

## การพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่งจากชีวมวลไม้ยางพาราและยูคาลิปตัส DEVELOPMENT OF A BIOMASS BRIQUETTE PRODUCTION SYSTEM FROM RUBBERWOOD AND EUCALYPTUS

กรณ สิทธีประภาพร\*, กมลวรรณ จิตจักร, ศรีมา แจ้คำ

Korn Sitthiprapaporn\*, Kamonwan Jitjack, Srima Jakhom

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี ประเทศไทย 20110

School of Engineering and Innovation, Rajamangala University of Technology Tawan-ok,

Si Racha, Chonburi, Thailand, 20110

\*Corresponding author e-mail: korn.sit@rmutto.ac.th

วันที่เข้าระบบ 28 สิงหาคม 2568

วันที่แก้ไขบทความ 26 ตุลาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 27 ตุลาคม 2568

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่งจากชีวมวล รวมถึงการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น จากการการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมในกิจการประเภทการเผาถ่านและสะสมถ่านจากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และใช้ข้อมูลศักยภาพชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน รวมถึงการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่จังหวัดชลบุรี จำนวน 2 ชนิดประกอบด้วยเศษไม้ยางพาราและเศษไม้ยูคาลิปตัส ถ่านอัดแท่งที่ได้นำมาประเมินคุณภาพทั้งทางกายภาพ ความชื้นและค่าความร้อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ระบบผลิตถ่านอัดแท่งที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย เครื่องบดย่อย เครื่องผสม และเครื่องอัดแท่งถ่านแบบเกลียวเย็น พร้อมหน่วยตัดอัตโนมัติ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่เครื่องบดย่อยและเครื่องผสม ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D 7582, D 5373 และ D 5865 พบว่า ถ่านอัดแท่งจากไม้ยูคาลิปตัส มีความชื้นร้อยละ 5.82 และให้ค่าความร้อน (LHV) 6,750 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนถ่านจากไม้ยางพารามีความชื้นร้อยละ 5.71 และให้ค่าความร้อน 6,760 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งค่าทั้งหมดเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งเฉลี่ยร้อยละ 33.12 สำหรับถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส และร้อยละ 33.73 สำหรับถ่านจากไม้ยางพารา ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นผงถ่านได้และมีศักยภาพในการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

**คำสำคัญ:** ถ่านอัดแท่งชีวมวล, ระบบผลิตถ่านอัดแท่ง, เศษไม้ยางพารา, เศษไม้ยูคาลิปตัส

### Abstract

The objective of this research was to develop a biomass briquette production system, including the design and installation of dust control equipment. The development was informed by a study on the health and environmental impacts of charcoal production and storage facilities, as reported by the Department of Health, Ministry of Public Health. Additionally, data on the biomass potential of agricultural residues suitable for renewable energy production were obtained from the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE). Two types of agricultural residues available in Chonburi Province: rubberwood and eucalyptus wood residues were selected as raw materials. The produced charcoal briquettes were evaluated for their physical characteristics, moisture content, and heating value in accordance with the Community Product Standard (CPS) for Charcoal Briquettes. The developed production system consists of a crushing machine, a mixing unit, and a cold screw briquetting machine equipped with an automatic cutting unit. The system is powered by a 3-horsepower electric motor and includes electrical control components as well as dust suppression devices installed at the crusher and mixer. The quality of the briquettes was analyzed through Proximate Analysis following ASTM D7582, D5373, and D5865 standards. The results revealed that eucalyptus briquettes had a moisture content of 5.82% and a lower heating value (LHV) of 6,750 kcal/kg, while rubberwood briquettes had a moisture content of 5.71% and an LHV of 6,760 kcal/kg. All measured parameters complied with the relevant standards. The average combustion efficiency of the briquettes was 33.12% for eucalyptus and 33.73% for rubberwood. The developed production system effectively reduced charcoal dust dispersion and demonstrated strong potential for commercial application.

**Keywords:** Biomass briquettes, Briquette production system, Rubberwood residues, Eucalyptus residues

### 1. บทนำ

การใช้พลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามการพัฒนาประเทศที่ขยายตัวมากขึ้น การสนับสนุนการใช้พลังงานทางเลือกเป็นไปตามแผนบูรณาการด้านพลังงานระยะเวลา 20 ปี ภายใต้แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2561–2580 (กรม

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563) โดยชีวมวลเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่ได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้มีการนำมาใช้มากยิ่งขึ้น โดยประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรรวมทั้งสิ้น 119.12 ล้านไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ส่งผลให้ประเทศไทยมีปริมาณชีวมวลเกิดขึ้นจำนวนมาก รวมทั้งมีชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรที่แปรผันโดยตรงกับปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ จากฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร 27 ชนิด พบว่ามีชีวมวลเหลือทิ้งที่ยังไม่ได้รับการนำมาใช้ประโยชน์และมีความศักยภาพในการนำไปใช้เป็นพลังงาน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 53.92 หรือประมาณ 159.80 ตันต่อปีของชีวมวลที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดังกล่าวจึงมีความศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล (Muhammad, 2022)

