

การศึกษาการคาร์บอนในเข้ชั้นของเปลือกมะพร้าวอ่อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควัน

A STUDY ON THE CARBONIZATION OF YOUNG COCONUT HUSKS WASTE USING A SMOKELESS CHARCOAL KILN

จิรพันธ์ โชติรัตน์ศักดิ์^{1,*}, ธราพงษ์ วิทิตสานต์², ณัฐหทัย ชื่นบาน¹, ชานอน เชิดชูวงศ์ธนากร¹,
ภุริทัต อยู่สบาย³ และ จารู นาทกรณกุล¹

Jiraphan Chotiratanasak^{1,*}, Tharapong Vitidsant², Nuthathai Chuenban¹,
Chanon Chertchuwongtanakorn¹, Phurithat Yoosabai³ and Jaru Natakaranakul¹

¹ บริษัท อี-สแควร์ กรีน อินโนเวชั่น จำกัด

² ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ กองกลาง สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

¹ E-Square Green Innovation Co., Ltd.

² Department of Chemical Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

³ General Affaira Division, Office of President, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

Received: 18 July 2024

Revised: 30 August 2024

Accepted: 30 August 2024

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกมะพร้าวน้ำหอมที่ทำการตกแต่งผลแล้วจำนวนมากกว่า 600 ล้านผลต่อปี ซึ่งกระบวนการตัดแต่งผลมะพร้าวน้ำหอมส่งผลให้เกิดเปลือกมะพร้าวน้ำหอมเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก คิดเป็นเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้ง 600,000 ตันต่อปี ส่งผลให้เกิดปัญหาในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาการคาร์บอนในเข้ชั้นเปลือกมะพร้าวอ่อนโดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควัน เพื่อผลิตเป็นถ่านชีวภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบการคาร์บอนในเข้ชั้น และคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากชีวมวลต่างชนิดกัน ได้แก่ เปลือกมะพร้าวน้ำหอม เหง้ามันสำปะหลัง ไม้ไผ่ และ ไม้กระถินยักษ์ โดยผลการทดลองพบว่า เปลือกมะพร้าวอ่อนได้ร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเข้ชั้นเฉลี่ย

* Corresponding author: ดร.จิรพันธ์ โชติรัตน์ศักดิ์

E-mail: jiraphan.chotiratanasak@gmail.com

ร้อยละ 35.72 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการคาร์บอนเซชันชีวมวลชนิดอื่น รวมถึงคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากชีวมวลต่างชนิดกัน พบว่า เปลือกมะพร้าว น้ำหอม มีคุณสมบัติของถ่านชีวภาพใกล้เคียงกับถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ซึ่งเป็นชีวมวลที่ได้รับความนิยมในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงในการคาร์บอนเซชัน โดยใช้เชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ ชีวมวล และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว พบว่า การใช้เชื้อเพลิงทั้งสองชนิดส่งผลต่อร้อยละผลได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิตถ่านชีวภาพ โดย น้ำมันเครื่องใช้แล้วมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

คำสำคัญ: ถ่านชีวภาพ, เปลือกมะพร้าว น้ำหอม, คาร์บอนเซชัน, เตาเผาถ่านไร้ควัน

Abstract

Currently, Thailand produces and exports over 600 million young coconuts annually. The trimming process of these young coconuts generates a substantial amount of coconut husks as waste which amounts to 600,000 tons of coconut husks per year. In this research, the carbonization of young coconut husks using a smokeless charcoal kiln to produce biochar was investigated. The study aimed to compare the carbonization process and properties of biochar derived from different biomass types, including coconut husks, cassava rhizomes, bamboo, and Leucaena. The results indicated that the average yield of biochar from coconut husks was 35.72% by weight. The comparing results of carbonization from various biomass types and the properties of biochar qualities, it was found that biochar from young coconut husks exhibited similar characteristics to biochar produced from bamboo, a commonly used biomass for charcoal production. In addition, a comparative study was conducted on the use of fuels in carbonization using two different types of fuels: biomass and used engine oil. The findings indicate that while the choice of fuel did not significantly influence the yield percentage of biochar, it did have a notable impact on production costs.

Specifically, the use of used engine oil resulted in higher production costs compared to biomass.

Keywords: Biochar, coconut husks, carbonization, smokeless charcoal kiln

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยในปี พ.ศ. 2566 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นทำสถิติสูงสุดตามที่เคยมีการจดบันทึกและมีการคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2567 อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนไปใช้พลังงานสะอาด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และพลังงานจากชีวมวล เป็นวิธีการสำคัญที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และช่วยรักษาเสถียรภาพของสภาพภูมิอากาศให้คงที่ (National Aeronautics and Space Administration, 2024; Morgan, 2024)

