



Study on the properties of briquette fuels from cultivated banana peel mixed with Acacia wood

¹*Khamanitjaree Saripan & ¹Jiraporn Trakooljaidee

¹Thepsatri Rajabhat University

*Corresponding author: khamanitjaree.s@lawasri.tru.ac.th

Received
03/02/2025

Reviewed
12/03/2025

Revised
20/04/2025

Accepted
21/04/2024

Abstract

This research aims to study the physical and chemical properties of fuel briquettes made from ripe banana peel mixed with acacia wood at different ratios: 100:0, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80, and 0:100, using tapioca starch as a binder. A Completely Randomized Design (CRD) was employed for the experimental setup. Data were analyzed statistically and presented as mean values. Differences among treatments were compared using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 0.05 significance level. The study found that the optimal ratio for practical use is 20:80, as the properties of the briquettes largely met the community product standards, including: moisture content of 4.09%, ash content of 8.39%, volatile matter content of 3.60%, fixed carbon content of 83.89%, calorific value of 5,375 kcal per gram, density of 0.10 grams per cubic centimeter, consumption rate of 0.06 kilograms per hour, temperature rise rate of 3.62°C per minute, and a shatter index of 0.55. The findings from this research show that fuel briquettes made from ripe banana peel mixed with acacia wood can serve as an alternative energy source to replace charcoal.

Keywords: Biomass energy; Briquette fuel; Banana peel; acacia wood



การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยผสมไม้กระถิน

^{1*}เขมนิจจรรย์ สารีพันธ์ และ¹จิราพร ตระกูลใจดี

¹มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

*ผู้นิพนธ์หลัก: khamanitjaree.s@lawasri.tru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยผสมไม้กระถิน ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ดังต่อไปนี้ 100:0 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทำการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีทดสอบแบบ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน คืออัตราส่วน 20:80 เนื่องจากคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 4.09 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 8.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารระเหย 3.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนคงตัว 83.89 เปอร์เซ็นต์ ค่าความร้อน 5,375 แคลอรีต่อกรัม ความหนาแน่น 0.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราการสันเป็ลือง 0.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 3.62 องศาเซลเซียสต่อวินาที ค่าดัชนีแตกกร่อน เท่ากับ 0.55 จากผลงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถินสามารถนำมาใช้งานเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกทดแทนถ่านไม้ได้

คำสำคัญ: พลังงานชีวมวล; เชื้อเพลิงอัดแท่ง; เปลือกกล้วย; ไม้กระถิน

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของประชาชนและเป็นปัจจัยในการผลิตที่สำคัญของระบบเศรษฐกิจของประเทศ จากข้อมูลปี 2566 ที่ผ่านมามีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.8 จากการเติบโตทางเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์มีสัดส่วนการใช้ ร้อยละ 87.5 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย และรัฐบาลยังมีนโยบายส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น โดยดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554-2573) และแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2561-2580 โดยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 36 ภายในปี 2580 (Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, 2567) พลังงานชีวมวลถือเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็น



แหล่งพลังงานที่หาได้ง่ายในประเทศและมีอยู่อย่างไม่จำกัด โดยชีวมวลที่สามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้มีหลากหลาย เช่น แกลบ (Yunusa et al., 2024), กากกาแฟ (Thongchuchai, L. et al., 2022) ฝุ่นฝ้าย ถ่านกะลามะพร้าว (Kham-on, W. et al., 2022; Bot et al., 2021) และเปลือกทุเรียน (Ngamlert, A. et al., 2019)

