลิตเป็นถ่านอัดแท่งทดแทนถ่านไม้เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้มในครัวเรือน

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง ฝักหางนกยูงฝรั่ง ฝักมะค่าโมง ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน

Online-First Version

Research Article

Energy Potential of Charcoal Briquette from Flamboyant and Black Rosewood Pods

Patcharawan Sittisart[1,*], Kawarin Katasila[1], Wipada Battong[1], Yuwatida Maduea[1] and Pisarn Sombatwong[2]

[1]Division of Environmental Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket

[2]Division of Industrial Management Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Sisaket Rajabhat University, Sisaket

**Email: patcwan07@gmail.com*

Received <16 February 2022>; Revised <15 April 2022>; Accepted <21 April 2022>

Abstract

This research aimed to produce charcoal briquettes from Flamboyant (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.) and Black rosewood (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib) pods and evaluated the performance of them as an alternative fuel. Flamboyant and Black rosewood pods were burned to obtain charcoals and mashed into powders. The charcoal powders were mixed with the starch paste at the ratios of 1:1, 1.5:1, and 2:1 (kg : L) and then compressed into fuel briquettes. The fuel properties and heat utilization efficiency of charcoal briquettes were analyzed based on ASTM and Water Boiling Test (WBT), respectively. The results showed that the moisture and calorific values of all tested charcoal briquettes qualified the Community Products Standard of Charcoal Briquettes. The charcoal briquettes from Flamboyant and Black rosewood pods at the ratio of 2:1 showed the best fuel properties as evidenced by the lowest moisture values and volatile matters, but the highest fixed carbon and calorific. Charcoal briquettes at the ratio of 2:1 also showed the highest work values and heat utilization efficiency. During the combustion process, all tested charcoal briquettes were also highly flammable and produced low levels of crackling, drop shatter, and smoke emission. Due to the use of a small amount of starch paste and giving the largest number of charcoal briquettes, charcoal briquettes at the ratio of 2:1 were probably the most suitable to be selected to manufacture charcoal briquettes. In addition, the ratio of 2:1 also showed the best fuel properties and heat utilization efficiency. Overall, Flamboyant and Black rosewood pod wastes could be considered as a potential renewable raw material to produce charcoal briquette instead of wood charcoal for household cooking.

Keywords: Charcoal Briquette, Flamboyant Pod, Black Rosewood Pod, Heat Utilization Efficiency

Online-First Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

ประเทศไทยยังคงมีการเผาถ่านจากไม้หรือการใช้ไม้ฟืนสำหรับการหุงต้มตลอดจนกิจกรรมอื่น ๆ ในครัวเรือน แต่การตัดไม้เพื่อนำมาเป็นเชื้อเพลิงถือเป็นการทำลายทรัพยากรป่าไม้ให้ลดน้อยลง ซึ่งส่งผลต่อความสมดุลของธรรมชาติ และปัญหาควันเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ประเทศไทยขึ้นชื่อเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพสูงและเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือเศษวัสดุเหลือทิ้งอื่น ๆ ในท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก สิ่งเหล่านี้จึงถูกนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าด้วยการผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงทดแทน นั่นคือถ่านอัดแท่ง ซึ่งสามารถผลิตด้วยเทคโนโลยีการอัดแท่งแบบง่ายที่สะดวกและลงทุนไม่สูง (Tamilvanan, 2013) อีกทั้งเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลที่ส่งเสริมและสนับสนุนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพและพลังงานชีวภาพ โดยมีเป้าหมายว่าภายในปี พ.ศ. 2580 ประเทศไทยต้องเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ ต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายที่ร้อยละ 30 (Ministry of Energy, 2020)

หลายงานวิจัยประสบความสำเร็จในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ อาทิ การผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อย (Anantanukulwong *et al*., 2019) เปลือกมังคุด (Chaichana *et al*., 2014) เศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม (Wirunphan *et al*., 2017) และเปลือกมะขาม (Janchaiyaphoom, 2018) เป็นต้น ซึ่งถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุดังกล่าวสามารถใช้หุงต้มในครัวเรือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ปัจจุบันถ่านอัดแท่งยังสามารถสร้างรายได้ด้วยการจำหน่ายขายในท้องตลาดได้อีกด้วย ราคาขายถ่านอัดแท่งโดยเฉลี่ยอยู่ที่กิโลกรัมละ 15-20 บาท (Boonchom and Chaisompan, 2020; Wongkhamchan and Rungratanaubon, 2018) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในร้านอาหารประเภทปิ้งย่างเป็นอย่างมาก เนื่องจากลักษณะของถ่านอัดแท่งมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีค่าความร้อนสูง สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดา 2-3 เท่า ไม่แตกประทุอย่างถ่านไม้ทั่วไป ไม่มีควัน เพราะค่าความชื้นน้อยมาก อีกทั้งให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอ ไม่วูบวาบ เนื่องจากความหนาแน่นของถ่านเท่ากันทุกส่วน (Thai Industrial Standards Institute, 2004) ดังนั้นการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้นอกจากจะแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ยังเป็นการสร้างอาชีพและรายได้อีกด้วย

ฝักหางนกยูงฝรั่ง (*Delonix* regia (Bojer ex Hook.) Raf.) และฝักมะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib) เป็นส่วนเหลือทิ้งที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ โดยพบเห็นได้มากในเขตชนบท หางนกยูงฝรั่งจะออกผลระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ฝักแก่ประมาณเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ฝักมีลักษณะแบนแข็ง โค้งเป็นรูปดาบ ยาวประมาณ 30-60 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 3-5 เซนติเมตร ลักษณะของฝักเป็นข้อ ๆ (PlantNet, 2022) ในขณะที่มะค่าโมงจะออกดอกระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และติดผลราวเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม ผลเป็นฝักแบน รูปขอบขนาน ผิวเปลือกเรียบไม่มีหนาม เปลือกแข็งหนาเป็นเนื้อไม้ ปลายเป็นจะงอยสั้น ๆ ฝักเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ พอแห้งแตกออกเป็น 2 ซีก มีเมล็ดแข็ง พบได้ตามป่าดิบแล้ง แนวเชื่อมต่อระหว่างป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง และตามริมลำธารในป่าเบญจพรรณชื้น (Homhual, 2010) ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ว่าฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ น่าจะสามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้เองในครัวเรือนหรือจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้เสริมให้กับชุมชนท้องถิ่นที่มีศักยภาพการผลิตต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