เนื่องจากประเทศไทยมีการทำการเกษตร และอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ปัจจุบันการจัดการของเหลือทิ้งทางการเกษตร มักจะใช้วิธีการเผาไหม้กลางแจ้ง ซึ่งเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นอนุภาคขนาดเล็ก อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น การแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดการเผาไหม้ และยังเป็นวิธีการที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยถ่านชีวภาพเป็นวัสดุที่ได้จากการสลายตัวทางเคมีของชีวมวลหรือของเหลือทิ้งทางการเกษตรผ่านกระบวนการ เช่น ไพโรไลซิส ก๊าซซิพิเคชัน หรือคาร์บอนเซชัน ถ่านชีวภาพมีประโยชน์หลากหลาย สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง บำบัดน้ำและดินจากมลพิษต่าง ๆ รวมถึงกักเก็บคาร์บอนในดิน ซึ่งช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ นอกจากนี้ ถ่านชีวภาพยังช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน โดยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำและธาตุอาหารสำหรับพืช เนื่องจากมีพื้นที่ผิวและรูพรุนสูง (Malyan et al., 2021; Kant Bhatia et al., 2021; ประภา ธารเนตร และคณะ, 2565; กรรณก โภทล และคณะ, 2566) จากการศึกษาการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิง พบว่าการแปรรูปของเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงมีต้นทุนและ

กระบวนการผลิตที่ต่ำกว่าการแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพ อย่างไรก็ตาม การแปรรูปของเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงนั้นให้ค่าความร้อนต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการแปรรูปเป็นถ่านชีวภาพ (กนกพงษ์ ศรีเที่ยง, 2566; ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์ และคณะ, 2563) มีหลายงานวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาถ่านชีวภาพเพื่อนำไปเป็นวัสดุปรับปรุงดินและวัสดุกักเก็บคาร์บอนในดินเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก น้ำฝน ใจดี และคณะ (2566) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของถ่านชีวภาพจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการปรับปรุงดินกรด ผลการศึกษาพบว่า ถ่านชีวภาพจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีคุณสมบัติเป็นต่างจัด สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ อย่างไรก็ตาม การใช้ถ่านชีวภาพจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต้องใช้อัตราส่วนที่สูงกว่าและมีประสิทธิภาพน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปูนขาว (น้ำฝน ใจดี และคณะ, 2566) ณิชภัทร สิทธิวรรณ (2562) ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 6 ชนิด ได้แก่ เปลือกกาแฟ แกนข้าวโพด ไม้ไผ่ กิ่งลำไย ฟางข้าว และตอซังข้าวโพด โดยคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิ 300 – 600 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิการคาร์บอนในเซชันทำให้ผลผลิตถ่านชีวภาพลดลง แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณคาร์บอนทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ เมื่อนำถ่านชีวภาพไปทดลองเติมลงในดินพบว่า ถ่านชีวภาพช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน เช่น ลดความหนาแน่นรวม เพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ เพิ่มค่าความเป็นกรด - ด่าง และเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ รวมถึงช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน (ณิชภัทร สิทธิวรรณ, 2562) นอกจากนี้ ลลิตา เพชรใจหาญ (2565) ศึกษาการผลิตถ่านชีวภาพจากเศษวัสดุเกษตร เช่น ซังข้าวโพด แกลบ เปลือกลำไย กะลากาแฟ และกิ่งลำไย โดยใช้เตาผลิตถ่านชีวภาพขนาด 50, 100 และ 200 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการเผา 1 – 3 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าถ่านชีวภาพที่ได้จากวัสดุเกษตรเหล่านี้มีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูงสุดที่ 29.18 MJ/kg ขณะที่แกลบมีค่าความร้อนต่ำสุดที่ 18.28 MJ/kg คุณสมบัติทั่วไปของถ่านชีวภาพจากวัสดุเหล่านี้ได้แก่ ค่าความร้อน 16.08 – 29.18 MJ/kg ความชื้นร้อยละ 1.88 – 6.47 โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.42 – 38.55 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยง่ายร้อยละ 14.12 – 40.27 โดยน้ำหนัก ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 33.38 – 69.87 โดยน้ำหนัก ความเป็นกรดต่าง (pH) มีค่า 6.56 – 8.66 และการนำไฟฟ้ามีค่า 0.25 – 0.90 dS/m โดยคุณสมบัติเหล่านี้เหมาะสำหรับการปรับปรุงดิน และใช้

เป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนได้ (ลลิตา เพชรใจหาญ, 2565) สมมาส แก้วล้วน และคณะ (2564) ทำการศึกษาการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่เลี้ยงด้วยเตาเผาถ่านชุมชนขนาด 200 ลิตร พบว่า การคาร์บอนไนซ์ไม้ไผ่ที่มีความชื้นร้อยละ 27.78 ใช้เวลาในการคาร์บอนไนซ์ 350 นาที ถ่านไม้ไผ่ร้อยละ 22.38 และน้ำส้มควันไม้ร้อยละ 59.25 นอกจากนี้ยังพบว่า ไม้ที่มีความชื้นสูงใช้เวลาในการคาร์บอนไนซ์นาน ให้ผลผลิตถ่านต่ำกว่า แต่ให้ปริมาณน้ำส้มควันไม้ที่มากกว่า (สมมาส แก้วล้วน และคณะ, 2564) รวมถึง จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาการนำถ่านไม้ไผ่ไปประยุกต์ใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง เนื่องจากเป็นที่นิยมในการใช้ถ่านไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบ และมีความต้องการในท้องตลาด จากการศึกษาพบว่า การแปรรูปถ่านไม้ไผ่เป็นถ่านอัดแท่งโดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ ผงถ่าน:แป้งมัน:น้ำ ในอัตราส่วน 10.0:1.5:4.0 ตามลำดับ ส่งผลให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณภาพ และผ่านมาตรฐานถ่านอัดแท่งชุมชน เลขที่ มผช. 238/2547 (จุฑาพล จำปาแถม และคณะ, 2565)