ชีวมวลส่วนที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร เช่น เหม้ามันสำปะหลัง ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย ตอและรากไม้ยางพารา มักไม่เป็นที่นิยมในการนำมาผลิตพลังงานชีวมวล เนื่องจากมีต้นทุนการรวบรวมและขนส่งที่สูง อย่างไรก็ตาม ชีวมวลเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ดีในการเป็นเชื้อเพลิง (Keerthana *et al.*, 2021) โดยสามารถให้ค่าพลังงานความร้อนสูง การนำชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงสามารถทำได้โดยการแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง (Prakash *et al.*, 2023) ซึ่งในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจำเป็นต้องปรับปรุงและพัฒนาเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการผลิตจากผงถ่านแต่ละชนิด เพื่อให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านอัดแท่ง ที่ต้องมีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 (ในสภาวะแห้ง) และค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ดังนั้นระบบการผลิตถ่านอัดแท่งจำเป็นต้องมีวัตถุดิบที่หลากหลายชนิดเพื่อให้สามารถดำเนินการผลิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานและเหมาะสมกับสภาพการทำงาน of เครื่องจักรแต่ละชนิด โดยต้องสามารถปรับตั้งค่าการทำงานให้มีประสิทธิภาพ คำนวณค่าต่อการลงทุน และสามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้ (Alberto *et al.*, 2023)

จากการศึกษาระบบการผลิตถ่านอัดแท่งในระดับชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชน พบว่ามีการเกิดฝุ่นผงจำนวนมากในกระบวนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการสะสมถ่าน การบดย่อย และการอัดแท่ง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในระบบการผลิตดังกล่าว ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และแนวทางการควบคุมกิจการที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทการเผาถ่านและการสะสมถ่านของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (กรมอนามัย, 2555) ซึ่งเป็นส่วนที่นำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่ง โดยการพัฒนาออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นถ่านในกระบวนการบดย่อยและผสมผงถ่าน รวมถึงการพัฒนาระบบตัดแต่งถ่านอัดโน้มัติให้สามารถควบคุมขนาดและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ พร้อมทั้งลดจำนวนผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตลง

การศึกษากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวลจึงเป็นการต่อยอดองค์ความรู้เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพทั้งในด้านกระบวนการและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร สร้างงานและรายได้ให้กับเกษตรกรในท้องถิ่น ตลอดจนสามารถต่อยอดเชิงพาณิชย์ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ นอกจากนี้ ยังมีส่วนช่วยลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม (Dziok & Penkala, 2020)

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวล

2.2 การประเมินคุณภาพถ่านอัดแท่งจากระบบผลิตตามมาตรฐานถ่านอัดแท่งชุมชน โดยใช้ไม้ยางพาราและไม้ยูคาลิปตัส

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

### 3.1 พัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่ง

การพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่ง เป็นการออกแบบที่เพิ่มอุปกรณ์ป้องกันมลพิษจากฝุ่นผงถ่านในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งจะมีฝุ่นจากกระบวนการบดและผสม โดยระบบแสดงดังรูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของการผลิตถ่านอัดแท่งคือ (ก) เครื่องบดถ่าน (ข) เครื่องผสม และ (ค) เครื่องอัดแท่งถ่าน



(ก)

(ข)

(ค)