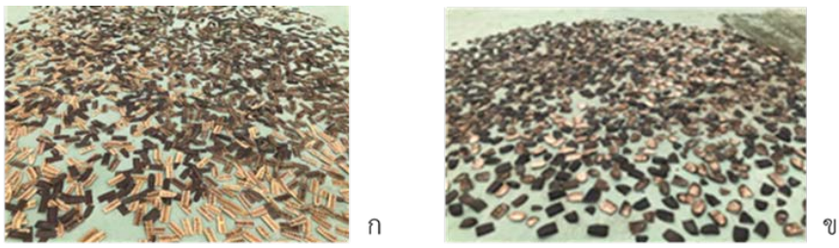
1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง
2. เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

เก็บรวบรวมฝักหางนกยูงฝรั่ง และฝักมะค่าโมงในบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ สำนักงานสหกรณ์จังหวัดศรีสะเกษ และหมวดทางหลวงอุทุมพรพิสัย จังหวัดศรีสะเกษ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2563 นำฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมาตัดให้มีขนาดประมาณ 10-13 เซนติเมตร จากนั้นนำมาตากแดดให้แห้งสนิทประมาณ 5-6 วัน ดังแสดงในภาพที่ 1(ก) และ 1(ข)

Online-First Version



ภาพที่ 1 ฝักหางนกยูงฝรั่ง (ก) และฝักมะค่าโมง (ข) ที่ถูกนำมาตากแดดให้แห้ง

การเตรียมถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ชั่งน้ำหนักฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่แห้งแล้วด้วยเครื่องชั่งสปริง จากนั้นบรรจุในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แบบตั้งตามลำดับ (ภาพที่ 2ก และ 2ข) จุดไฟเตาบริเวณหน้าเตาที่ช่องเชื้อเพลิง โดยจุดที่จุดไฟอยู่บริเวณปากของช่องเชื้อเพลิง เติมฟืนเรื่อย ๆ จากนั้นสังเกตควันในการเปลี่ยนแปลงในแต่ละกระบวนการ (Provincial Energy Office of Nakhonpathom, 2018) จับเวลา บันทึกอุณหภูมิ ได้แก่ ผนังเตาช่วงบน ผนังเตาช่วงกลาง ผนังเตาช่วงล่าง และอุณหภูมิภายนอก ด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Applent AT4208 Multi-channel Thermometer, UK) ดังภาพที่ 2ค เมื่อได้ถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงแล้ว ชั่งน้ำหนักถ่านที่ได้หลังจากการเผาและหาค่าร้อยละของการกลายเป็นถ่าน

นำถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมาบดหยาบด้วยครกหิน และนำไปปั่นให้ละเอียด จากนั้นร่อนผงถ่านด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช (Mesh) เพื่อให้ได้ผงถ่านที่ละเอียด และเตรียมตัวประสานถ่านอัดแท่งด้วยการใช้กาวแป้งเปียก เนื่องจากมีแรงยึดเกาะที่ดี ราคาถูก สามารถหาได้ง่าย และให้ค่าความร้อนสูง (Ngamlert *et al*., 2019) ซึ่งเตรียมได้จากการต้มแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม กับน้ำสะอาด 1 ลิตร (Jutajan, 2019) แล้วนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันกับผงถ่าน โดยจะใช้กาวเปียก 1 ลิตรในทุกอัตราส่วน เพื่อทดสอบหาปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง จึงใช้ผงถ่านตั้งแต่ปริมาณต่ำสุดไปจนถึงสูงสุด โดยมีอัตราส่วนผงถ่าน : กาวแป้งเปียก (กิโลกรัม ต่อ ลิตร) จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 1:1, 1.5:1 และ 2:1 จากนั้นอัดถ่านให้เป็นแท่งด้วยวิธีอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน ซึ่งคณะผู้วิจัยประกอบเองจากเครื่องบดหมูสับกับท่อเหล็กทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.7 นิ้ว และกำหนดให้ถ่านอัดแท่งมีความยาว 2 นิ้ว (ภาพที่ 2ง) นำถ่านอัดแท่งไปอบในตู้อบลมร้อน (Memmert UN110, Germany) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นให้ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่งที่กำหนดไว้ไม่เกิน 8% โดยน้ำหนัก (ภาพที่ 2จ)

ภาพที่ 2 บรรจุฝักหางนกยูงฝรั่งลงในเตาเผา (ก) บรรจุฝักมะค่าโมงลงในเตาเผา (ข) การเผาถ่านและวัดอุณหภูมิ (ค) การอัดถ่านให้เป็นแท่ง (ง) ลักษณะของถ่านอัดแท่งที่อบในตู้อบลมร้อน (จ)

การทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 (Thai Industrial Standards Institute, 2004) โดยวิธีการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) (American Society for Testing and Materials, 1996) คุณสมบัติที่ทดสอบได้แก่ ความชื้น (ASTM D3173) เถ้า (ASTM D3174) สารระเหย (ASTM D3175) คาร์บอนคงตัว (ASTM D3172) และค่าความร้อน

Online First Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

(ASTM D420) โดยค่าความร้อนได้ส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยการใช้เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (IKA C 2000, Germany)

