

สมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง
จากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุด
Fuel Properties of Biomass Briquettes and Biochar Briquettes
from Santol and Mangosteen Peels

นัฐวุฒิ เพ็ชรชาติ¹ พิมพชนก ธาตริวิจิตร¹ หนึ่งหทัย ธราพร¹ ศราวุฒิ ชูโลก²
และนวรรตน์ สีตะพงษ์^{2*}

Nattawut Phetchat¹, Pimchanok Thatriwichit¹, Neunghathai Tharaporn¹,
Sarawut Chulok² and Nawarat Seetapong^{2*}

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุด โดยการเตรียมชีวมวลอัดแท่งผ่านกระบวนการตากแห้ง และถ่านชีวมวลอัดแท่งผ่านการเผาจากเตาเผาไร้ควัน เชื้อเพลิงทั้งสองประเภทถูกบดให้ละเอียด และอัดแท่งขึ้นรูปทรงกระบอกตันด้วยตัวประสานจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง น้ำ และวัสดุเชื้อเพลิง ที่มีอัตราส่วน 80:700:1,000 โดยน้ำหนัก และวัดค่าพลังงานความร้อน สมบัติทางเคมี และสมบัติเชิงกล ผลการศึกษาพบว่าทั้งเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดมีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าจากเปลือกกระท้อน ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีทั้งค่า ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว สำหรับสมบัติเชิงกลของเชื้อเพลิงทั้งชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง มีค่าความหนาแน่นและดัชนีการแตกร่วนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการขนส่ง ส่วนเวลาในการเผาไหม้และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเหมาะสมสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในครัวเรือนและชุมชน นอกจากนี้ยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงพลังงาน

คำสำคัญ: ชีวมวลอัดแท่ง ถ่านชีวมวลอัดแท่ง สมบัติการเป็นเชื้อเพลิง วัสดุเหลือใช้

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

² สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

* Corresponding author e-mail: nawarat.se@skru.ac.th

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.254379>

Received: 21 April 2022, Revised: 18 October 2022, Accepted: 19 October 2022

Abstract

The research aimed to study the fuel properties of biomass briquettes and biochar briquettes from santol and mangosteen peel. The biomass briquettes were prepared through the drying process, and biochar briquette were prepared through the carbonization from smokeless kiln. Both types of fuels were finely grinded and extruded to solid cylindrical rods with a binder from using tapioca starch, water and fuel materials with a ratio of 80:700:1,000 by weight. The thermal energy, chemical properties, and mechanical properties have been measured. The results showed that both biomass briquettes and biochar briquettes from mangosteen peels have higher energy values than those from santol peels which corresponds to the chemical analysis including moisture content, ash content, volatile matter content, and fixed carbon value. For the mechanical properties of both biomass briquettes and biochar briquettes have a density and a fracture index which are suitable for transportation. The burning time and the fuel consumption are propitiated to produce fuel for household and community. In addition, it is the use of waste materials from nature for the benefit of energy.

Keywords: Biomass briquette, Biochar briquette, Fuel properties, Waste materials

บทนำ

ปัจจุบันวิกฤตการณ์ด้านพลังงานได้ทวีความรุนแรงขึ้นและประเทศไทยกำลังประสบปัญหาการขาดแคลนพลังงาน เนื่องจากประเทศไทยไม่ได้มีแหล่งพลังงานที่เพียงพอต่อความต้องการพลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ภาครัฐให้ความสนใจ มีการสนับสนุนทั้งด้านงานวิจัยและการนำร่องผลิตพลังงานทดแทนที่มักกล่าวถึง ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวมวลที่ได้จากเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร นอกจากเป็นพลังงานทางเลือกแล้วยังช่วยแก้ปัญหาการกำจัดของเสียและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (นฤภัทร, 2557)