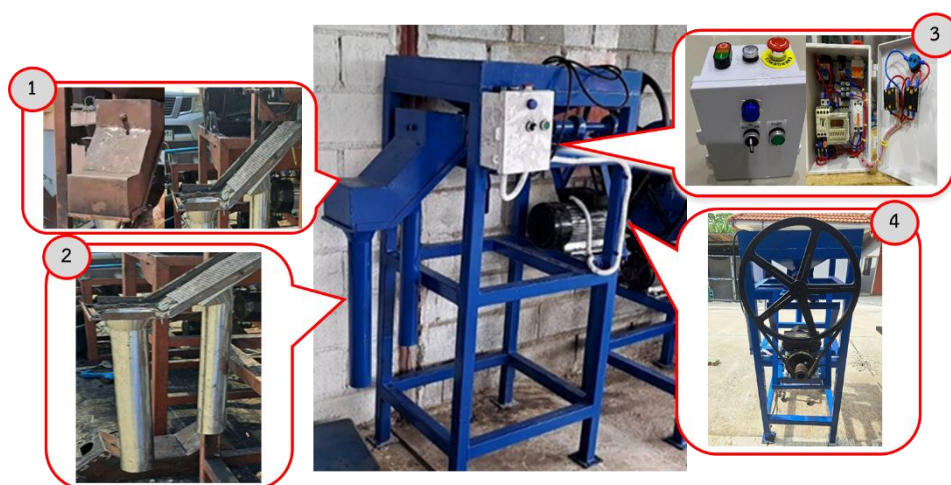
ภาพที่ 3.1 ระบบผลิตถ่านอัดแท่งชีวมวล

(ก) เครื่องบดถ่าน (ข) เครื่องผสม (ค) เครื่องอัดแท่งถ่าน

การควบคุมระบบจะใช้หลักการเดียวกันทั้ง 3 เครื่อง คือ มีสวิตช์แบบควบคุมด้วยมือ หรือสามารถปิดและเปิดเครื่องโดยผู้ใช้ มีสวิตช์แบบอัตโนมัติที่สามารถตั้งเวลาเปิดและปิดได้ และมีระบบปิดฉุกเฉิน (Emergency Stop) สำหรับกรณีที่ต้องการหยุดเครื่องทันที ซึ่งมีรายละเอียดของการพัฒนาแต่ละเครื่องดังนี้

### 3.1.1 การพัฒนาเครื่องบดย่อย

ประกอบด้วย ชุดส่งกำลัง มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ความเร็วรอบของต้นกำลังเท่ากับ 1,475 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุดที่ 14.48 N.m (ชนัท และจักรกฤษ, 2561) มีตะแกรงขนาด 3 มิลลิเมตรสำหรับแยกผงถ่านที่ไม่ได้ขนาดและนำกลับไปบดย่อยใหม่ได้ (สมโภชน์ และกิตติพงษ์, 2554) ในส่วนการแยกขนาดของผงถ่านนี้จะมีฝาครอบปิดป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นผงถ่านขณะไหลผ่านตะแกรง แล้วผงถ่านที่ได้ขนาดจะต่อมายังท่อส่งผงถ่าน และเก็บใส่ถุงเก็บสำหรับนำไปสู่กระบวนการผสมในเครื่องผสมถ่าน ส่วนที่มีขนาดใหญ่จะถูกแยกตกไปใส่ท่ออีกส่วนหนึ่งไหลลงถุงเพื่อกลับไปบดใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.2

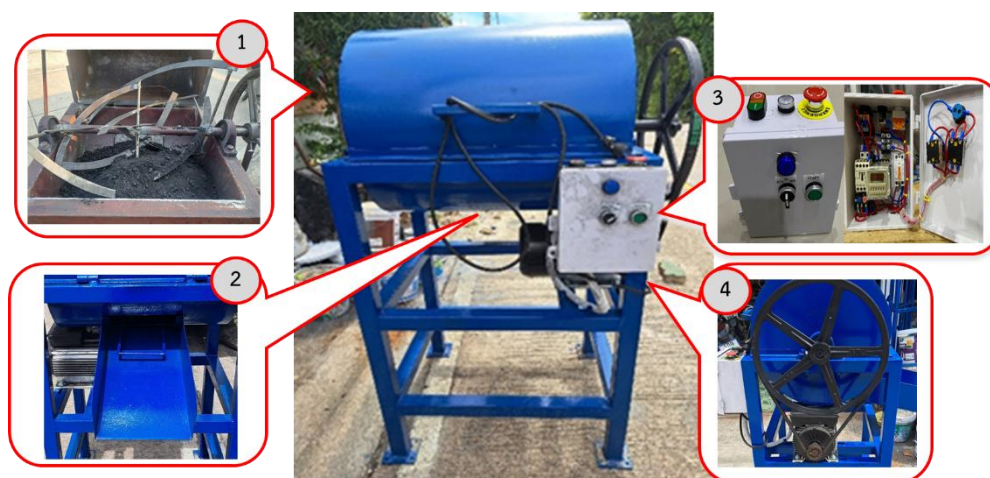


ภาพที่ 3.2 เครื่องบดย่อย

- (1) ฝาครอบป้องกันผงถ่านฟุ้งกระจายภายในมีตะแกรงแยกขนาด 3 มิลลิเมตร
- (2) ท่อแยกขนาดผงถ่านไม่เกิน 3 มิลลิเมตรและเกิน 3 มิลลิเมตร
- (3) ชุดควบคุมการปิด-เปิดแบบตั้งเวลาและปิด-เปิดด้วยผู้ใช้งาน
- (4) ชุดต้นกำลังประกอบด้วยมอเตอร์สายพานและเพลาลูกเบี้ยว