สำหรับการวิเคราะห์หาค่าความชื้น ทำโดยการอบถ้วยกระเบื้องครูซิเบิลเปล่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (Memmert UN110) แล้วนำไปดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้น (Weifo, Taiwan) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามด้วยชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องเปล่าด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (T-Scale: Taiwan Scale MFG.Co., LTD., Taiwan) จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านอย่างละ 1 กรัม แล้วเติมลงในถ้วยกระเบื้องดังกล่าว อบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และดูดความชื้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาค่าความชื้นจากสูตรนี้ $M=(W_1-W_2)/W\times100$ เมื่อ M คือ ปริมาณความชื้น W_1 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ W_2 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ W คือน้ำหนักตัวอย่าง

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า ทำโดยการอบถ้วยกระเบื้องครูซิเบิลเปล่าเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน แล้วนำไปดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตามด้วยชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องเปล่า จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านอย่างละ 1 กรัม แล้วเติมลงในถ้วยกระเบื้องดังกล่าว เผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ด้วยเตาเผาอุณหภูมิสูง (Nabertherm Gambit, Germany) และดูดความชื้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาค่าปริมาณเถ้าจากสูตรนี้ $A=(W_3-W_4)/W\times100$ เมื่อ A คือ ปริมาณเถ้า W_3 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนเผา W_4 คือ น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังเผา W คือน้ำหนักตัวอย่าง

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณสารระเหย ทำโดยการเผาถ้วยกระเบื้องครูซิเบิลพร้อมฝา เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ในเตาเผาอุณหภูมิสูง (Nabertherm Gambit) ตามด้วยดูดความชื้น เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องเปล่า แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านอย่างละ 1 กรัม แล้วเติมลงในถ้วยกระเบื้องดังกล่าวพร้อมปิดผา เผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที และดูดความชื้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นคำนวณหาค่าปริมาณสารระเหยจากสูตรนี้ $V=[(W_5-W_6)/W\times100]-M$ เมื่อ V คือ ปริมาณสารระเหย W_5 คือ น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนเผา W_6 คือ น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างหลังเผา W คือน้ำหนักตัวอย่าง M คือปริมาณความชื้น

สำหรับปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยคำนวณได้จากสูตรนี้ % คาร์บอนคงตัว = 100 - (% ปริมาณความชื้น + % ปริมาณสารระเหย + % ปริมาณเถ้า)

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ทดสอบประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงด้วยวิธีการต้มน้ำดังนี้ ต้มน้ำ 2,000 กรัม ในหม้ออะลูมิเนียม เบอร์ 24 โดยใช้ถ่านอัดแท่งฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง 500 กรัม (ภาพที่ 3ก) ต้มน้ำสังเกตการแตกปะทุของเชื้อเพลิง ปริมาณควันของเชื้อเพลิง ขณะติดไฟวัดอุณหภูมิของน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล (KT-300) (ภาพที่ 3ข) และบันทึกเวลาที่ใช้จนกระทั่งน้ำเดือด และคำนวณค่า 1) งานที่ได้ 2) อัตราการเผาไหม้ และ 3) ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่ง ดังสมการต่อไปนี้ (Sawekwiharee, 2012)

1) งานที่ได้ $= \dfrac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}$

2) อัตราการเผาไหม้ $= \dfrac{\text{น้ำหนักของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$

3) ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน $(H_u) = \dfrac{[Mc_p(T_2-T_1)+(M-M_1)L]\times100}{M_f\times H_1}$

เมื่อ Hu = ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน (%), M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม), M_1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม), M_f = น้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรัม), C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรีต่อกรัม, T_1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (°C), L = ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรีต่อกรัม, H_1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง และ T_2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 3 ชั่งถ่านอัดแท่งฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง 500 กรัม (ก) วิธีการต้มน้ำและวัดอุณหภูมิของน้ำ (ข)

Online-First Version

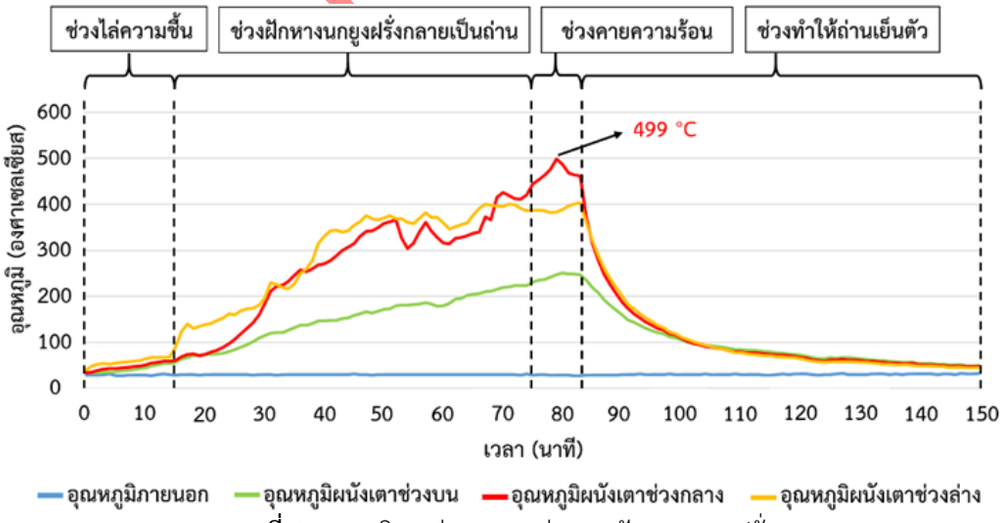
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดสอบคุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง ได้แก่ ความชื้น เถ้า สารระเหย และค่าคาร์บอนคงตัว จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดสอบ 3 ซ้ำ (Mean ± SD, n = 3) และเป็นตัวแทนจากการทดลอง 3 ครั้ง ด้วยสถิติ One way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง (p<0.05) โดยการวิเคราะห์ด้วย post hoc Tukey's ด้วยซอฟต์แวร์ SPSS เวอร์ชั่น 26

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวัดอุณหภูมิระหว่างการเผาถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