กระถ่อนและมั่งคุดเป็นผลไม้ประจำฤดูกาลของภาคใต้ เป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภคเป็นอย่างมาก แต่สิ่งที่เหลือจากการบริโภคโดยเฉพาะเปลือกถูกทิ้งเป็นจำนวนมาก ไม่ได้ใช้ให้เกิดประโยชน์ การกำจัดทำได้ยาก เพราะเป็นเศษวัสดุที่มีความชื้นสูง ต้องอาศัยการย่อยสลายเป็นส่วนใหญ่ จึงใช้เวลานานทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและการสูญเสียงบประมาณในการดำเนินการกำจัดของเสียตามมาอีกด้วย และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านและถ่านอัดแท่งโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบกะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกทุเรียน วัสดุจากปาล์มน้ำมัน เศษวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ และยังมีการผสมส่วนผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อเพิ่มสมบัติความเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงองค์ประกอบที่ติดไฟได้และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง (ธเนศและคณะ, 2557) และจากการศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ทำจากเปลือกมั่งคุดมีค่าความร้อนสูงกว่าเปลือกทุเรียนและเปลือกสับปะรด นอกจากนี้ยังมีการแตกปะทุขณะติดไฟน้อยและเวลาในการจุดติดไฟนาน (ธนาพล และคณะ, 2558) อีกทั้งยังสามารถนำเศษวัสดุเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์

ทางเลือกที่มีสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีที่เหมาะสม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของถ่านกัมมันต์ได้ (สุนันทา, 2563)

ด้วยเหตุผลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้เปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดที่เป็นเศษเหลือทิ้งหลังจากการบริโภคมาใช้ประโยชน์เชิงความร้อน โดยการนำเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของพลังงานทดแทนจากเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งแบบชีวมวลอัดแท่งและ ถ่านชีวมวลอัดแท่ง เพื่อหาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงและสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาพลังงานรูปแบบอื่น ๆ และมีการออกแบบที่ไม่ซับซ้อน โดยสามารถใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวลได้หลากหลายชนิด อีกทั้งไม่มีปัญหาในเรื่องของมลพิษและสุขอนามัยและเป็นการนำวัสดุในท้องถิ่นที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด นอกจากนี้ยังส่งเสริมและสนับสนุนการตัดสินใจให้มีการผลิตเชื้อเพลิงใช้เองภายในครัวเรือนตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงหรือจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้เสริมแก่ชุมชนท้องถิ่นที่มีศักยภาพในการผลิตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ

1.1 นำเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดที่เหลือทิ้ง แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปตากแดด แล้วนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเพื่อเป็นชีวมวลอัดแท่ง และส่วนที่สองนำไปเผากับเตาเผาไร้ควัน (ภาพที่ 1 ก) แล้วนำไปบดให้ละเอียดโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เพื่อนำไปทำถ่านชีวมวลอัดแท่ง ในการเตรียมตัวอย่างของถ่านชีวมวลพบว่าเปลือกมังคุด 30 กิโลกรัม เมื่อผ่านการเผาโดยใช้เตาไร้ควันจะได้ถ่านชีวมวล 18 กิโลกรัม ส่วนเปลือกกระท้อน 30 กิโลกรัม ได้ถ่านชีวมวล 15.5 กิโลกรัม

1.2 ใช้แป้งมันสำปะหลัง น้ำ และวัสดุเชื้อเพลิง ในอัตราส่วน 80:700:1,000 โดยน้ำหนัก แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องทำถ่านอัดแท่งแบบอัดเย็น โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1 (ข)



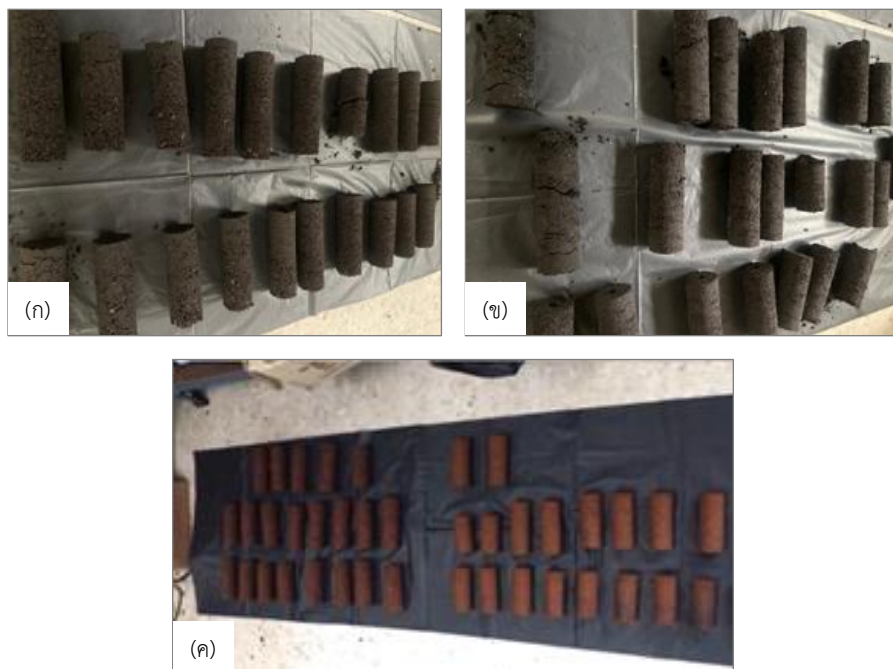
(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำถ่านอัดแท่งเตาเผาถ่านไร้ควัน (ก) และเครื่องทำถ่านอัดแท่ง (ข)

3. นำชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งตากแดดจนแห้งเป็นเวลาประมาณ 5 วัน เพื่อลดความชื้น ดังภาพที่ 2 แล้วนำมาทดสอบหาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงทั้งสมบัติทางเคมีและสมบัติเชิงกล

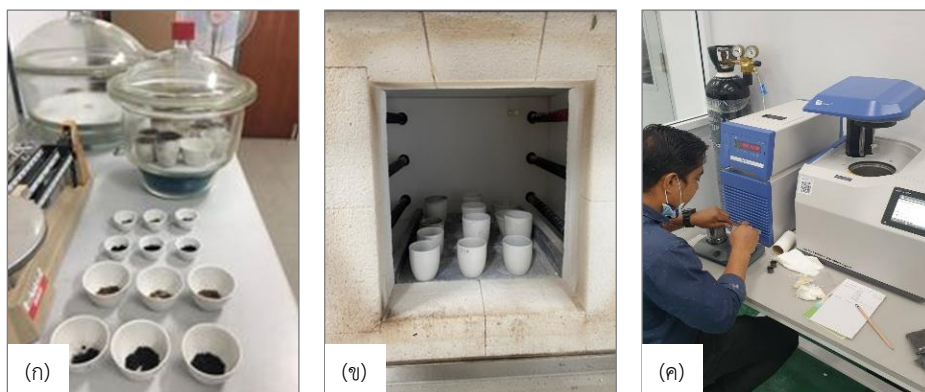


ภาพที่ 2 ถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อน (ก) ถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุด (ข) และชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุด (ค)

2. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและสมบัติเชิงกล

2.1 การทดสอบสมบัติทางเคมี โดยวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมี (proximately analysis) ได้แก่ 1) หาค่าปริมาณความชื้น (% moisture) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3173 (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2011) โดยนำครุชีเบิล (crucible) ออบนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3 (ก) 2) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (% ash) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174 (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2011) โดยนำครุชีเบิลอบนาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม เผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 3 (ข) 3) หาปริมาณสารระเหย (% volatile matter) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3175 (American Society for Testing and Materials (ASTM), 2011) โดยเผาครุชีเบิลพร้อมฝาท่อที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม เผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำค่าปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหย มาวิเคราะห์หาค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว (% fixed carbon) ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3172

(American Society for Testing and Materials (ASTM), 2002) และหาค่าพลังงานความร้อนจากเครื่อง bomb calorimeter ดังภาพที่ 3 (ค)



ภาพที่ 3 การเตรียมตัวอย่างวัตถุบดเพื่อทดสอบสมบัติทางเคมี โดยการทดสอบหาปริมาณความร้อน (ก) นำตัวอย่างเข้าเตาเผาอุณหภูมิสูงเพื่อหาปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว (ข) และหาค่าพลังงานความร้อนจากเครื่อง bomb calorimeter (ค)