### 3.1.2 การพัฒนาเครื่องผสม

ประกอบด้วย ชุดส่งกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัยขนาด 3 แรงม้า ซึ่งมีความเร็วรอบของต้นกำลังเท่ากับ 1,475 รอบต่อนาที ส่งกำลังผ่านลิ้มผ่านสายพานส่งกำลังไปยังเพลาลม (สมโภชน์ และกิตติพงษ์, 2554) ซึ่งที่เพลาลมได้ทำการติดตั้งใบกวนแนวนอนเพื่อใช้ในการผสมวัตถุดิบ ในการพัฒนาเครื่องผสมเป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน (อกนิษฐ์ และคณะ, 2557) โดยจะมีฝาครอบด้านบนป้องกันการฟุ้งกระจายของผงถ่านขณะทำการผสม ด้านล่างของเครื่องผสมจะมีช่องรับของผงถ่านที่ผสมแล้วและมีประตูเปิด-ปิดด้านล่างเครื่องผสม



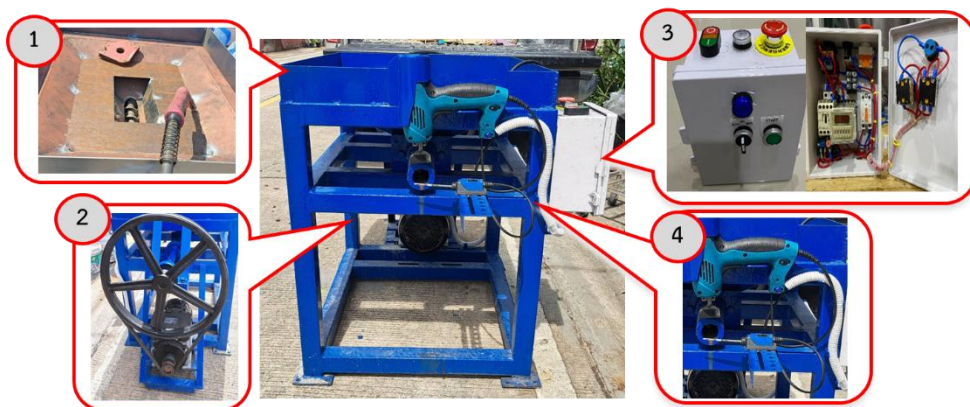
ภาพที่ 3.3 เครื่องผสม

- (1) ใบกวนพร้อมฝาครอบป้องกันการฟุ้งกระจาย (2) ช่องเปิด-ปิดสำหรับขนถ่ายผงถ่านที่ผสมแล้ว  
(3) ชุดควบคุมการเปิด-ปิดแบบตั้งเวลาและเปิด-ปิดด้วยผู้ใช้งาน  
(4) ชุดต้นกำลังประกอบด้วยมอเตอร์สายพานและเพลาลม

### 3.1.3 การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านพร้อมตัวตัดอัตโนมัติ

เป็นเครื่องอัดแท่งถ่านแบบอัดเกลียวเย็น ประกอบด้วย ส่วนต้นกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 1 เฟส มีสายพานและเพลาลมเป็นตัวส่งกำลัง ซึ่งมีความเร็วรอบของต้นกำลังเท่ากับ 1,475 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุดที่ 14.48 นิวตัน-เมตร (พงษ์ศักดิ์, 2559) มีระบบควบคุมอุปกรณ์ทำหน้าที่ตัดถ่านอัดแท่งที่ออกจากเครื่องอัดถ่านตามความยาวที่ต้องการ โดยประยุกต์จากปืนยิงตะปูไฟฟ้าแล้วทำการเปลี่ยนลิ้นกระแทกเป็นใบมีดตัดถ่าน และทำการติดตั้งลิมิตสวิตช์ เพื่อทำหน้าที่สั่งให้เครื่องตัดถ่านอัดแท่งตัดตามขนาดที่ต้องการ โดยติดตั้งเข้ากับตัวเครื่องอัดถ่านแท่งบริเวณปลายของกระบอกอัดของแม่พิมพ์ ถ่านแท่งที่ผ่านกระบวนการอัดจะไหลออกจากแม่พิมพ์มายังตำแหน่งที่ตั้งเครื่องตัด

โดยมีลิมิตสวิทช์จะตรวจจับความยาวของถ่านอัดแท่งซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความยาวตามที่ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 3.4