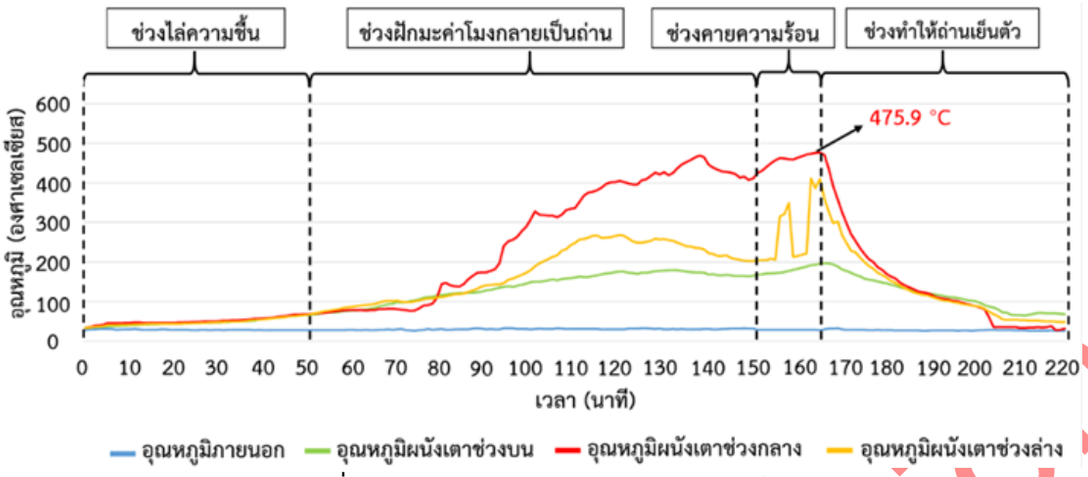
ผลอุณหภูมิในระหว่างการเผาถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงตลอดทั้งภายนอกเตา และบริเวณผนังเตาซึ่งแบ่งออกเป็นช่วงบน กลาง และช่วงล่างเตา ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเริ่มจุดไฟหน้าเตา อุณหภูมิภายในเตาจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงแรกเป็นการไล่ความชื้นออกจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง เมื่อความชื้นใกล้หมด จะสังเกตเห็นควันมากขึ้น และพุ่งออกมาจากปากปล่องอย่างแรงจนเห็นได้ชัด เรียกว่า ควันบ้า (Provincial Energy Office of Nakhonpathom, 2018) แสดงว่าไฟในเตาติดแล้ว และหยุดเติมเชื้อเพลิงหน้าเตา สำหรับฝักหางนกยูงฝรั่งใช้เวลาประมาณ 15 นาที และฝักมะค่าโมงประมาณ 50 นาที หลังจากนั้นความร้อนจะเริ่มสะสมในช่วงอุณหภูมิประมาณ 100-450 องศาเซลเซียส ซึ่งจัดเป็นกระบวนการเปลี่ยนฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงให้กลายเป็นถ่าน ซึ่งไม้จะค่อย ๆ เป็นถ่าน โดยเกิดปฏิกิริยาคายความร้อนในตัวเตา ทำให้ไม่ต้องพึ่งความร้อนจากหน้าเตามากนัก จึงปิดหน้าเตาให้เหลือพื้นที่ 1 ใน 4 ของพื้นที่หน้าเตา จนพบควันปากปล่องมีสีน้ำเงินออกมา ซึ่งแสดงว่าไม้ในเตากลายเป็นถ่านหมดแล้ว (Provincial Energy Office of Nakhonpathom, 2018) สำหรับฝักหางนกยูงฝรั่ง ใช้เวลาประมาณ 60 นาที และฝักมะค่าโมงประมาณ 100 นาที จากนั้นเข้าสู่กระบวนการทำให้ถ่านบริสุทธิ์หรือช่วงคายความร้อน เมื่อควันเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน จึงเปิดหน้าเตาออกประมาณครึ่งหนึ่งของหน้าเตา เพื่อให้อากาศเข้ามากขึ้น (Provincial Energy Office of Nakhonpathom, 2018) สังเกตได้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประมาณ 450-500 องศาเซลเซียส และช่วงสุดท้ายคือช่วงทำให้ถ่านเย็นตัว เมื่อถ่านไม้ในเตาบริสุทธิ์หมดแล้ว จะสังเกตเห็นควันสีฟ้าจางลงจนกลายเป็นควันใส จึงค่อย ๆ ไล่ปิดปล่องควันทีละปล่อง เมื่อปิดปล่องควันหมดแล้ว จึงปิดหน้าเตาและอุดด้วยดินเหนียวเพื่อป้องกันอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับถ่านในเตา สุดท้ายอุณหภูมิจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนเท่ากับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้ถ่านเย็นตัว (Provincial Energy Office of Nakhonpathom, 2018)



ภาพที่ 4 อุณหภูมิระหว่างการเผาถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่ง

First Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 5 อุณหภูมิระหว่างการเผาถ่านจากฝักมะค่าโมง

ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากถ่านฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

จากการเผาถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง พบว่ามีค่าร้อยละความเป็นถ่านดังแสดงในตารางที่ 1 โดยฝักมะค่าโมงให้ค่าร้อยละความเป็นถ่าน (26.55%) มากกว่าฝักหางนกยูงฝรั่ง (21.34%) และเมื่อนำถ่านไม้ทั้ง 2 ชนิดมาอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งมือหมุนอย่างง่าย ด้วยอัตราส่วนผงถ่าน : กาวแป้งเปียก (กิโลกรัม ต่อ ลิตร) จำนวน 3 อัตราส่วน คือ 1:1, 1.5:1 และ 2:1 ผลการอัดแท่งพบว่าถ่านทั้ง 2 ชนิด ในทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งดังแสดงในภาพที่ 3ก

ตารางที่ 1 ร้อยละความเป็นถ่านจากการเผาฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

วัสดุ	น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม)	น้ำหนักถ่าน (กิโลกรัม)	ร้อยละความเป็นถ่าน (%)
ฝักหางนกยูงฝรั่ง	16.4	3.5	21.34
ฝักมะค่าโมง	30.5	8.1	26.55