จังหวัดราชบุรีเป็นแหล่งปลูกมะพร้าวน้ำหอมที่สำคัญของประเทศไทย การส่งออกมะพร้าวน้ำหอมที่ผ่านกระบวนการตกแต่งแล้วก่อให้เกิดเปลือกมะพร้าวเหลือทิ้งในปริมาณมาก ปัจจุบันผู้ประกอบการส่วนใหญ่ กำจัดเปลือกมะพร้าวที่ถูกตัดแต่งแล้ว โดยใช้วิธีการฝังกลบ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการจัดการ ส่งผลให้ปัจจุบันผู้ประกอบการต้องหาพื้นที่ฝังกลบเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การกำจัดเปลือกมะพร้าวอ่อนด้วยวิธีดังกล่าว นอกจากจะต้องใช้พื้นที่เพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังพบว่า การฝังกลบเปลือกมะพร้าวในหลุมฝังกลบมักจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่มีออกซิเจนก่อให้เกิดก๊าซมีเทนขึ้น ซึ่งก๊าซมีเทนเป็นหนึ่งในก๊าซเรือนกระจกที่มีค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 28 เท่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการนำเปลือกมะพร้าวน้ำหอมเหลือทิ้งจากกระบวนการตกแต่งมะพร้าวน้ำหอมสำหรับส่งออกกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการคาร์บอนไนซ์เปลือกมะพร้าวน้ำหอม ด้วยเตาเผาถ่านไร่คว้นเพื่อผลิตเป็นถ่านชีวภาพ พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบกระบวนการคาร์บอนไนซ์และคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากชีวมวลต่างชนิด ได้แก่ เปลือกมะพร้าวน้ำหอม เหง้ามันสำปะหลัง ไม้ไผ่ และไม้กระถินยักษ์ ด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าวอ่อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ดำเนินการโดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควันที่ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากเตาเผาถ่านไร้ควันของคุณย์ เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.สระบุรี ออกแบบโดย ศ.ดร. ธารพงษ์ วิทิตศานต์ รวมถึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการคาร์บอนในเซชันชีวมวลเพิ่มอีก 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้กระถินยักษ์ และ เหง้ามันสำปะหลัง

การเตรียมตัวอย่างชีวมวล

การเตรียมตัวอย่างชีวมวลแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การลดความชื้น และการลดขนาดของชีวมวล โดยชีวมวลแต่ละชนิดมีวิธีการ และขั้นตอนการเตรียมแตกต่างกัน

การเตรียมตัวอย่างเปลือกมะพร้าวน้ำหอม

ในงานวิจัยได้นำเปลือกมะพร้าวน้ำหอมจากโรงงานผู้ประกอบการส่งออกมะพร้าว น้ำหอม คือ บริษัท ทีเจ โคโค นัทส ฟู้ด จำกัด ตั้งอยู่ที่ ต.พิบูลทอง อ.เมืองราชบุรี จ.ราชบุรี โดยเปลือกมะพร้าวน้ำหอมที่นำมาจะมีลักษณะเป็นชิ้นบาง ขนาดความกว้าง 3 – 10 เซนติเมตร ความยาวตั้งแต่ 3 – 20 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถนำเข้าเตาเผาถ่านไร้ควันได้ จึงไม่มีความจำเป็นในการลดขนาดของชิ้นงานลง แต่เนื่องจากเปลือกมะพร้าวน้ำหอมมีความชื้นสูง (มากกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก) ทำให้ต้องลดความชื้นก่อนทำการศึกษาการคาร์บอนในเซชัน ซึ่งวิธีการลดความชื้นจะนำเปลือกมะพร้าวน้ำหอมไปอบในห้องอบพลังงานแสงอาทิตย์ (ดังรูปที่ 1) จนค่าความชื้นลดลงจนมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งเป็นค่าความชื้นที่เหมาะสมในการคาร์บอนในเซชัน (Seow et al., 2022)



รูปที่ 1 ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การเตรียมตัวอย่างชีวมวลอื่นๆ