2.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล โดยวิเคราะห์ความหนาแน่น (density) ในหน่วยกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังภาพที่ 4 (ก) ทดสอบดัชนีการแตกร่วน (drop shatter test) โดยใช้วิธีการทดสอบการตกจากที่สูง ดังภาพที่ 4 (ข) วัดค่าอุณหภูมิสูงสุดและอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อหาระยะเวลาในการเผาไหม้เชื้อเพลิง และใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนการเผาไหม้เชื้อเพลิง FLIR E60 ดังภาพที่ 4 (ค) และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากเชื้อเพลิง โดยวัดอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 4 การทดสอบสมบัติเชิงกลของถ่านชีวมวลอัดแท่ง โดยหาปริมาณเพื่อวิเคราะห์หาความหนาแน่น (ก) วิธีการทดสอบการตกจากที่สูง (ข) และภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อนการเผาไหม้เชื้อเพลิง (ค)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้เปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยทดสอบหาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งที่ได้จากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุด ศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และพลังงานความร้อน และศึกษาสมบัติเชิงกล ได้แก่ ความหนาแน่น ดัชนีแตกร่วน อุณหภูมิสูงสุดของเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้ ระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการเผาไหม้ และอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ

1. ผลการทดสอบสมบัติทางเคมี

การทดสอบหาค่าสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิง (ตารางที่ 1) พบว่าเชื้อเพลิงทั้งชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณความชื้นไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547 ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) เช่นเดียวกับปริมาณเถ้า ทั้งเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณเถ้าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547 ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 8 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) แสดงว่ามีสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของธนาพล และคณะ (2558) พบว่าปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงจากทางมะพร้าวมีค่าร้อยละ 5.30 และสอดคล้องกับการศึกษาของเดือนใจ และคณะ (2561) พบว่าแท่งเชื้อเพลิงเขี้ยวจากวัสดุเศษเหลือในสวนปาล์มน้ำมันมีปริมาณเถ้ามากที่สุดร้อยละ 7.40 ± 0.72

เชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดมีค่าปริมาณสารระเหยเกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547 ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 25 โดยชีวมวลอัดแท่งมีค่าปริมาณสารระเหยมากกว่าถ่านชีวมวลอัดแท่งเนื่องจากถ่านชีวมวลอัดแท่งได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (carbonization) แล้ว และค่าคาร์บอนคงตัวของชีวมวลอัดแท่งมีค่าน้อยกว่าถ่านชีวมวลอัดแท่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของธเนศ และคณะ (2557) เมื่อเปลี่ยนเปลือกมังคุดเป็นถ่านเปลือกมังคุดพบว่าปริมาณของคาร์บอนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 55.30 เป็นร้อยละ 61.94 โดยน้ำหนัก และจากการทดสอบหาค่าสมบัติทางเคมีของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของลดาวัลย์ และคณะ (2559) ที่ศึกษาถ่านอัดแท่งจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้งจากอัตราส่วนที่ดีที่สุด พบว่ามีค่าความชื้นร้อยละ 7.39 ± 0.02 ค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 5.00 ± 0.06 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 85.73 ± 0.40 และค่าคาร์บอนคงตัวร้อยละ 1.18 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง

สมบัติทางเคมี	ชีวมวลอัดแท่ง		ถ่านชีวมวลอัดแท่ง	
	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด
1. ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	6.61±0.22	7.76±0.13	6.56±0.45	6.94±0.15
2. ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	2.75±0.46	2.40±0.33	4.22±0.52	3.70±1.54
3. ปริมาณสารระเหย (ร้อยละ)	88.92±0.18	88.53±0.29	85.06±3.03	82.99±2.15
4. ปริมาณคาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	1.72±0.82	1.30±0.31	4.16±2.28	6.37±3.78

หมายเหตุ: - ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

จากการวัดค่าพลังงานความร้อนโดยใช้เครื่อง bomb calorimeter ดังภาพที่ 3 (ค) ชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนมีค่า 3,788.10 แคลอรีต่อกรัม จากเปลือกมังคุดมีค่า 4,167.38 แคลอรีต่อกรัม สำหรับค่าพลังงานความร้อนของถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนมีค่า 5,115.12 แคลอรีต่อกรัม จากเปลือกมังคุดมีค่า 5,883.73 แคลอรีต่อกรัม พบว่าทั้งชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดมีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าจากเปลือกกระท้อน

2. ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

ผลการหาสมบัติเชิงกลของชีวมวลอัดแท่ง พบว่าชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุดมีความหนาแน่นและดัชนีการแตกร่วนสูงกว่าถ่านชีวมวลอัดแท่ง และเมื่อวัดอุณหภูมิสูงสุดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง พบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุดของชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนมีค่า 489.23 องศาเซลเซียส จากเปลือกมังคุดมีค่า 459.46 องศาเซลเซียส และถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนมีค่า 461.92 องศาเซลเซียส จากเปลือกมังคุดมีค่า 354.00 องศาเซลเซียส เวลาในการเผาไหม้และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง พบว่าชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนมีระยะเวลาในการเผาไหม้นานกว่าและมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติเชิงกลของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง

สมบัติเชิงกล	ชีวมวลอัดแท่ง		ถ่านชีวมวลอัดแท่ง	
	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด
1. ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	0.62±0.01	0.47±0.02	0.48±0.01	0.43±0.02
2. ดัชนีการแตกร่วน	0.99±0.01	0.86±0.14	0.23±0.13	0.31±0.07
3. เวลาในการเผาไหม้ (นาที)	127.67±15.37	75.33±6.03	100.00±10.54	78.34±8.08
4. การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	0.10±0.01	0.16±0.01	0.10±0.02	0.16±0.02

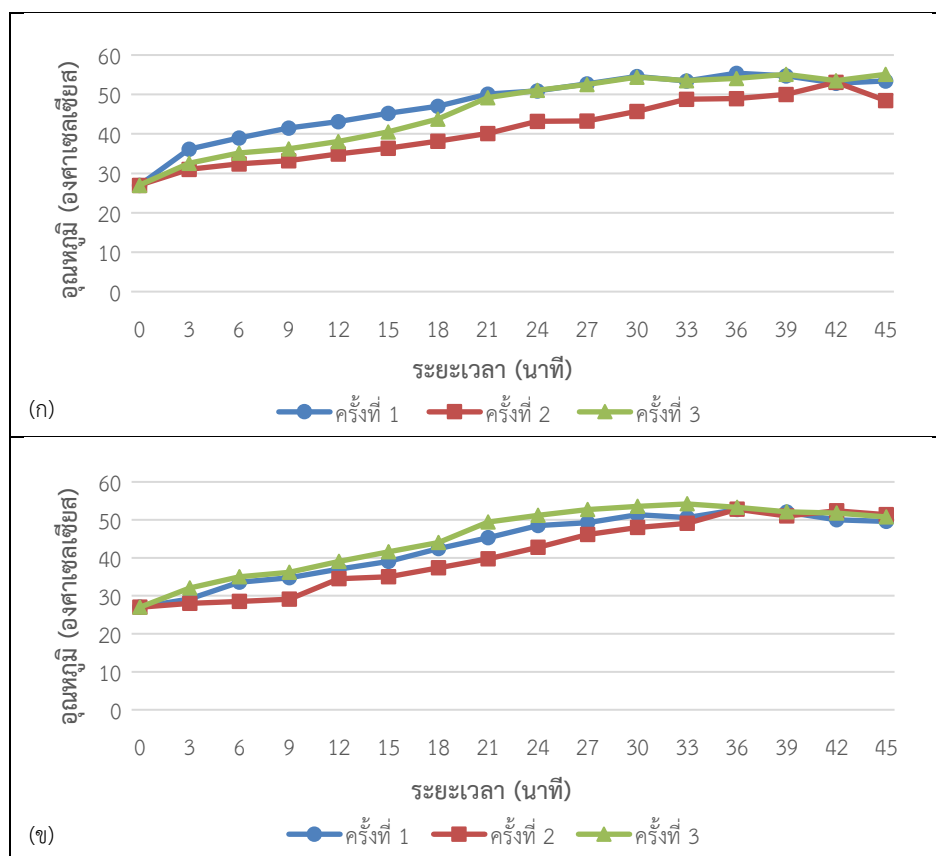
หมายเหตุ: - ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)

ผลการทดสอบหาค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำของชีวมวลอัดแท่ง โดยจากการทดสอบ 3 ครั้ง (ตารางที่ 3) พบว่าชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย 54.53 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุดที่เวลา 39.00 นาที ดังภาพที่ 5 (ก) ส่วนชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดทำให้น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย 53.23 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุดที่เวลา 35.00 นาที ดังภาพที่ 5 (ข)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ และเวลาที่อุณหภูมิของน้ำสูงสุดจากชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่ง