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ถ่านที่ผ่านการอัดแท่งโดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 3 อัตราส่วนคือ 1:1, 1.5:1 และ 2:1 มีจำนวนก้อนถ่านอัดแท่งของฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงเป็น 41 - 87 ก้อน และ 38 - 98 ก้อน ตามลำดับ ซึ่งมีน้ำหนักก่อนอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เฉลี่ย 79.24 – 84.79 กรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่ง และ 67.30 – 84.51 กรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมง เมื่อหลังอบให้แห้งเพื่อลดความชื้นแล้ว มีน้ำหนักถ่านอัดแท่งเฉลี่ยต่อก้อนเป็น 41.44 – 46.02 กรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่ง และ 44.46 – 51.31 กรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมง โดยถ่านอัดแท่งของฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 มีจำนวนก้อนและน้ำหนักของถ่านอัดแท่งในปริมาณรวมสูงที่สุด รองลงมาเป็นอัตราส่วนที่ 1.5:1 และ 1:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เนื่องจากอัตราส่วนที่ 2:1 ใช้ปริมาณของผงถ่านเริ่มต้นในปริมาณสูงที่สุด จึงส่งผลให้มีปริมาณของถ่านอัดแท่งในจำนวนที่สูงที่สุด แต่กลับใช้ปริมาณตัวประสานด้วยกาวแป้งเปียกที่เท่ากันกับอัตราส่วนที่ 1:5:1 และ 1:1 ดังนั้นอัตราส่วนที่ 2:1 นอกจากจะทำให้ได้ปริมาณของถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณมากที่สุดแล้ว ยังเป็นการประหยัดงบประมาณในการใช้กาวเปียกเปียกเป็นตัวประสานอีกด้วย ซึ่งเตาเผาถ่านแบบตั้งขนาด 200 ลิตร สามารถบรรจุฝักหางนกยูงฝรั่งที่แห้งแล้วได้สูงสุดประมาณ 21 กิโลกรัม และฝักมะค่าโมงได้ประมาณ 32 กิโลกรัม หลังจากการเผาจะได้ถ่านฝักหางนกยูงฝรั่งประมาณ 4.48 กิโลกรัม และถ่านฝักมะค่าโมงประมาณ 8.50 กิโลกรัม เมื่อนำไปแปรสภาพเป็นถ่านอัดแท่งฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง จะใช้แป้งมันสำปะหลัง 224 กรัม และ 425 กรัม ตามลำดับ และได้ถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งประมาณ 195 ก้อน (8.08 กิโลกรัม) และถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมงประมาณ 417 ก้อน (18.54 กิโลกรัม)

Online-First Version

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

วัสดุ	ผงถ่าน:กาวแป้งเปียก (กิโลกรัม:ลิตร)	ปริมาณถ่านที่ใช้อัดแท่ง (กิโลกรัม)	จำนวนถ่านอัดแท่ง (ก้อน)	ขนาดความสูง (เซนติเมตร)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนหลังอบ (กรัม)
ฝักหางนกยูงฝรั่ง	1:1	1	41	5	4	84.79	46.02
	1.5:1	1.5	59	5	4	84.12	45.93
	2:1	2	87	5	4	79.24	41.44
ฝักมะค่าโมง	1:1	1	38	5	4	82.89	51.31
	1.5:1	1.5	60	5	4	84.51	51.08
	2:1	2	98	5	4	67.30	44.46

ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงทั้ง 3 อัตราส่วน ถูกนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงทั้ง 3 อัตราส่วน มีค่าความชื้นและค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 ซึ่งกำหนดให้มีค่าความชื้นไม่เกิน 8% และค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2004) อย่างไรก็ตามพบว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด ที่อัตราส่วน 2:1 มีค่าความร้อนสูงที่สุดคือ 6,271 แคลอรีต่อกรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่ง และ 6,238 แคลอรีต่อกรัม สำหรับถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมง ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี (Thai Industrial Standards Institute, 2004) ในการวิจัยครั้งนี้พบว่ายังไม่มีข้อมูลค่าความร้อนจากถ่านของฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง ผู้วิจัยจึงนำถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงไปตรวจสอบค่าความร้อน พบว่าถ่านจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีค่าความร้อนเท่ากับ 6,413 และ 6,453 แคลอรี่ต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากับการนำไปอัดแท่ง แต่ถ่านอัดแท่งมีคุณสมบัติอย่างอื่นที่ดีกว่าถ่านไม้ธรรมดา เช่น ติดไฟทนนาน สามารถใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ธรรมดาถึง 2-3 เท่า ไม่มีควัน และไม่แตกประทุ เป็นต้น (Thai Industrial Standard Institute, 2004) ดังนั้นจึงควรค่าต่อการแปรรูปถ่านไม้จากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงไปเป็นถ่านอัดแท่ง และยังพบว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด ก็ยังมีค่าความร้อนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 และมีค่าใกล้เคียงกับถ่านไม้อีกด้วย

เมื่อพิจารณาที่ค่าความชื้นพบว่า ถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งที่อัตราส่วน 2:1 มีปริมาณความชื้น (3.92±0.07%) น้อยกว่าอัตราส่วนที่ 1.5:1 (4.79±0.68) และ 1:1 (5.64±0.23) (ตารางที่ 3) ในขณะเดียวกันถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 ก็มีปริมาณความชื้น (4.47±0.34%) น้อยกว่าอัตราส่วนที่ 1.5:1 (5.28±0.27) และ 1:1 (6.57±0.11) ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ถ่านอัดแท่งที่มีค่าความชื้นต่ำจะมีประสิทธิภาพการใช้งานสูง เนื่องจากสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยของน้ำในระหว่างการใช้งานน้อย (Phutteesakul, 2010)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่ง