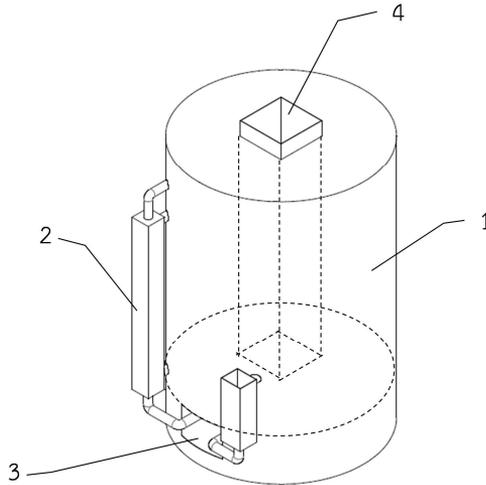
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการคาร์บอนเซชัน และคุณสมบัติของถ่านที่ได้จากการคาร์บอนเซชันชีวมวล จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้กระถินยักษ์ และ เหง้ามันสำปะหลัง สำหรับไม้ไผ่ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกสายพันธุ์ของไม้ไผ่ คือ สายพันธุ์ไผ่กิมซุง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Bambusa beecheyana* Munro (เกษตรดิจิทัล, 2564) เนื่องจากเป็นไม้ไผ่ที่มีเนื้อไม้มากกว่าไม้ไผ่พันธุ์อื่น ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตต่อไร่ต่อปีมีสัดส่วนสูงกว่าไผ่ชนิดอื่นโดยชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ต้องทำการลดขนาดของชิ้นงานให้มีขนาดความยาวไม่เกิน 30 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถบรรจุลงในเตาเผาถ่านแบบไร้ควันได้ และชีวมวลทั้ง 3 ชนิด มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จึงไม่จำเป็นต้องลดความชื้นก่อนนำไปศึกษาการคาร์บอนเซชัน

การคาร์บอนเซชันโดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควัน

เมื่อได้ทำการเตรียมตัวอย่างชีวมวลแล้วจะทำการศึกษาการคาร์บอนเซชันโดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควัน ดังรูปที่ 2 ซึ่งแสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผาถ่านไร้ควัน ได้แก่ 1.) ห้องเผาถ่านสำหรับบรรจุชีวมวลที่ต้องการศึกษา 2.) ท่อก๊าซวนกลับ สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งได้ติดตั้งเครื่องควบแน่นไว้สำหรับควบแน่นน้ำส้มควันไม้ด้วย โดยน้ำส้มควันไม้จะตกลงสู่ด้านล่างของท่อก๊าซวนกลับ 3.) ห้องเผาไหม้แบบสมบรูณ์ทำหน้าที่เผาไหม้เชื้อเพลิงเกิดเป็นแหล่งความร้อนก่อนความร้อนดังกล่าวจะถ่ายโอนเข้าไปยังห้องเผาถ่าน 4.) ท่อระบายก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยท่อดังกล่าวจะเชื่อมต่อที่ด้านบนของห้องเผาไหม้แบบสมบรูณ์และผ่านเข้าไปยังห้องเผาถ่าน ทำหน้าที่ระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้แบบสมบรูณ์ รวมถึงพาความร้อนให้สามารถถ่ายโอนเข้าไปยังห้องเผาถ่านได้อีกด้วย

เมื่อนำชีวมวลที่บันทึกน้ำหนักแล้วบรรจุลงในเตาเผาถ่านจนเต็มความจุในห้องเผาถ่านแล้วทำการปิดผนึกผาด้านล่างของเตาเผาถ่านไร้ควันให้แน่นหนา เพื่อป้องกันอากาศเข้าไปยังห้องเผาถ่าน จากนั้นเชื่อมต่อระบบน้ำหล่อเย็นกับเครื่องควบแน่นที่ท่อก๊าซวนกลับ แล้วจึงทำการจุดเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับเป็นแหล่งความร้อนของการคาร์บอนเซชัน โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเชื้อเพลิงสำหรับการคาร์บอนเซชัน จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวลและน้ำมันเครื่องใช้แล้ว เมื่อทำการจุดเชื้อเพลิงสำหรับการคาร์บอนเซชันแล้ว จะทำการบันทึกอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านไร้ควันพร้อมทั้งสังเกตและบันทึกความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อทำการคาร์บอนเซชันเสร็จสิ้นและรอจนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านไร้ความต่ำกว่า

50 องศาเซลเซียสแล้ว ทำการเปิดฝาด้านบนของเตาเผาถ่านไร้ควัน ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักถ่านที่ได้ พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านต่อไป



รูปที่ 2 ส่วนประกอบเตาเผาถ่านไร้ควัน (1. ห้องเผาถ่าน 2. ท่อก๊าซวนกลับ 3. ห้องเผาไหม้แบบสมบูรณ์ และ 4. ท่อระบายก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของชีวมวลและถ่าน

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติของชีวมวลและถ่าน โดยทำการศึกษาค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM D 5865 ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ Laco รุ่น AC500 และทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (Proximate analysis) ซึ่งได้แก่ ปริมาณความชื้น (Moisture content, MC) ปริมาณสารระเหยง่าย (Volatile matter, VM) ปริมาณเถ้า (Ash) และ ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon, FC) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172 – 3175 ตามลำดับ