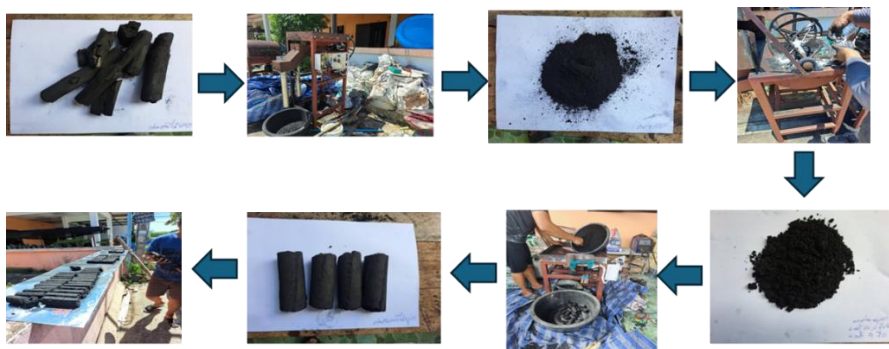


ภาพที่ 3.4 เครื่องอัดแท่งถ่านพร้อมตัวตัดอัตโนมัติ

- (1) ถ่านใส่ผงถ่านที่ผสมแล้ว (2) ชุดต้นกำลัง (3) ชุดควบคุมเปิด-ปิดอัตโนมัติและผู้ใช้เปิด-ปิด  
(4) ชุดตัดถ่านอัดแท่งอัตโนมัติ

### 3.2 การทดสอบระบบผลิตถ่านอัดแท่ง

การทดสอบระบบผลิตถ่านอัดแท่ง จะใช้ถ่านจากถ่านเศษไม้ยางพาราและเศษไม้ยูคาลิปตัส ที่มีขนาดเล็กจากพื้นที่จังหวัดชลบุรี นำไปบดในเครื่องบดย่อยถ่าน ให้มีขนาดผงถ่านไม่เกิน 3 มิลลิเมตร แล้วนำเข้าเครื่องผสม ซึ่งประกอบด้วยผงถ่าน สารยึดติดซึ่งในการทดลองนี้ใช้แป้งมันสำปะหลังและน้ำ (Bhattacharya & Shreatha, 1990) โดยมีอัตราส่วน ผงถ่าน 10 กิโลกรัมต่อแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 0.4 ลิตร (อนุสรฯ และคณะ, 2562) จนเข้ากันดี แล้วนำเข้าเครื่องอัดแท่งถ่านพร้อมตัวตัดอัตโนมัติ โดยตั้งค่าความยาวที่ 15 เซนติเมตร และนำเข้าถ่านอัดแท่งที่ได้ตากแดดเป็นเวลา 1 วันหรือจนกว่าจะแห้ง แสดงกระบวนการทดลองดังภาพที่ 3.5 โดยทำการทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจำนวน 3 ซ้ำในแต่ละชนิดถ่าน



ภาพที่ 3.5 กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

### 3.3 การวิเคราะห์คุณภาพถ่านอัดแท่ง

วิเคราะห์คุณภาพของถ่านอัดแท่ง โดยพิจารณาจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547 ก: 1-3) ที่ระบุลักษณะทั่วไป ถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง สำหรับการใช้งาน เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ด ไม่มีควันและกลิ่น

การทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis) ด้วยมาตรฐานการทดสอบ ASTM D7582 ASTM D5373 ASTM D5865 นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้จากเศษไม้ยางพาราและเศษไม้ยูคาลิปตัสในพื้นที่จังหวัดชลบุรี อย่างละ 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 กิโลกรัม ซึ่งบรรจุในภาชนะที่สะอาดและแห้ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ส่งตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง ตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

### 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง

การทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของถ่านอัดแท่งเป็นการทดสอบในสภาพการใช้งานปกติ โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิห้อง ความชื้นบรรยากาศ ไม่มีลมพัด หรือเป็นการใช้งานปกติที่ใช้ในการหุงต้มทั่วไป และสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของตัวอย่าง โดยใช้สมการที่ 3.1 (ธารินี, 2548; Ballard & Jawurek, 1996)

$$\eta = \frac{MC(T_e - T_i) + (M_{evap}L)}{M_{comb}LCV} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ

$\eta$  = ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง (%)

$M$  = มวลของน้ำ เริ่มต้นก่อนต้มน้ำ (g)

$C$  = ความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.178 J/g °C)

$T_e$  = อุณหภูมิที่น้ำเดือดในหม้อ (°C)

$T_i$  = อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในหม้อ (°C)

$M_{evap}$  = น้ำหนักของไอน้ำ Mass of evaporated water (g)

$L$  = ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ (2260 J/g)

$M_{comb}$  = มวลของเชื้อเพลิง (g)

$LCV$  = ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง (J/g)

วิธีการทดลองคือ นำถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราจำนวน 250 กรัมติดไฟในเตาถ่านด้วย ปืนยิงแก๊สจนไฟแดงทุกก้อน จากนั้นนำหม้ออลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝาปิด ใส่ น้ำสะอาด 2,000 กรัม ตั้งบนเตาถ่านที่ติดไฟและทำการวัดอุณหภูมิของน้ำหรือเทอร์โมมิเตอร์ บันทึกค่าไว้ทุกๆ 5 นาที จน น้ำในหม้อเดือด และทำการทดสอบ 3 ครั้งและบันทึกผล ทำการทดลองถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ยูคาลิปตัสเช่นเดียวกับถ่านอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพารา นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ตามสมการ ที่ 3.1 แล้วหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงเฉลี่ย