อัตราส่วนของถ่านต่อกาวแป้งเปียก (กิโลกรัม : ลิตร)	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ค่าคาร์บอนคงตัว (%)
1:1	6,141	5.64 ± 0.23^{b}	9.55 ± 0.13^{a}	32.41 ± 0.43^{a}	52.40 ± 0.21^{a}
1.5:1	6,176	$4.79\pm0.68^{a,b}$	10.09 ± 0.08^{b}	32.04 ± 0.89^{a}	53.08 ± 0.34^{a}
2:1	6,271	3.92 ± 0.07^{a}	11.15 ± 0.34^{c}	31.27 ± 1.10^{a}	53.65 ± 1.26^{a}
(มผช.238/2547)	ไม่น้อยกว่า 5,000	ไม่เกิน 8 %	-	-	-

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันบ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

Online-First Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

เมื่อพิจารณาที่ความเป็นเถ้าพบว่า ถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 มีปริมาณเถ้ามากกว่า อัตราส่วนที่ 1.5:1 และ 1:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 3 และ 4) เนื่องจากแนวโน้มของปริมาณเถ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อถ่านอัดแท่งมีปริมาณผงถ่านมากขึ้น (Jutajan, 2019) อีกทั้งส่วนของกาวแป้งเปียกเป็นส่วนที่ถูกเผาไหม้ได้ดีกว่าผงถ่าน ดังนั้นถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณกาวแป้งเปียกมากกว่าจึงมีเถ้าเหลือน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าที่อัตราส่วน 2:1 ยังมีปริมาณสารระเหยน้อยที่สุด และมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด แม้ว่าจะไม่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนที่ 1:1 และ 1.5:1 ก็ตาม ซึ่งปริมาณสารระเหยจะมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งานของถ่าน ถ่านที่มีปริมาณสารระเหยมากจะติดไฟได้ไม่นาน มอดเร็ว ทำให้สิ้นเปลืองถ่านมากกว่า และถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะติดไฟได้นานกว่าถ่านที่มีคาร์บอนคงตัวต่ำ ทำให้สิ้นเปลืองถ่านน้อยกว่า (Phutteesakul, 2010)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากฝักมะค่าโมง

อัตราส่วนของถ่านต่อกาวแป้งเปียก (กิโลกรัม : ลิตร)	ค่าความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ค่าคาร์บอนคงตัว (%)
1:1	5,935	6.57±0.11^{c}	10.99±0.36^{a}	31.38±0.88^{a}	51.07±0.78^{a}
1.5:1	6,058	5.28±0.27^{b}	11.30±0.45^{a,b}	31.29±1.00^{a}	52.13±1.13^{a}
2:1	6,238	4.47±0.34^{a}	12.21±0.51^{b}	30.11±1.90^{a}	53.21±1.62^{a}
(มผช.238/2547)	ไม่น้อยกว่า 5,000	ไม่เกิน 8 %	-	-	-

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกันบ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงโดยการต้มน้ำ 2,000 กรัม ด้วยการใช้ถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด ปริมาณ 500 กรัม เป็นเชื้อเพลิง ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงทั้ง 3 อัตราส่วน (1:1, 1.5:1 และ 2:1) ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงในอัตราส่วนถ่านต่อกาวแป้งเปียกที่ 2:1 มีค่างานที่ทำได้และค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงที่สุด ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพในการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด เพราะถ่านที่ดีควรมีค่างานที่ทำได้และประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูง แต่มีอัตราการเผาไหม้ต่ำ เพราะถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการเผาไหม้สูงจะเผาไหม้หมดไปได้เร็วกว่า ทำให้สิ้นเปลืองถ่านมากกว่า (Thai Industrial Standards Institute, 2004) เมื่อสังเกตลักษณะของถ่านในระหว่างการต้มน้ำ พบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงในทุกอัตราส่วนสามารถลุกติดไฟได้ดี ไม่มีการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่าขณะใช้งาน แสดงว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงทั้ง 3 อัตราส่วน มีคุณสมบัติที่ดีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง

ถ่านอัดแท่ง	อัตราส่วนของถ่านต่อกาวแป้งเปียก (กิโลกรัม : ลิตร)	งานที่ได้	อัตราการเผาไหม้ (กรัมต่อนาที)	ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน (%)
ฝักหางนกยูงฝรั่ง	1:1	2.17	6.78	18.64
	1.5:1	1.83	6.99	15.85
	2:1	2.35	6.95	18.73
ฝักมะค่าโมง	1:1	1.94	5.80	16.24
	1.5:1	2.02	6.26	16.66
	2:1	2.51	6.33	18.15

Online-First Version

จากผลการทดสอบทั้งเรื่องของคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งและค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อน พบว่าอัตราส่วนที่ 2:1 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการใช้ความร้อนดีที่สุด และหากเพิ่มน้ำหนักของผงถ่านให้มากขึ้นอาจเห็นค่าความแตกต่างด้านคุณสมบัติและประสิทธิภาพการใช้ความร้อนที่ดีขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย แต่มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักถ่านกับกาวแป้งเปียกในอัตราส่วนที่สูงขึ้น คือ 2.5:1 จะไม่สามารถขึ้นรูปได้ เพราะมีปริมาณตัวประสานน้อยเกินไป ทำให้ถ่านไม่สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ (Jutajan, 2019) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ปริมาณถ่านที่สูงที่สุดเป็นอัตราส่วน 2:1 เนื่องจากอัตราส่วน 2:1 จะได้ปริมาณของถ่านอัดแท่งที่มากและยังใช้กาวแป้งเปียกที่น้อยกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1.5:1 อีกทั้งมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงที่ดีที่สุด โดยสังเกตได้จากค่าความชื้นและปริมาณสารระเหยที่ต่ำที่สุด รวมถึงค่าคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนที่สูงที่สุดอีกด้วย และยังพบว่าด้านประสิทธิภาพการใช้ความร้อนก็มีค่าดังกล่าวสูงที่สุด ดังนั้นอัตราส่วนของถ่านต่อกาวแป้งเปียกที่ 2:1 จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งสำหรับใช้ในครัวเรือนหรือจำหน่ายขายในท้องตลาดได้