ไม้กระถิน เป็นพืชที่โตเร็ว สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เนื้อไม้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่เป็นแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่ดี เนื่องจากสามารถให้ค่าพลังงานความร้อนสูง ถ้านำไปเผาถ่านจะได้ถ่านที่มีคุณภาพดี ไม่แตก ไม่มีควัน สามารถติดไฟได้ดี (Khanthongkam, H. et al., 2003) ในปี 2566 ที่ผ่านมามีประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยน้ำว้า 387,708.91 ไร่ ผลผลิต 493,381.67 ตัน (Department of Agricultural Extension, 2023) เนื่องจากกล้วยน้ำว้าเป็นพืชที่ชาวบ้านชาวสวนนิยมปลูกกันมาก มีทั้งการปลูกในรูปแบบแปลงเพื่อจำหน่ายเป็นการค้าและปลูกตามหัวไร่ปลายนาตามภูมิภาคต่างๆ ของประเทศ อีกทั้งยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ทำมาจากกล้วยได้อย่างหลากหลาย เช่น กล้วยฉาบ กล้วยทอด ขนมกล้วย เป็นต้น จากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์กล้วยจะพบว่ามีกล้วยน้ำว้า 100 กิโลกรัม เมื่อนำไปแปรรูปจะมีเปลือกกล้วยเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งในประมาณ 10 กิโลกรัม เปลือกกล้วยเหลือทิ้งถูกนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย เช่น ดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำ (Phanich, S. et al., 2019; Akpomie and Conradie, 2020), อาหารสัตว์ (Koni et al., 2024) และ พลาสติกย่อยสลายได้ (Hoque and Janaswamy, 2024) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยยังมีน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำไม้กระถินซึ่งเป็นชีวมวลที่หาได้ง่ายและมีพลังงานความร้อนสูงมาผสมกับเปลือกกล้วยที่เป็นของเสียจากกระบวนการแปรรูปกล้วยเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และอัตราส่วนที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยผสมไม้กระถิน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากชีวมวลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ และเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการปัญหาขยะจากเปลือกกล้วยที่ยั่งยืนต่อไป

วิธีการวิจัย

การเตรียมผงถ่านจากเปลือกกล้วยและไม้กระถิน

นำเปลือกกล้วยและไม้กระถินขนาดลำต้นประมาณ 10 เซนติเมตร มาตากให้แห้ง 5-7 วัน เพื่อไล่ความชื้นออก และนำไปเผาแบบจำกัดอากาศในเตาเผาชุมชนให้เป็นถ่านใช้ โดยใส่ไม้กระถินและเปลือกกล้วยลงในถังปิ้ง ปิดฝา และเผาในเตาเผาดิน ใช้เวลาประมาณ 40-50 นาที อุณหภูมิประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส ทำการลดขนาดโดยนำถ่านที่เผามาบดด้วยเครื่องบดอนุภาคขนาด 3 แรงม้า และผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร เก็บผงถ่านในถุงซิปลาสติก



การเตรียมตัวประสาน

นำแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม มาผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร แล้วตั้งไฟเคี่ยวให้เหนียวใช้เวลาประมาณ 1-3 นาที นำไปใช้เป็นตัวประสานเพื่อให้ผงถ่านยึดเกาะเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ง่าย

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นำผงถ่านเปลือกกล้วยน้ำว้าและผงถ่านไม้กระถินมาผสมกันในอัตราส่วน 100:0 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 0:100 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นนำตัวประสาน ปริมาตร 30 มิลลิลิตรมาผสมกับทุกอัตราส่วน และทำการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแท่งแบบใช้แรงคนโดยนำส่วนผสมที่ได้มาใส่ในเครื่องอัดแท่งรูปทรงกระบอกและที่มีรูกลวงตรงกลาง ขนาด 1 ซม. กระบวนการอัดจะถูกควบคุมให้ใช้แรงกดอย่างสม่ำเสมอในทุกชุดการทดลอง โดยมีการควบคุมเวลาในการกดและปริมาณวัสดุในแต่ละแม่พิมพ์ให้เท่ากันทุกครั้งหลังอัดโดยแรงที่กระทำต่อวัสดุจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักและแรงที่ผู้ใช้ออกแรงกด เมื่อกดเป็นแท่งแล้วตัดแท่งเชื้อเพลิงเป็นท่อนๆ ความยาว 9 เซนติเมตร แล้วนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้น

การศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดแท่งมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี โดยวิเคราะห์ความชื้น (% Moisture) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173, วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (% Ash) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174, วิเคราะห์ปริมาณสารระเหย (% Volatile Matter) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3175, วิเคราะห์คาร์บอนคงตัว (% Fixed Carbon) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3172, วิเคราะห์ค่าความร้อน (% Heating Value) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D5865, วิเคราะห์ค่าดัชนีการแตกร่วน (% Shatter index) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3038, วิเคราะห์ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง (Density) โดยคำนวณจากมวลรวมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)หารด้วยปริมาตรรวมของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ลูกบาศก์เซนติเมตร), วิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยคำนวณจากมวลเชื้อเพลิง (กิโลกรัม) หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ (ชั่วโมง) และวิเคราะห์อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ด้วยวิธี Water Boiling Test (WBT) โดยคำนวณจากอุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส) ลบด้วยอุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส) หารด้วยเวลาที่ใช้



การทดสอบข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

นำข้อมูลที่ต้องการทดสอบความแตกต่างทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS มาทดสอบการแจกแจงแบบปกติด้วย Shapiro-Wilk โดยค่า Sig. ที่ได้นั้นต้องมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงใกล้เคียงปกติ และทดสอบความแปรปรวนด้วย Levene's Test โดยค่า Sig. ที่ได้นั้นต้องมากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมามีความเป็นอิสระทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนถูกจัดเตรียมและวัดแยกกันอย่างอิสระ จำนวน 3 ซ้ำต่ออัตราส่วน โดยแต่ละซ้ำใช้ตัวอย่างที่จัดเตรียมแยกจากกันโดยไม่มีการนำค่าหรือผลจากซ้ำหนึ่งไปใช้ในการวัดซ้ำอื่น เมื่อดำเนินการทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละอัตราส่วนด้วยวิธี DMRT

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

เมื่อทำการอัดแห้งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ จะเห็นได้ว่าทุกอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ ดังแสดงในภาพที่ 1 จากการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแห้งในตารางที่ 1 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแห้งในอัตราส่วน 100:0 80:20 60:40 50:50 และ 40:60 มีค่าพลังงานความร้อนระหว่าง 3,098.60 – 4,471.20 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน มผช.238/2547 (มากกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม) แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนไม้กระถินเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าพลังงานความร้อน ระหว่าง 5,375.00 – 6,101.70 แคลอรีต่อกรัม เนื่องจากไม้กระถินเป็นเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานความร้อนสูงอยู่ระหว่าง 6,000-7,000 แคลอรีต่อกรัม (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2567) จึงทำให้เชื้อเพลิงอัดแห้งที่มีอัตราส่วนของไม้กระถินมากกว่าร้อยละ 80 จะมีค่าพลังงานความร้อนสูง ซึ่งเกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (5,000 แคลอรีต่อกรัม) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Mahapram, K. et al. (2018) ซึ่งศึกษาการนำกากตะกอนของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียและเปลือกกล้วยน้ำว้ามาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแห้งพบว่า มีค่าพลังงานความร้อน 4,195 แคลอรีต่อกรัมโดยใช้เปลือกกล้วยร้อยละ 75 ผสมกับกากตะกอนร้อยละ 25 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าพลังงานความร้อนที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และต่ำกว่างานวิจัยนี้ เนื่องจากมีการผสมเปลือกกล้วยกับกากตะกอนซึ่งมีค่าพลังงานต่ำ ดังนั้นถ้าต้องการได้เชื้อเพลิงอัดแห้งที่มีค่าพลังงานความร้อนสูงจึงควรผสมวัตถุดิบที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงด้วย เช่น เปลือกมังคุด ยางพารา ชังข้าวโพด แกลบ (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบถ่านอัดแห้งจากงานวิจัยนี้กับถ่านอัดแห้งตามตลาดทั่วไป ซึ่งนิยมใช้กะลามะพร้าวเป็นวัตถุดิบ จะเห็นได้ว่ามีค่าพลังงานความร้อนที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2)