ภาพที่ 3.6 การทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน

#### 4. ผลการวิจัย

##### 4.1 ผลการพัฒนาระบบผลิตถ่านอัด

จากการพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งประกอบด้วย เครื่องบดย่อย เครื่องผสม และ เครื่องอัดแท่งถ่าน พบว่าสามารถลดปริมาณการฟุ้งกระจายของฝุ่นผงถ่านได้ โดยสังเกตจากปริมาณ ฝุ่นลดลงในกระบวนการผลิต และพบว่าฝุ่นผงเกาะติดบริเวณฝาครอบของเครื่องบดย่อย และเครื่องผสมอยู่เป็นจำนวนมาก ในการพัฒนาเครื่องบดย่อย สามารถแยกถ่านที่บดแล้วขนาดใหญ่ นำกลับไป บดใหม่ได้ ทำให้มีปริมาณการสูญเสียของถ่านไม้่น้อยลง เครื่องอัดแท่งถ่านสามารถอัดแท่งได้ขนาด รูปทรง ความยาว ตามที่กำหนดได้ ระบบควบคุมการปิดเปิดพร้อมระบบฉุกเฉินในระหว่างการทำงาน สามารถหยุดการทำงานได้ทันทีเมื่อเกิดความขัดข้องในระบบ



ภาพที่ 4.1 ฝุ่นผงเกาะติดบริเวณฝาครอบของเครื่องผสม

## 4.2 ผลการทดสอบถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้

พิจารณา 2 ส่วนคือ ผลการทดสอบทางกายภาพ ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis) โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 4.2.1 ผลการทดสอบทางกายภาพ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547 ก: 1-3) พบว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัสและไม้ยางพารา รูปทรงถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกันคือเป็นรูป 6 เหลี่ยม ความยาว 15 เซนติเมตร มีสีดำสม่ำเสมอไม่เปราะ และเมื่อทำการตีไฟไม่มีสะเก็ด ไม่มีควันและกลิ่น ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ถ่านอัดแท่งที่ได้ทดลอง ผลได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง ในหมวดลักษณะทั่วไป ดังนี้

| ถ่านอัดแท่งชีวมวล | รูปทรงและขนาด                      | สีและความเปราะ | การตีไฟ     | ควันและกลิ่น      |
|-------------------|------------------------------------|----------------|-------------|-------------------|
| เศษไม้ยูคาลิปตัส  | รูป 6 เหลี่ยม ความยาว 15 เซนติเมตร | ดำ ไม่เปราะ    | ไม่มีสะเก็ด | ไม่มีควันและกลิ่น |
| สภาพแห้ง          |                                    | -              |             |                   |
| เศษไม้ยางพารา     | รูป 6 เหลี่ยม ความยาว 15 เซนติเมตร | ดำ ไม่เปราะ    | ไม่มีสะเก็ด | ไม่มีควันและกลิ่น |
| สภาพแห้ง          |                                    | -              |             |                   |

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2547 ก: 1-3



(1)

(2)

**ภาพที่ 4.2** ถ่านจากกระบวนการผลิต

(1) ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัส (2) ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราที่ได้

ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis) โดยทำการส่งตัวอย่างไปทดสอบ ณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาด และสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis)

| ถ่านอัดแท่ง   | สถานะ     | ความชื้น         | สารระเหย         | คาร์บอน                | เถ้า              | HHV                   | LHV                   |
|---------------|-----------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| ชีวมวล        |           | ร้อยละโดยน้ำหนัก | ร้อยละโดยน้ำหนัก | คงตัว ร้อยละโดยน้ำหนัก | ร้อยละ โดยน้ำหนัก | กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม | กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม |
| เศษไม้ยูคา    | สภาพนำส่ง | 5.82             | 31.31            | 58.50                  | 4.37              | 6,560                 | 6,360                 |
|               | สภาพแห้ง  | -                | 33.24            | 62.12                  | 4.64              | 6,970                 | 6,750                 |
| เศษไม้ยางพารา | สภาพนำส่ง | 5.71             | 29.83            | 59.77                  | 4.69              | 6,580                 | 6,380                 |
|               | สภาพแห้ง  | -                | 31.64            | 63.38                  | 4.98              | 6,980                 | 6,760                 |

**ที่มา:** รายงานผลการทดสอบและวิเคราะห์ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราและถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคา ลิปิตส์ วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ.2566 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