การคำนวณร้อยละผลได้

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาชีวมวลที่ต่างชนิดกัน โดยมีความแตกต่างของแหล่งที่มา การเตรียมชีวมวลเบื้องต้น และค่าความชื้นของชีวมวลที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น การศึกษาเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเขชันจึงคำนวณร้อยละผลได้โดยน้ำหนักซึ่งอ้างอิงปริมาณชีวมวลและถ่านที่ได้แบบปราศจากความชื้น (Dry basis) ดังสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละผลได้โดยน้ำหนัก} = (\text{Biochar/Biomass}) \times 100 \quad (1)$$

โดย Biomass คือ น้ำหนักชีวมวลแบบแห้งก่อนการคาร์บอนเซชัน และ Biochar คือ น้ำหนักถ่านแบบแห้งที่ได้จากการคาร์บอนเซชันชีวมวลนั้น

วิธีการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการคาร์บอนเซชันของเปลือกมะพร้าว น้ำหอมซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต โดยได้ทำการศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาถ่านแบบไร้ควัน โดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจะทำการบันทึกอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านไร้ควัน พร้อมทั้งบันทึกความเปลี่ยนแปลงที่สามารถสังเกตเห็นได้ ตั้งแต่เริ่มจุดเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนแก่เปลือกมะพร้าว น้ำหอมจนกระทั่งการคาร์บอนเซชันเสร็จสมบูรณ์ โดยสามารถสังเกตได้จากก๊าซที่ได้จากการคาร์บอนเซชันที่ถูกวนกลับมาเผาไหม้ยังห้องเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเตาเผาถ่านไร้ควันไม่สามารถติดไฟได้ นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ยังทำการศึกษาการคาร์บอนเซชันชีวมวลต่างชนิดกันเพื่อทำการเปรียบเทียบร้อยละผลได้โดยน้ำหนักของการคาร์บอนเซชัน และเปรียบเทียบคุณสมบัติของถ่านที่ได้จากกระบวนการคาร์บอนเซชันด้วย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณของชีวมวล

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลก่อนทำการคาร์บอนเซชันมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ชีวมวลที่ศักยภาพในการนำมาคาร์บอนเซชันผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ และได้ร้อยละผลได้ที่ดี โดยชีวมวลที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงควรมีปริมาณคาร์บอนคงตัวในปริมาณมาก และมีปริมาณถ่านน้อย เนื่องจากการคาร์บอนเซชัน เป็นกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) ที่อุณหภูมิ 300 – 400 องศาเซลเซียส ซึ่งระหว่างกระบวนการคาร์บอนเซชัน ความชื้นจะระเหยออกจากชีวมวลที่อุณหภูมิ มากกว่า 100 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิมากกว่า 250 องศาเซลเซียส (ปริญญา นวบุตร และคณะ, 2559) สารระเหยง่ายที่อยู่ในชีวมวลจะเกิดการสลายตัวออกจากชีวมวล คงเหลือคาร์บอนคงตัว เถ้า และสารระเหยง่ายบางส่วน ในถ่านเชื้อเพลิง โดยตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่าความชื้นของชีวมวลแบบสด

(as received) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ และค่าความร้อนของชีวมวล 4 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้กระถินยักษ์ เหง้ามันสำปะหลัง และเปลือกมะพร้าว น้ำหอม

จากผลการศึกษาตามตารางที่ 1 พบว่า เปลือกมะพร้าว น้ำหอมมีค่าความชื้นค่อนข้างสูง และสูงกว่าชีวมวลอีก 3 ชนิด โดยชีวมวลประเภทต้นไม้ยืนต้น ได้แก่ ไม้ไผ่ และ ไม้กระถินยักษ์ จะมีความชื้นใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ จากตารางที่ 1 ยังพบว่า เหง้ามันสำปะหลังมีความชื้นน้อยที่สุด เนื่องจากในกระบวนการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง เกษตรกรนิยมทิ้งเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งไว้ในพื้นที่เพาะปลูกทำให้ระหว่างการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจึงมีความชื้นลดลง เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณของชีวมวลที่ 4 ชนิดตามตารางที่ 1 พบว่า เปลือกมะพร้าว น้ำหอมมีแนวโน้มที่จะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการคาร์บอนเซชันได้ เนื่องจากมีค่าคาร์บอนคงตัวสูง (Seow et al., 2022)

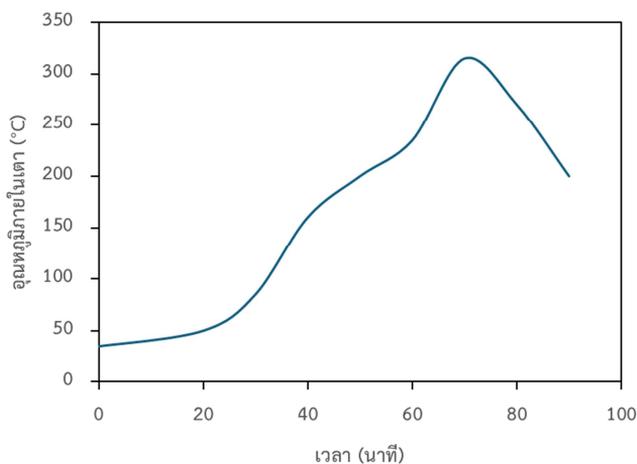
ตารางที่ 1 การศึกษาค่าความร้อนและองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณของชีวมวลต่างชนิดกัน