Figure 1 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยผสมไม้กระถิน

ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของถ่านไม้กระถินมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตามในทุกอัตราส่วนมีค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนคงตัวมากกว่า 76 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งต่ำ เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะทำให้มีช่วงเวลาในการลุกไหม้ยาวนาน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนและปริมาณคาร์บอนคงตัวจากตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วน พบว่าไม่มีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ชัดเจน โดยตัวอย่างที่มีค่าคาร์บอนคงตัวสูงสุดไม่ได้ให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปัจจัยอื่น เช่น สารระเหยง่าย (volatile matter) หรือปริมาณความชื้น อาจมีบทบาทสำคัญร่วมกับค่าคาร์บอนคงตัวในการกำหนดค่าพลังงานความร้อนของชีวมวล ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งในทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.27-3.54 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดควันในขณะเผาไหม้น้อย ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนเปลือกกล้วยน้ำว้าลดลง โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีถ่านไม้กระถินเพียงอย่างเดียวมีปริมาณเถ้าเพียง 3.72 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามหากเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณถ่านจากเปลือกกล้วยเพียงอย่างเดียวจะทำให้มีปริมาณเถ้าสูงถึง 15.74 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเชื้อเพลิงจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถินมีปริมาณความชื้นลดลง เมื่อปริมาณของเปลือกกล้วยน้ำว้าลดลง จากอัตราส่วน 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก 5.39 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดูข้อมูลจากตารางที่ 1 พบว่า



ความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งในทุกอัตราส่วนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มผช.238/2547 ที่กำหนดไว้คือ ไม่เกิน 8 เปอร์เซนต์ เมื่อเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณความชื้นน้อย ก็จะส่งผลดีต่อการเผาไหม้ และลูกติดไฟได้ดี

Table 1 ค่าพลังงานความร้อน ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณสารระเหย เถ้า ความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและไม้กระถินในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน (เปลือก กล้วย : ไม้ กระถิน)	ค่าพลังงานความร้อน (cal/g)±SD	ปริมาณคาร์บอน คงตัว (%)±SD	ปริมาณสาร ระเหย (%)±SD	ปริมาณเถ้า (%)±SD	ปริมาณ ความชื้น (%)±SD
100:0	3,863.00 ^{cd} ±61.12	76.58 ^b ±12.44	2.27 ^a ±0.04	15.74 ^{ab} ±12.44	5.39 ^{ab} ±0.94
80:20	3,511.60 ^{cd} ±200.61	83.98 ^{ab} ±0.67	2.51 ^a ±0.11	14.35 ^{ab} ±0.66	5.75 ^a ±0.07
60:40	4,237.20 ^{bc} ±1,142.48	76.36 ^b ±2.04	2.55 ^a ±0.08	17.76 ^a ±1.97	3.32 ^{cd} ±0.30
50:50	4,471.20 ^{bc} ±1,062.76	77.31 ^b ±0.40	2.46 ^a ±0.14	16.68 ^a ±0.76	3.52 ^{cd} ±0.42
40:60	3,098.60 ^d ±564.00	79.69 ^b ±1.42	2.33 ^a ±0.66	13.76 ^{ab} ±1.26	4.20 ^{bc} ±1.04
20:80	5,375.00 ^{ab} ±491.03	83.89 ^{ab} ±1.51	3.60 ^a ±1.33	8.39 ^{ab} ±1.02	4.09 ^{bc} ±0.75
0:100	6,101.70 ^a ±533.51	90.40 ^a ±3.40	3.54 ^a ±2.69	3.72 ^b ±0.55	2.33 ^d ±0.89

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถินทุกอัตราส่วนมีความหนาแน่นลดลง เมื่อปริมาณเปลือกกล้วยน้ำว้าลดลง จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.14 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากการเผาวัตถุดิบไม้กระถินและเปลือกกล้วยก่อนนำมาผสมและอัดแท่ง จึงทำให้น้ำหนักบางส่วนหายไป และการอัดแท่งไม่ได้ใช้แรงเสริมจากมอเตอร์ทำให้เชื้อเพลิงที่ได้มีความหนาแน่นต่ำ อัตราการสันเปลืองเชื้อเพลิงของแต่ละอัตราส่วน มีค่าอยู่ในช่วง 0.03 - 0.07 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งอัตราส่วนที่มีอัตราสันเปลืองน้อยที่สุดคือ อัตราส่วนที่ 50:50 และ 40:60 เมื่อเปรียบเทียบกับงานของ Thepsasanakul, W. (2018) ซึ่งศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่า