ผลการทดสอบ ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัสและถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพารา พบว่า ปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 5.82 และ 5.71 ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547 ก: 1-3) ซึ่งกำหนดคือไม่เกินร้อยละ 8 และค่าความร้อนอยู่ที่ 6,360 และ 6,380 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง ซึ่งกำหนดไม่น้อยกว่า 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547) ก: 1-3 กำหนด และสอดคล้องกับบทความวิชาการ กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา (วิชุดา ภาโสสม และ แพร ตะวัน จารุตัน, 2504) และ ถ่านอัดก้อนจากไม้ยูคาลิปตัส (ปรีชา เกียรติกระจาย, พิเศษฐ์ เหล่าไทย และสันทนต์ แสงกุล, 1994) ทั้งนี้ร้อยละปริมาณความชื้นและค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราและเศษไม้ยูคาลิปตัส อยู่ในค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง

#### 4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่ง



นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ตามสมการที่ 3.1 แล้วหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงเฉลี่ย พบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางความร้อน

| ถ่านอัดแท่ง | ครั้งที่ | ปริมาณน้ำ<br>ก่อนต้ม | ปริมาณ<br>น้ำหลังต้ม | อุณหภูมิน้ำ<br>ก่อนต้ม | อุณหภูมิน้ำ<br>หลังต้ม | ร้อยละประสิทธิภาพ<br>ทางการใช้งาน |
|-------------|----------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| เศษไม้      | 1        | 2,000.00             | 1,577.00             | 29.00                  | 97.00                  | 33.65                             |
| ยางพารา     | 2        | 2,000.00             | 1,583.00             | 30.00                  | 98.00                  | 33.65                             |
|             | 3        | 2,000.00             | 1,548.00             | 29.00                  | 97.50                  | 33.90                             |
| เฉลี่ย      |          | 2,000.00             | 1,569.33             | 29.33                  | 97.50                  | 33.73                             |
| เศษไม้      | 1        | 2,000.00             | 1,585.00             | 30.00                  | 97.00                  | 33.20                             |
| ยูคาลิปตัส  | 2        | 2,000.00             | 1,589.00             | 31.50                  | 97.00                  | 32.46                             |
|             | 3        | 2,000.00             | 1,580.00             | 29.00                  | 97.00                  | 33.70                             |
| เฉลี่ย      |          | 2,000.00             | 1,568.00             | 30.17                  | 97.00                  | 33.12                             |

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราเฉลี่ย ร้อยละ 33.73 และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัสเฉลี่ย ร้อยละ 33.12 ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพทางความร้อนจากการทดสอบของถ่านอัดแท่งทั้ง 2 ชนิดให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูง

## 5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่งซึ่งประกอบด้วยเครื่องบดย่อย เครื่องผสม และเครื่องอัดแท่ง ถ่าน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 3 แรงม้า เป็นต้นกำลัง และใช้สายพานเป็นตัวทดกำลัง พร้อมระบบควบคุมไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่น รวมถึงระบบตัดแท่งถ่านแบบอัตโนมัติ พบว่าสามารถดำเนินการผลิตถ่านอัดแท่งที่มีรูปทรงเดียวกัน สีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ เมื่อใช้งานไม่มีสะเก็ด ควันและกลิ่น ขนาดและรูปทรงที่ต้องการ ที่สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547) การทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัสและเศษไม้ยางพาราโดยใช้อัตราส่วนผสม ผงถ่าน 10 กิโลกรัม ต่อแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 0.4 ลิตร พบว่าถ่านอัดแท่งที่ได้มีลักษณะทางกายภาพดี ให้ความร้อนดีและสม่ำเสมอ (อนุสรฯ และคณะ, 2562) เหมาะสมต่อการใช้งานทั่วไปและเชิงพาณิชย์ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางความร้อนพบว่า ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัสและเศษไม้ยางพารามีค่าประสิทธิภาพ

การใช้งานเฉลี่ยที่ร้อยละ 33.12 และร้อยละ 33.73 ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate analysis) โดยณ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราและถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยูคาลิปตัส มีค่าความชื้นร้อยละ 5.71 และ 5.82 โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 6,760 และ 6,750 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547) เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติ ทั้งความชื้นและค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน เนื่องจากความหนาแน่น ลิกนิน (Lignin) และปริมาณคาร์บอนคงเหลือของเศษไม้ทั้งสองชนิดไม่เท่ากัน สอดคล้องกับรายงานของ Jegatheswaran *et al.* (2015) โดยสรุป ระบบผลิตถ่านอัดแท่งที่พัฒนาขึ้น สามารถผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ยางพาราและเศษไม้ยูคาลิปตัสได้ทั้งด้านกายภาพ ค่าความชื้นและค่าความร้อนที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและสอดคล้องกับงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