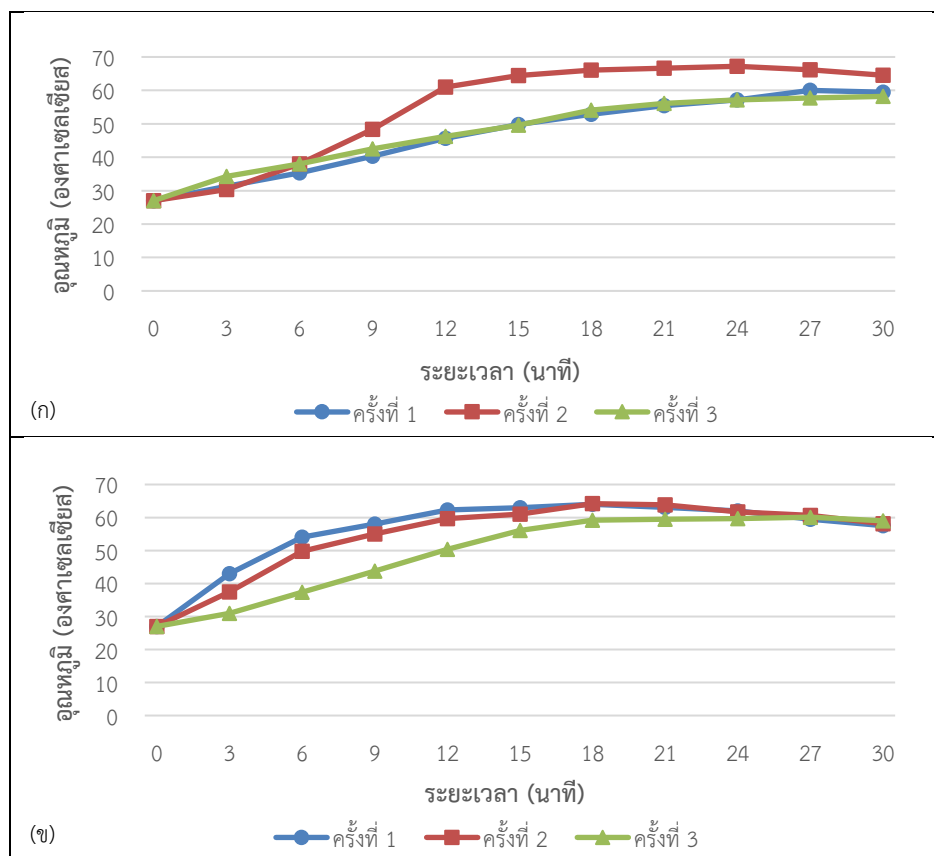
อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำ	ชีวมวลอัดแท่ง		ถ่านชีวมวลอัดแท่ง	
	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด	เปลือกกระท้อน	เปลือกมังคุด
ค่าอุณหภูมิสูงสุดของน้ำ (องศาเซลเซียส)	54.53±1.25	53.23±0.84	61.80±4.67	62.77±2.31
เวลาที่อุณหภูมิของน้ำสูงสุด (นาที)	39.00±3.00	35.00±1.73	27.00±3.00	21.00±5.20

หมายเหตุ: - ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±SD)



ภาพที่ 5 การเพิ่มอุณหภูมิน้ำจากการเผาไหม้ของชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อน (ก) และจากเปลือกมังคุด (ข)

การทดสอบหาค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำของถ่านชีวมวลอัดแท่ง (ตารางที่ 3) พบว่าถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดทำให้น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย 62.77 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุดที่เวลา 21.00 นาที ดังภาพที่ 6 (ก) ส่วนถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อนทำให้น้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย 61.80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของน้ำมีค่าสูงสุดที่เวลา 27.00 นาที ดังภาพที่ 6 (ข) จากผลการทดสอบหาค่าเฉลี่ยอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำและเวลาที่อุณหภูมิของน้ำสูงสุด ถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดมีค่าอุณหภูมิสูงสุดของน้ำมากกว่า และใช้ระยะเวลาที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำถึงจุดสูงสุดน้อยกว่าถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อน



ภาพที่ 6 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิน้ำจากการเผาไหม้ของถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกกระท้อน (ก) และจากเปลือกมังคุด (ข)

การอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านอัดชีวมวลแท่งที่ได้จากเปลือกกระท้อนและเปลือกมังคุด พบว่าเชื้อเพลิงทั้งชีวมวลอัดแท่งและถ่านอัดชีวมวลแท่งจากเปลือกมังคุดมีค่าพลังงานความร้อนสูงกว่าจากเปลือกกระท้อน และสอดคล้องกับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี โดยปริมาณความชื้นจะส่งผลต่อคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง หากปริมาณความชื้นมีมากเกินไปอาจจะ

เกิดควันได้มากขณะติดไฟ และปริมาณคาร์บอนคงตัวส่งผลต่อระยะเวลาในการเผาไหม้ หากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะทำให้มีระยะเวลาในการเผาไหม้ได้ดีกว่า (กฤษฎา และนิลบล, 2563) สำหรับเชื้อเพลิงที่มีค่าความหนาแน่นมากเชื้อเพลิงจะแข็งแรงและค่าดัชนีการแตกร่วนมีผลต่อการทนแรงกระแทก หากมีค่าดัชนีการแตกร่วนมากจะทนแรงกระแทกได้ดีกว่า สำหรับค่าพลังงานความร้อนส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำให้น้ำมันอุณหภูมิเพิ่มขึ้นระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงหากมีระยะเวลาในการเผาไหม้มากกว่าจะสิ้นเปลืองการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยกว่า

สรุปผลการวิจัย

การนำวัสดุจากธรรมชาติมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสามารถลดปัญหาขยะในทางเกษตรและครัวเรือน จากการผลิตเชื้อเพลิงของชีวมวลอัดแท่งและถ่านชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกมังคุดและเปลือกกระท้อนจะมีข้อดีแตกต่างกันไป เปลือกมังคุดมีพลังงานความร้อนที่สูงกว่าเปลือกกระท้อนทำให้ระยะเวลาที่ทำให้มีอุณหภูมิสูงสุคน้อยกว่า เมื่อชีวมวลผ่านการเผาเป็นถ่านจะมีปริมาณสารระเหยน้อยกว่า เนื่องจากได้ผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชันทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง ระยะเวลาในการเผาไหม้ได้ดีกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง และเชื้อเพลิงประเภทนี้เหมาะสำหรับผลิตเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในครัวเรือน ชุมชน และเป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือกลาง คณะครุศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนเครื่องมือและห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ในการทำวิจัย จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา บุญชม และนิลบล ไชยสมปาน. (2563). การศึกษาถ่านอัดแท่งจากไม้ลำไย. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 13(2), 51-56.
- เตือนใจ ปิยัง อเนก สวະอินทร์ และนฤทธิ์ กล่อมพงษ์. (2561). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเศษเหลือในสวนปาล์มน้ำมันบ้านห้วยยูง จังหวัดกระบี่. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 10(5), 365-374.
- ธนาพล ดันติสตัยกุล สุริยา พงษ์เกษม ปรีย์ปวีณ ภูหญ้า และภาณุวัฒน์ ไถ่บ้านกวย. (2558). พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากทางมะพร้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 23(3), 418-431.
- ธเนศ ไชยชนะ จอมภพ แวศักดิ์ จตุพร แก้วอ่อน และอุษา อันทอง. (2557). สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 17(3), 29-36.

- นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร และครัวเรือน. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 6(11), 66-77.
- ลดาวัลย์ วัฒนะจีระ ณรงค์ศักดิ์ ลาปิ่น วิภาวดี ชัชวาล และอานันท์ ธีญญเจริญ. (2559). การพัฒนา ก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 39(2), 239-255.
- สุนันทา ช้องสาย. (2563). สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและความสามารถในการดูดซับของถ่าน กัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ในการผลิตไบจากมวนยาสูบ. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 39(1), 46-57.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง มผช. 238-2547*. กรุงเทพฯ.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2002). *Standard test method for moisture in the analysis sample of coal and coke: ASTM D3172-89*. Pennsylvania: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2011). *Standard test method for moisture in the analysis sample of coal and coke: ASTM D3173-11*. Pennsylvania: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2011). *Standard test method for moisture in the analysis sample of coal and coke: ASTM D3174-11*. Pennsylvania: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). (2011). *Standard test method for moisture in the analysis sample of coal and coke: ASTM D3175-11*. Pennsylvania: ASTM International.