หากคิดในแง่มุมด้านเศรษฐกิจ การผลิตถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง ก็ใช้เพียงกาวที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง และค่าอุปกรณ์เตาเผา เครื่องมืออัดแท่ง และเครื่องมือบด ต้นทุนโดยเฉลี่ยก็ตกเพียงกิโลกรัมละ 3-5 บาท ซึ่งมีต้นทุนการผลิตที่น้อยกว่าการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษชีวมวลหลายชนิด อาทิ การผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้พาเลท ซึ่งมีต้นทุนการผลิต 7.23 บาทต่อกิโลกรัม แต่เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษไม้พาเลทนี้ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงถึง 7,269.28 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งเป็นค่าความร้อนที่สูงกว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง (Wongkhamchan and Rungratanaubon, 2018) ในขณะที่ถ่านอัดแท่งจากไม้ลำไยมีต้นทุนการผลิต 4-11 บาทต่อกิโลกรัม และให้ค่าพลังงานความร้อน 5,509.85 แคลอรี่ต่อกรัม ซึ่งน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมง (Boonchom and Chaisompan, 2020) โดยต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ลำไยมีความแตกต่างกัน เพราะขึ้นอยู่กับความสามารถในการพึ่งพาตนเองของกลุ่มผู้ผลิต และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต สำหรับงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์บางอย่างที่มีในห้องปฏิบัติการ โดยไม่ได้คิดคำนวณการลงทุนเกี่ยวกับ ตู้อบลมร้อน และเครื่องชั่ง เป็นต้น จึงมีต้นทุนการผลิตที่ไม่สูง อีกทั้งฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจึงไม่มีต้นทุนในการซื้อ

คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากชีวมวล

จากตารางที่ 6 ได้แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง (ความชื้น สารระเหย เถ้า คาร์บอนคงตัว และ ความร้อน) ของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 กับงานวิจัยการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน (Ussawarujikulchai *et al*., 2011) โดยพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีปริมาณความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547 ที่กำหนดให้ไม่เกิน 8% (Thai Industrial Standards Institute, 2004) และยังมีค่าดังกล่าวน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน (Ussawarujikulchai *et al*., 2011) นอกจากนี้ยังมีค่าปริมาณสารระเหยน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนมาก (Ussawarujikulchai *et al*., 2011) อีกด้วย ปริมาณสารระเหยยิ่งน้อยเท่าใด จะแสดงให้เห็นถึงการติดไฟได้นานมากขึ้น และมอดช้า ทำให้ไม่สิ้นเปลืองถ่าน (Phutteesakul, 2010) เมื่อสังเกตที่ค่าคาร์บอนคงตัวพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีปริมาณค่าคาร์บอนคงตัวสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน (Ussawarujikulchai *et al*., 2011) ซึ่งคาร์บอนคงตัวสูงจะแสดงคุณสมบัติทำให้ติดไฟได้นานกว่าถ่านที่มีคาร์บอนคงตัวต่ำ และทำให้สิ้นเปลืองถ่านน้อยกว่า (Phutteesakul, 2010) และเมื่อพิจารณาค่าความร้อน พบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีค่าความร้อนมากกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียนมาก อีกทั้งผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่/กรัม (Thai Industrial Standards Institute, 2004) จากตารางที่ 6 จึงบ่งบอกว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงดีกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกทุเรียน

ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชีวมวล

จากตารางที่ 7 ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วน 2:1 กับงานวิจัยการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกเงาะ (Raikham *et al*., 2017) โดยพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและมะค่าโมงมีค่างานที่ได้และค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกเงาะ (Raikham *et al*., 2017) ซึ่งบ่งบอกว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงมีประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกเงาะ อย่างไรก็ตามเมื่อสังเกตที่อัตราการเผาไหม้พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกเงาะมีอัตราการเผาไหม้ที่ดีกว่า โดย 1 นาที ใช้ถ่านไปเพียง 2.23 กรัม (Raikham *et al*., 2017) ในขณะที่ถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงใน 1 นาที จะใช้ถ่านไป 6.95 และ 6.33 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่าเปลือกมังคุดและเปลือกเงาะ

Online-First Version

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ตารางที่ 6 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากชีวมวล

วัสดุ	ปริมาณความชื้น (%)	ปริมาณสารระเหย (%)	ปริมาณเถ้า (%)	ค่าคาร์บอนคงตัว (%)	ค่าความร้อน (แคลอรี/กรัม)	อ้างอิง
ถ่านอัดแท่งฝักหางนกยูงฝรั่ง อัตราส่วนที่ 2:1	3.92	31.27	11.15	53.65	6,271	-
ถ่านอัดแท่งฝักมะค่าโมง อัตราส่วนที่ 2:1	4.47	30.11	12.21	53.21	6,238	-
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	5.65	86.55	5.03	2.77	4,348	Ussawarujikulchai *et al*. (2011)
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน	6.68	88.37	4.57	0.37	3,901	Ussawarujikulchai *et al*. (2011)
มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547)	ไม่เกิน 8	-	-	-	ไม่น้อยกว่า 5,000	Thai Industrial Standards Institute (2004)

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพการใช้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชีวมวล

วัสดุ	งานที่ได้	อัตราการเผาไหม้ (กรัม/นาที)	ประสิทธิภาพการใช้ความร้อน (%)	อ้างอิง
ถ่านอัดแท่งฝักหางนกยูงฝรั่ง อัตราส่วนที่ 2:1	2.35	6.95	18.73	-
ถ่านอัดแท่งฝักมะค่าโมง อัตราส่วนที่ 2:1	2.51	6.33	18.15	-
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด	1.41	2.23	16.04	Raikham *et al*. (2017)
ถ่านอัดแท่งจากเปลือกเงาะ	1.22	2.23	15.20	Raikham *et al*. (2017)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติพลังงานด้านเชื้อเพลิงของถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่ใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสาน และอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดมือหมุนประกอบเองอย่างง่าย พบว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิด ที่มีอัตราส่วนของถ่านและกาวแป้งเปียก ชนิดละ 3 อัตราส่วน คือ 1:1, 1.5:1 และ 2:1 (กิโลกรัม : ลิตร) มีค่าความร้อน และปริมาณความชื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง โดยอัตราส่วนที่ 2:1 มีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงดีที่สุด ซึ่งสังเกตได้จากค่าปริมาณความชื้นและค่าสารระเหยที่ต่ำที่สุด และมีค่าคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนที่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าถ่านอัดแท่งจากฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงที่อัตราส่วนที่ 2:1 ยังมีค่างานที่ได้ และค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนสูงที่สุดอีกด้วย สามารถลุกติดไฟได้ดี ไม่มีการแตกประทุ ไม่มีควัน ไม่มีเขม่าขณะใช้งาน ด้วยเหตุนี้ฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงจึงน่าจะมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งได้ใช้ในครัวเรือนได้ และอาจสามารถสร้างรายได้ให้กับผู้ที่ประกอบอาชีพนี้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอัตราส่วนที่ 2:1 เหมาะที่จะนำมาผลิตใช้เป็นเชื้อเพลิงมาก เพราะนอกจากจะมีคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงและค่าประสิทธิภาพการใช้ความร้อนที่ดีที่สุด ยังได้ปริมาณของถ่านที่มากที่สุด ใช้ตัวประสานกาวแป้งเปียกน้อย ดังนั้นในอนาคตฝักหางนกยูงฝรั่งและฝักมะค่าโมงอาจนำมาพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงในเชิงพาณิชย์ได้ โดยควรศึกษาถึงข้อมูลองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิงมากขึ้น และควรวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน และระยะเวลาคืนทุน ต่อไป

Online-First Version

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ที่ให้การสนับสนุนทั้งเงินทุน สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials. (1996). **Annual Book of American Standard Testing Method**. Vol.05.06 MD: ASTM.

Anantanukulwong, R., Chemae, R. and Sareanu, N. (2019). Production of charcoal from agricultural residues (in Thai). **YRU Journal of Science and Technology**, 4(1), 47-53.

Boonchom, K. and Chaisompan, N. (2020). Study of charcoal briquette from longan wood (in Thai). **Naresuan Phayao Journal,** 13(2): 51-56.

Chaichana, T., Waewsak, J., Kaew-On, J. and Onthong, U. (2014). Fuel properties of mangosteen pericarp charcoal (in Thai). **Thaksin University Journal**, 17(3), 29-36.

Homhual, S. (2010). Makamong (in Thai). Retrieved 19 August 2021, from **Herbal Database, Faculty of Pharmacy, Ubon Ratchathani University**: http://www.phargarden.com/main.php?action=viewpage&pid=260.

Janchaiyaphoom, H. (2018). Charcoal briquettes from tamarind shell (in Thai). In **Proceedings of 3rd Minutes and National Research Presentations, Ratchathani Academic** (pp. 288-296). Ubon Ratchathani: Ratchathani University.

Jutajan, W. (2019). A study of charcoal burning process and properties of briquetted charcoal from vetiver grass (in Thai). **Journal of Industrial Technology Ubon Ratchathani Rajabhat University**, 9(2), 135-146.

Ministry of Energy. (2020). Alternative Energy Development Plan 2018-2037 (in Thai). Retrieved 10 February 2022, from **20201021_TIEB_AEDP2018.pdf**: https://www.dede.go.th/download/Plan_62/20201021_TIEB_ AEDP2018.pdf.

Ngamlert, A., Saripan, K. and Pengngiw, P. (2019). The optimum binder for the production of charcoal briquettes from eucalyptus bark (in Thai). **Thepsatre I-TECH Journal**, 14(2), 86-97.

Phutteesakul, R. (2010). The production of charcoal briquette by coconut shell and cassava rhizome (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Srinakharinwirot University.

PlantNet. (2022). *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. Retrieved 10 April 2022, from **Invasive plants**: https://identify.plantnet.org/invasion/species/Delonix%20regia%20(Bojer%20ex%20Hook.)%20Raf./data.

Provincial Energy Office of Nakhonpathom (2018). **Manual of 200 liters charcoal kiln: Wood vinergar production** (in Thai). Nakhonpathom: Provincial Energy Office of Nakhonpathom, Ministry of Energy.

Raikham, C., Khamwan, Y., Chanthawongrit, P. and Kaewmuang, S. (2017). Study the effect of molasses ratio to fuel properties made from mangosteen and rambutan shell (in Thai). **Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal**, 9(10), 79-90.

Sawekwiharee, S. (2012). **Potential Energy of Fuel Briquettes from Mangosteen Shell** (in Thai). Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.

Tamilvanan, A. (2013). Preparation of biomass briquettes using various agro-residues and waste papers. **Journal of Biofuel,** 4(2), 47-55.

Thai Industrial Standards Institute. (2004). Community products standard of charcoal briquettes 238/2004 in Thai). Retrieved 15 December 2019, from **Thai Community Products Standards**: http://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx.

Online-First Version

Ussawarujikulchai, A., Semsayun, C., Prapakdee, N., Pieamsuwansiri, N. and Chuchat, N. (2011). Utilization of durian and mangosteen peels as briquette fuel. In **Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference** (pp. 162-168). Bangkok: Kasetsart University.

Wirunphan, K., Saiplean, T. and Jaichompoo, P. (2017). Production of compressed charcoal fuel from the waste materials collected after processing Khao-Larm (in Thai). **RMUTL Engineering Journal**, 2(1), 1-15.

Wongkhamchan, B. and Rungratanaubon, T. (2018). Briquette fuel from waste wood pallet (in Thai). **Thai Journal of Forestry,** 37(1), 143-152.

Online-First Version