## 6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการต่อยอดการพัฒนาระบบผลิตถ่านอัดแท่งเพิ่มเติม อาทิเช่น การวัดผลทางมลพิษที่เกิดจากฝุ่นเสียง เป็นต้น สำหรับการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ และการลดต้นทุนในการผลิตจากการทดสอบและวิเคราะห์สมรรถนะของระบบผลิตถ่านอัดแท่ง รวมถึงการทดสอบกับเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นที่ปลูกในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการนำมาเป็นถ่านอัดแท่งเพิ่มเติม เช่น ยอดและใบอ้อย ยอดและใบมันสำปะหลัง เป็นต้น (นิชาภา และคณะ, 2566)

## 7. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). **รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย.**

กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2564). **Farmer Map อ้างอิงฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกร 2564.**

กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2555). **คู่มือวิชาการเรื่องแนวทางการประกอบกิจการที่เป็น**

**อันตรายต่อสุขภาพประเภทการเผาถ่านหรือการสะสมถ่าน.** กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข.

ธนัท สุธิมาลย์, และจักรกฤษ พอดิ. (2561). **การออกแบบและสร้างเครื่องบดย่อยไม้.** (ปริญญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ธารินี มหายศนันท์. (2548). **การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน.** (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- นิชาภา รัศมี, จิรวรรณ สิตรานนท์, กมลวรรณ จิตจักร, และศรีมา แจ้คำ. (2560). การศึกษาศักยภาพ  
ชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรในเขตพื้นที่จังหวัดชลบุรี. **วารสารวิชาการเทคโนโลยี  
อุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 5(1), 59–72.
- พงษ์ศักดิ์ อยู่มน. (2559). การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีว  
มวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟชุมชนและการหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง  
จากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราช  
ภัฏลำปาง**, 9(1), 34–48.
- ปรีชา เกียรติกระจาย, พิเศษฐ์ เหล่าไทย, และสันหัตถ์ แสงกุล. (2537). ถ่านอัดก้อนจากไม้ยูคาลิปตัส.  
**วารสารวนศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**, 13, 38–49.
- สมโภชน์ สุตาจันทร์, และกิตติพงษ์ ลาอุณ. (2554). การศึกษาและพัฒนาเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจาก  
แ้วมันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก. (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยขอนแก่น,  
ขอนแก่น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. (2547). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์  
ชุมชนถ่านอัดแท่ง**. ค้นจาก [http://www.tisi.go.th/otop/pdf\\_file/tcps23847.pdf](http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps23847.pdf)
- สำนักงานมัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2555). **คู่มือวิชาการเรื่องแนวทางการ  
ประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทการเผาถ่านหรือการสะสมถ่าน**.  
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- วิชุดา ภาโสม, และแพรวตะวัน จารุตัน. (2524). กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวน  
ยางพาราและการถ่ายทอดผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก. **วารสารวิทยาศาสตร์  
วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย**, 4(1), 28–43.
- อนุสร งามเลิศ, เขมนิจจารีย์ สาริพันธ์, และประนิตดา เพ็งจิว. (2562). ชนิดของตัวประสานที่  
เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัส. **วารสารวิชาการเทพสตรี**, 14(2), 86–  
97.
- อกนิษฐ์ อ่อนธานี, บัญชา มังคลาด, และอัมพล พลิกศรี. (2557). **การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์  
ขนาด 50 กิโลกรัม (ระยะที่ 2)**. (ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัย  
นเรศวร, พิษณุโลก.
- Baltrocchi, A.P.D., Ferronato, N., Mendoza, I.J.C., Portillo, M.A.G., Romagnoli, F., &  
Torretta, V. (2023). Socio-economic analysis of waste-based briquettes  
production and consumption in Bolivia. **Elsevier Journal**, 23, 191–201.
- Bhattacharya, S.C., & Shreatha, R.M. (1990). **Biocoal technology and economics**.  
Bangkok: Asian Institute of Technology.

- Dziok, T., & Penkala, K. (2020). The possibility of reducing emissions from households by using coal briquettes. **Energy and Environmental Studies**, 23(3), 55–77.
- Ratnasingam, J., Ramasamy, G., Lim, T.W., Senin, A.L., & Muttiah, N. (2015). The prospects of rubberwood biomass energy production in Malaysia. **BioResources**, 10(2), 2506–2548.
- Keerthana, K., Chitra, R., & Afrin, M. (2021). A review on global charcoal types and production methods. *International Journal of Advanced Research in Engineering, Science and Management (IJARESM)*, 9(12), 51–56.
- Saleem, M. (2022). Possibility of utilizing agricultural biomass as a renewable and sustainable future energy source. **CellPress Journal**, 8, 1–11.
- Sarangi, P.K., Subudhi, S., Bhatia, L., Saha, K., Mudgil, D., Shadangi, K.P., Srivastava, R.K., Pattnaik, B., & Arya, R.K. (2023). Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy. **Environmental Science and Pollution Research**, 30, 8526–8539.