มีอัตราการสิ้นเปลืองเท่ากับ 0.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเกิดจากถ่านอัดแท่งจากไม้ลำไยที่มีลักษณะการลุกไหม้ของถ่านที่เป็นไปอย่างรวดเร็วและความร้อนหมดไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้มากกว่างานวิจัยที่มีอัตราการสิ้นเปลืองที่ต่ำ เพราะมีไม้กระถินผสมเปลือกกล้วย ทำให้มีลักษณะการลุกไหม้ที่นานกว่า เชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่มีอัตราการสิ้นเปลืองต่ำจะมีการเผาไหม้ได้ดี ติดไฟได้ยากแต่เมื่อติดไปแล้ว จะอยู่ได้นานจนกลายเป็นถ่าน ใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้นาน (Wirunphan, K. et al., 2017) ดังนั้นเชื้อเพลิงที่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำ จะมีประสิทธิภาพที่ดีในการใช้งาน

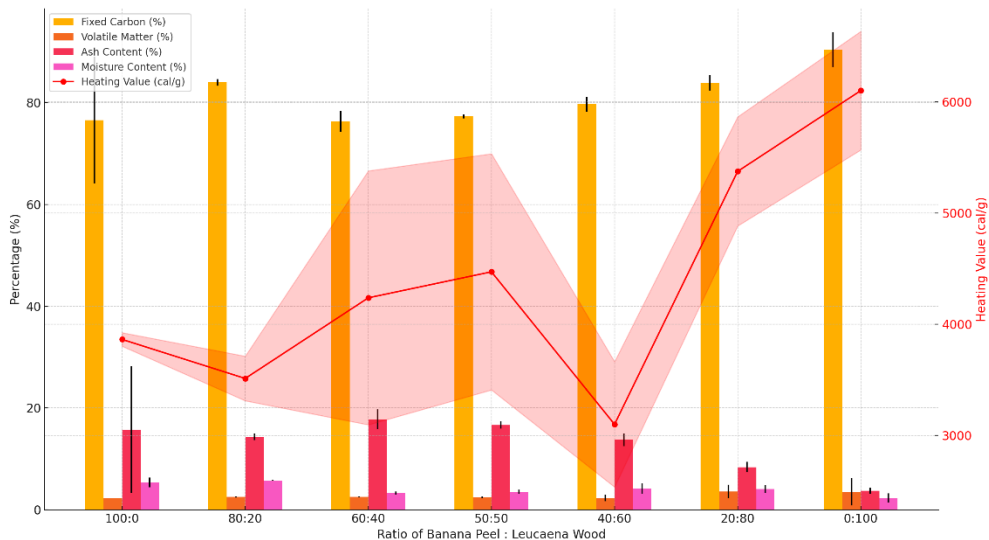


Figure 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของเปลือกกล้วยต่อไม้กระถินกับค่าพลังงานความร้อน คาร์บอนคงตัว สารระเหย ปริมาณเถ้า ความชื้น

จากการศึกษาอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถิน พบว่าจากอัตราส่วน 100:0 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำที่ใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 2.40-3.62 องศาเซลเซียสต่อนาที (ตารางที่ 3) ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Katathikamkul, S. (2015) ที่มีการวิเคราะห์คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงจากวัสดุตาลโตนด พบว่า อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 3.29-4.39 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 78.56 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีการเผาไหม้ที่ดีและมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สูง แต่เมื่อมีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ ก็จะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีการเผาไหม้ที่ไม่ดี ทั้งนี้จากงานวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถิน มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่ไม่แตกต่างกันมาก ทำให้มีการเผาไหม้ที่ดีและมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน



จากการทดสอบค่าดัชนีแทรกซ้อน พบว่า อัตราส่วน 100:0 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 มีค่าดัชนีแทรกซ้อนที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีความอยู่ระหว่าง 0.39-0.67 (ตารางที่ 3) ซึ่งอัตราส่วน 100:0 80:20 40:60 และ 20:80 มีค่าดัชนีแทรกซ้อนเกิน 0.5 โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าดัชนีแทรกซ้อน อยู่ระหว่าง 0.5-1.0 แสดงว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน เนื่องจากค่าดัชนีแทรกซ้อน ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีการจับตัวกันได้อย่างดี จากวิจัยของ Ngamlert, A. et al. (2016) ได้ทำการศึกษาชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัส พบว่า การใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ทำให้มีค่าดัชนีแทรกซ้อนเท่ากับ 0.99 จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน นอกจากนี้งานวิจัยของ Sunthararak, S. et al. (2018) ที่ทำการศึกษาการพัฒนาเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากใบยูคาลิปตัสและใบยางพาราโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในปริมาณ 16% เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าดัชนีแทรกซ้อนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 0.8 ดังนั้น หากต้องการให้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถินมีค่าดัชนีแทรกซ้อนที่เหมาะสม อาจใช้ตัวประสานอื่นๆ เช่น กากน้ำตาล หรือเพิ่มอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นตัวประสาน เพื่อให้เชื้อเพลิงมีความแข็งแรง และยึดเกาะได้ดี ไม่ร่วนซุย เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้

Table 2 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลชนิดต่างๆ

ชีวมวลที่ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรีต่อกรัม)	อ้างอิง
เปลือกมังคุดและยางพารา	7,361.55	Makphan, W. et al., 2021
เปลือกกล้วย	3,855.8	Phakdikasa, M. et al., 2022
เปลือกโกโก้	4,271.67	Akam, et al., 2024
แกลบและซังข้าวโพด	6,533	Asrori, et al., 2024
กะลามะพร้าว	4,910	Anantanukulwong, R. et al., 2019
เปลือกกล้วยและไม้กระถิน	5,375	งานวิจัยนี้



จากการศึกษาจุดคุ้มทุนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าสุกผสมไม้กระถินในอัตราส่วน 20:80 โดยใช้สูตรในการคำนวณ คือ

$$N = \frac{F}{P - V}$$

เมื่อ N = จำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุน, F = ต้นทุนคงที่, P = ราคาขายต่อหน่วย, V = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

โดยมีต้นทุนคงที่ ค่าเครื่องอัดแท่งเท่ากับ 1,500 บาท ต้นทุนแปรผันเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อก้อน ได้แก่ ค่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งเท่ากับ 0.1 บาท/ก้อน, ค่าไฟฟ้า 0.432 บาท/ก้อน, ค่าน้ำ 0.015 บาท/ก้อน (ไม่มีการคิดค่าแรง ค่าเปลือกกล้วย ค่าไม้กระถิน จากต้นทุนแปรผันจากการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง) ดังนั้นจำนวนการผลิตที่จุดคุ้มทุนเท่ากับ 1,573 ก้อน

Table 3 ความหนาแน่น อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ดัชนีแตกร่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและไม้กระถินในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน (เปลือกกล้วย : ไม้กระถิน	ความหนาแน่น (g/cm ³)±SD	อัตราการสิ้นเปลือง เชื้อเพลิง (kg/hr)±SD	อัตราการเพิ่มขึ้น ของอุณหภูมิ (°C/min)±SD	ดัชนีแตก ร่วน ±SD
100:0	0.14 ^a ±0.00	0.06 ^b ±0.00	2.90 ^{ab} ±0.13	0.67 ^a ±0.32
80:20	0.11 ^b ±0.00	0.06 ^b ±0.00	3.47 ^a ±0.35	0.57 ^a ±0.05
60:40	0.11 ^{bc} ±0.00	0.07 ^a ±0.01	2.40 ^b ±0.02	0.46 ^a ±0.07
50:50	0.11 ^b ±0.00	0.03 ^d ±0.00	3.41 ^a ±0.48	0.42 ^a ±0.09
40:60	0.11 ^b ±0.00	0.03 ^d ±0.00	3.19 ^{ab} ±0.37	0.55 ^a ±0.08
20:80	0.10 ^b ±0.01	0.06 ^b ±0.01	3.62 ^a ±0.15	0.56 ^a ±0.20
0:100	0.10 ^c ±0.00	0.05 ^c ±0.00	3.37 ^a ±0.24	0.39 ^a ±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรภาษาอังกฤษเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT



ข้อจำกัดของงานวิจัย

แม้ว่างานวิจัยนี้จะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าว่า สุกผสมไม้กระถิน แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา ดังนี้

1. **ขอบเขตของวัตถุดิบ** งานวิจัยนี้ใช้เฉพาะ เปลือกกล้วยน้ำว้าสุก และ ไม้กระถิน จากแหล่ง วัตถุดิบเพียงบางพื้นที่ ซึ่งคุณสมบัติของวัตถุดิบอาจแตกต่างกันไปตามแหล่งปลูก สภาพ ภูมิอากาศ และวิธีการเก็บเกี่ยว ระดับความสุกของกล้วยน้ำว้าที่แตกต่างกัน จึงอาจส่งผลต่อ องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วย รวมถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ นอกจากนี้ อายุ ของไม้กระถินก็อาจส่งผลกระทบต่อความหนาแน่นและปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านไม้ที่ได้
2. **สภาวะการทดลอง** กระบวนการเผาถ่านในระดับชุมชนที่ใช้เตาเผาแบบดั้งเดิม อาจมีความ แปรปรวนในด้านอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผา ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของถ่านและความ สม่ำเสมอของวัตถุดิบการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
3. **ขอบเขตของการวิเคราะห์** งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์เฉพาะด้านคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีพื้นฐานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยไม่ได้ศึกษาประสิทธิภาพการเผาไหม้เชิงลึก เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2 , CO , NOx) หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้งาน จริง
4. **การประเมินผลในระยะยาว** งานวิจัยนี้ยังไม่ได้ประเมินการเก็บรักษา การคงสภาพของ เชื้อเพลิงอัดแท่งในระยะเวลานาน หรือผลกระทบจากการเสื่อมสภาพของวัสดุ
5. **แรงอัด** เป็นข้อจำกัดที่ควรพิจารณาเมื่อนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ในระดับผลิตจริง เนื่องจากแรงอัดที่มากขึ้นจะช่วยลดช่องว่างอากาศระหว่างอนุภาค ทำให้แท่งเชื้อเพลิงมี โครงสร้างที่แน่นและแข็งแรงยิ่งขึ้น ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของแท่งเชื้อเพลิง เช่น ความหนาแน่น ความแข็งแรง และค่าดัชนีแตกร่วน สำหรับการอัดด้วยแรงคน อาจมีข้อจำกัดด้านความ สม่ำเสมอและระดับแรงอัดที่อาจแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถินนั้น เมื่อทำ การผสม ขึ้นรูปเป็นแท่งแล้วศึกษาคุณสมบัติพบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกกล้วยน้ำว้าผสมไม้กระถิน อัตราส่วน 20:80 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานผลิตเชื้อเพลิงทดแทน เนื่องจากคุณสมบัติ ของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยส่วนใหญ่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนโดย คือ ปริมาณความชื้น 4.09 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ้า 8.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารระเหย 3.60 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์บอนคงตัว 83.89 เปอร์เซ็นต์ ค่าความร้อน 5,375 แคลอรีต่อกรัม ความหนาแน่น 0.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร



อัตราการสิ้นเปลือง 0.06 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ 3.62 องศาเซลเซียสต่อนาที และค่าดัชนีแตกร่วน เท่ากับ 0.55 จุดคุ้มทุนการผลิตเท่ากับ 1,573 ก้อน จากข้อมูลทั้งหมดแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในการนำเปลือกกล้วยน้ำว้าและไม้กระถินมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้ทดแทนถ่านไม้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่ง