คุณสมบัติชีวมวล	ไม้ไผ่	ไม้กระถินยักษ์	เหง้ามันสำปะหลัง	เปลือกมะพร้าว น้ำหอม
ความชื้นชีวมวล (แบบสด, ร้อยละโดยน้ำหนัก)	35.22	30.75	8.80	75.89
ค่าความร้อน (กรอส, แบบแห้ง, แคลอรีต่อกรัม)	3,967.25	4,584.86	3,994.40	4,077.06
องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (แบบแห้ง, ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
- สารระเหยง่าย	77.26	77.12	62.36	66.83
- คาร์บอนคงตัว	15.26	21.55	16.23	22.48
- เถ้า	7.48	1.33	21.41	10.69

การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาถ่านแบบไร้ควัน

การศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านไร้ควันของการคาร์บอนไนเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอม และใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง ได้แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปภายในเตาเผาถ่านไร้ควันขณะทำการคาร์บอนไนเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอม พบว่า อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่พบว่าความเร็วในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิแตกต่างกัน กล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นของการคาร์บอนไนเซชันตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนถึง 100 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เปลือกมะพร้าว น้ำหอมเริ่มได้รับความร้อนและมีการสะสมความ

ร้อนไว้ภายใน รวมถึงความชื้นในเปลือกมะพร้าว น้ำหอมมีความสามารถในการดูดความร้อนสูงและต้องการพลังงานในการระเหยกลายเป็นไอ โดยสามารถสังเกตได้จากจะมีหยดน้ำออกมาจากบริเวณที่เก็บน้ำส้มควันไม้ ทำให้ในช่วงเริ่มต้นอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจึงเพิ่มขึ้นช้ากว่าช่วงอื่น จากนั้น เมื่อเปลือกมะพร้าว น้ำหอมได้รับความร้อนจนอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และความชื้นเริ่มระเหยจนหมดแล้ว อุณหภูมิภายในเตาจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และพบว่า ที่อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านมากกว่า 200 องศาเซลเซียส จะเริ่มเกิดควันสีขาวขุ่น วนกลับมายังห้องเผาไหม้ แต่ควันเหล่านั้นยังไม่สามารถติดไฟได้ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านมากกว่า 250 องศาเซลเซียส ควันที่วนกลับมายังห้องเผาไหม้จะเริ่มสามารถติดไฟได้และเพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยควันดังกล่าวเกิดจากการสลายตัวของสารระเหยง่ายที่มีอยู่ในเปลือกมะพร้าว น้ำหอม ส่งผลให้อุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 315 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านจะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซที่วนกลับมายังห้องเผาไหม้เริ่มลดลงตามลำดับจนไม่มีก๊าซวนกลับมายังห้องเผาไหม้ ซึ่งแสดงถึงปริมาณสารระเหยง่ายที่มีอยู่ในเปลือกมะพร้าว น้ำหอมมีปริมาณน้อย และแสดงถึงจุดสิ้นสุดการคาร์บอนเซชัน



รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิในเตาเผาถ่านแบบไร้ควัน สำหรับการคาร์บอนเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอมโดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง

การศึกษาการคาร์บอนในเซชันของเปลือกมะพร้าว น้ำหอมโดยใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน

เมื่อทำการศึกษาลักษณะการกระจายอุณหภูมิของการคาร์บอนในเซชันในเตาเผาถ่าน ไร่คว้นแล้ว ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของเชื้อเพลิงที่ต่างชนิดกันต่อการคาร์บอนในเซชันของเปลือกมะพร้าว น้ำหอม โดยทำการเปรียบเทียบเชื้อเพลิง 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงชีวมวล และน้ำมันเครื่องใช้แล้ว นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการคาร์บอนในเซชัน ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแสดงข้อมูลการคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอมโดยใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน พบว่า การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมีแนวโน้มต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าการใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้ว เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าความร้อน ประมาณ 3,000 – 4,500 แคลอรีต่อกรัม (Sher et al., 2020) น้อยกว่าน้ำมันเครื่องใช้แล้วที่มีค่าความร้อนประมาณ 9,000 แคลอรีต่อกรัม (Dindoruk et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิงในการคาร์บอนในเซชันนั้น มีความสะดวกมากกว่าเนื่องจากน้ำมันเครื่องใช้แล้วสามารถจุดติดไฟ และควบคุมปริมาณการป้อนเชื้อเพลิงได้ง่ายกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาต้นทุนของเชื้อเพลิงแล้วพบว่า การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมีต้นทุนที่ต่ำกว่า คิดเป็นร้อยละ 60 ดังที่แสดงในตารางที่ 2 โดยเชื้อเพลิงชีวมวลมีต้นทุนเฉลี่ย 0.72 บาทต่อถ่านที่ผลิตได้ 1 กิโลกรัม ในขณะที่ต้นทุนน้ำมันเครื่องใช้แล้วมีต้นทุนเฉลี่ย 1.96 บาทต่อถ่านที่ผลิตได้ 1 กิโลกรัม อีกทั้ง ตามข้อกำหนดของ European Bio char Certificate กำหนดให้การผลิตถ่านชีวภาพต้องคำนึงถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการคาร์บอนในเซชันด้วย (European Biochar Certificate, 2022) ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจึงมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้ว เนื่องจากชีวมวลมีค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงประมาณ 0.0304 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมชีวมวล ขณะที่ น้ำมันเครื่องใช้แล้วค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงประมาณ 3.2200 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัม น้ำมันเครื่องใช้แล้ว (Yrjälä et al., 2022; องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2565) ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเน้นการใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลในการศึกษาการคาร์บอนในเซชันของชีวมวลชนิดอื่น

ตารางที่ 2 การศึกษาการคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอมโดยใช้เชื้อเพลิงต่างชนิดกัน

รายการ	หน่วย	ชนิดเชื้อเพลิง			
		ชีวมวล		น้ำมันเครื่องใช้แล้ว	
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
น้ำหนักเริ่มต้น	กิโลกรัม	16.00	16.00	16.00	16.00
ความชื้นชีวมวล	ร้อยละโดยน้ำหนัก	16.25	14.04	16.25	14.04
ปริมาณเชื้อเพลิง	กิโลกรัม	6.50	5.50	1.80	2.20
น้ำหนักถ่านที่ได้	กิโลกรัม	5.00	5.00	5.00	5.20
ความชื้นถ่าน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	3.90	3.90	4.05	4.05
ร้อยละผลได้ (แบบแห้ง)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	35.86	34.93	35.80	36.28
ราคาเชื้อเพลิง	บาท/กิโลกรัม	0.60	0.60	5.00	5.00
ต้นทุนเชื้อเพลิง	บาท/กิโลกรัมถ่าน	0.78	0.66	1.80	2.12

การศึกษาการคาร์บอนในเซชันและคุณสมบัติของถ่านจากการคาร์บอนในเซชัน

ชีวมวล

การศึกษาการคาร์บอนในเซชันชีวมวลที่ต่างชนิดกันมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลของการคาร์บอนในเซชัน เช่น ร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเซชัน โดยร้อยละผลได้ที่แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงข้อมูลของการคาร์บอนในเซชันของชีวมวลต่างชนิดกันนั้น จะแสดงค่าร้อยละผลได้ของน้ำหนักแห้ง (dry basis) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 1 เนื่องจากชีวมวลแต่ละชนิดมีความชื้นไม่เท่ากันทำให้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ จากตารางที่ 3 พบว่า เปลือกมะพร้าว น้ำหอมมีแนวโน้มให้ค่าร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเซชันมากที่สุด โดยมีค่าร้อยละ 35.40 โดยน้ำหนัก ขณะที่เห้งน้ำมันสำปะหลัง ไม้ไผ่ และไม้กระถินยักษ์ มีค่าร้อยละผลได้ ร้อยละ 29.00 26.20 และ 22.70 ตามลำดับ ทั้งนี้พิจารณาเฉพาะค่าร้อยละผลได้ไม่สามารถสรุปได้ว่าชีวมวลชนิดใดเหมาะสมกับการผลิตเป็นถ่านชีวภาพมากกว่ากัน เนื่องจากหากพิจารณาค่าความร้อนควบคู่กันดังที่แสดงในตารางที่ 4 ซึ่งแสดงการศึกษาค่าความร้อนและองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณของถ่านจากชีวมวลต่างชนิดกัน พบว่า ถ่านไม้กระถินยักษ์มีค่าความร้อนสูงที่สุด ตามด้วยถ่านไม้ไผ่ ถ่านเปลือกมะพร้าว น้ำหอม และถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลัง โดยมีค่าความร้อน 7,857.10 6,984.52 6,857.23 และ 5,443.74 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเซชันมีความสัมพันธ์กับปริมาณของคาร์บอนคงตัว และปริมาณของเถ้าที่มีอยู่ในชีวมวลแต่ละชนิดซึ่งมีความแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณเถ้าที่มีอยู่ในชีวมวลส่งผลให้ค่าความร้อนของชีวมวลนั้นลดลงด้วย ดังนั้น เมื่อต้องการพิจารณาหาชีวมวลที่เหมาะสมในการผลิตเป็นถ่านชีวภาพผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบชีวมวลที่ต่างชนิดกันได้อย่างชัดเจน และยังต้องคำนึงถึงความสามารถในการรวบรวมชีวมวลให้มีความยั่งยืนในเชิงปริมาณด้วย อย่างไรก็ตามสามารถใช้มาตรฐานถ่านชุมชน (วัชรานนท์ จุฑาจันทร์, 2562; โกลสล เรื่องแสน และคณะ, 2565) เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกชีวมวลได้