References

- Akam, N. G., Diboma, B. S., Mfomo, J. Z., Ndiwe, B., Bôt, B. V., & Biwolé, A. B. (2024). Physicochemical characterization of briquette fuel produced from cocoa pod husk: Case of Cameroon. *Energy Reports*, 11, 1580–1589. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.04.113>
- Akpomie, G. K., & Conradie, J. (2020). Banana peel as a biosorbent for the decontamination of water pollutants: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(4). <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00995-x>
- Anantanukulwong, R. Jehmae, R. & Sarenu, N. (2019). Production of charcoal briquettes from agricultural waste materials. *Journal of Science and Technology*, MR., 4(1), 47-53.
- Asrori, A., Alfariysi, M. F. S., & Naryono, E. (2024). Characterization of the bioenergy potential of corncob and rice husk mixtures in biochar briquettes. *Evrinata: Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 14–20.
- Bot, B. V., Sosso, O. T., Tamba, J. G., Lekane, E., Bikai, J., & Ndamé, M. K. (2021). Preparation and characterization of biomass briquettes made from banana peels, sugarcane bagasse, coconut shells, and rattan waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–10.
- Hoque, M., & Janaswamy, S. (2024). Biodegradable packaging films from banana peel fiber. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101400>
- Katathikarnkul, S. (2015). *Analysis of fuel properties from sugar palm materials*. Thaksin University Press.



- Kham-on, W. & Fukuda, S. (2022). Study of the properties of compressed fuel from cotton dust and coconut shell charcoal. *Sukhothai Thammathirat Open University Journal of Science and Technology*, 2(2),30-42.
- Khanthongkam, H., Chaemwutthipreecha, R. & Saengsan, S. (2003). *Biomass energy potential*. Energy Development Office, Department of Alternative Energy Development and Energy Conservation, Ministry of Energy.
- Koni, T. N., Banoet, Y., Wahon, W., Sabuna, C. Y., Same Radu, M. D., Rumlaklak, Y. Y., & Yuniwati Foenay, T. A. (2024). Anaerobic fermentation can improve banana peel nutrients and their use in crossbred native chicken diet. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 12(2), 349–354. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2024/12.2.349.354>
- Mahapram, K., Mongkol, S. & Kreekongkha, B. (2018). *Processing of waste sludge from wastewater treatment system of dairy factory into compressed fuel*. Bachelor of Science Thesis in Environmental Science.
- Makphan, W. et al. (2021). Energy properties of fuel pellets from mangosteen peel and rubber wood. *Burapha Science Journal*, 26(3), 40-54.
- Ngamlert, A., Sariphan, K. & Phengiew, P. (2019). Types of suitable binders for producing charcoal briquettes from eucalyptus bark. *Thepsatri I-TECH Academic Journal*, 14(2), 27–34.
- Phakdikasa, M. & Phimphan, P. (2022). Fuel briquettes from lemongrass and banana peels. *Nakhon Sawan Rajabhat University Journal of Science and Technology*, 14(19),17-28.
- Phanich, S. et al. (2019). *Adding value of waste banana peels to remove toxins from water*. Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon.
- Sunthararak, S. et al. (2014). *Development of compressed charcoal fuel from eucalyptus leaves and rubber leaves*. The National and International Academic Conference, Buriram Rajabhat University.



- Thepsasanakul, W. (2018). Study of the production of compressed fuel through carbonization process from agricultural waste materials such as coconut shells. College of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai Province.
- Thongchuchai, L., Patprakon, W. & Yaemsangsang, W. (2022). Study of the properties of compressed fuel from coffee waste and coconut waste. *Sukhothai Thammathirat Open University Journal of Science and Technology*, 2(2), 20-32.
- Wirunphan, K., Saiplian, T. & Jaichompoo, P. (2017). Production of compressed fuel from waste materials in the production of sticky rice. *Journal of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna*, 2(1), 1-15.
- Yunusa, S. U., Mensah, E., Preko, K., Narra, S., Saleh, A., Dalha, I. B., & Abdulsalam, M. (2024). Optimizing selected quality metrics of rice husk briquettes: A response surface methodology approach. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1–19.