ตารางที่ 3 การศึกษาการคาร์บอนในเซชันของชีวมวลต่างชนิดกัน

รายการ	หน่วย	ไม้ไผ่	ไม้กระถิน ยักษ์	เหียงมัน สำปะหลัง	เปลือกมะพร้าว น้ำหอม
น้ำหนักเริ่มต้น	กิโลกรัม	52.00	59.00	20.50	16.00
ความชื้นชีวมวล	ร้อยละโดยน้ำหนัก	27.28	15.71	19.99	15.14
ปริมาณเชื้อเพลิง	กิโลกรัม	18.60	22.00	7.00	6.00
น้ำหนักถ่านที่ได้	กิโลกรัม	10.30	11.90	5.00	5.00
ความชื้นถ่าน	ร้อยละโดยน้ำหนัก	3.22	3.99	4.35	3.90
ร้อยละผลได้ (แบบแห้ง)	ร้อยละโดยน้ำหนัก	26.20	22.70	29.00	35.40

ตารางที่ 4 การศึกษาค่าความร้อนและองค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณของถ่านจากชีวมวลต่างชนิดกัน

คุณสมบัติถ่านชีวภาพ	ถ่านไม้ไผ่	ถ่านไม้ กระถิน ยักษ์	ถ่านเหียงมัน สำปะหลัง	ถ่านเปลือก มะพร้าวน้ำหอม
ความชื้นถ่านชีวภาพ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	3.22	3.99	4.35	3.90
ค่าความร้อน (กรอส, แบบแห้ง, แคลอรีต่อกรัม)	6,984.52	7,857.10	5,443.74	6,857.23
องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (แบบแห้ง, ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
- สารระเหยง่าย	21.56	11.70	14.49	16.16
- คาร์บอนคงตัว	68.96	85.81	58.05	73.48
- เถ้า	9.48	2.49	27.46	10.36

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอม โดยใช้เตาเผาถ่านไร้ควัน พบว่า การคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอม โดยใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงมีความเหมาะสมกว่าการใช้น้ำมันเครื่องใช้แล้ว โดยได้ร้อยละผลได้ของการคาร์บอนในเซชันเปลือกมะพร้าว น้ำหอม เฉลี่ยร้อยละ 35.72 โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลของการคาร์บอนในเซชันชีวมวลชนิดอื่นรวมถึงคุณสมบัติของถ่านชีวภาพที่ได้จากชีวมวลต่างชนิดกัน พบว่า เปลือกมะพร้าว น้ำหอม มีคุณสมบัติของถ่านชีวภาพใกล้เคียงกับถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่ซึ่งเป็นชีวมวลที่ได้รับความนิยมในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพ ดังนั้นการนำเปลือกมะพร้าว น้ำหอมที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตจึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพ เป็นการแก้ปัญหาการจัดการของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าของเปลือกมะพร้าว น้ำหอมเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้ประกอบการในทางหนึ่งด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณบริษัท อี-สแควร์ กรีน อินโนเวชั่น จำกัด เป็นอย่างสูง สำหรับการสนับสนุนด้านบุคลากร วัสดุอุปกรณ์ และงบประมาณที่มีค่าในการดำเนินงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตตานต์ ผู้อำนวยการศูนย์เชื้อเพลิง และพลังงานจากชีวมวล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ให้คำปรึกษา และให้การสนับสนุนในด้านการวิเคราะห์และสถานที่ในการจัดทำงานวิจัย อีกทั้งขอขอบพระคุณบริษัท ทีเจ โคอเค้นท์ส ฟรุต จำกัด ที่ได้จัดหาเปลือกมะพร้าว น้ำหอม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กนกพงษ์ ศรีเที่ยง. (2566). การพัฒนาเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งจากเปลือกสับประดผสมซังข้าวโพด. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 33(1), 232–244.
- กรกนก โกศล, ศศิธร ศรีอ่อน, พรณพวรรณ จำปาแพง และ สายันต์ แสงสุวรรณ. (2566). ไบโอดีเซล (วัสดุผสม) : การสังเคราะห์ พิสูจน์เอกลักษณ์ และศักยภาพการประยุกต์ใช้งาน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 25(1), 89–104.

- เกษตรดิจิทัล. (2564). ข้อมูลพันธุ์ไม้ *Bambusa beecheyana* Munro. สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567, จาก <https://data.addrun.org/plant/archives/d2081-bambusa-beecheyana-munro>.
- โกศล เรืองแสน, อัดชา เหมันต์, หอมหวน ตาสาโรจน์, สิทธิศักดิ์ เรืองฤทธิ์, ภัคคิปป ไกรโสดา, วิรารวรรณ เหมันต์, และ ศิริวรรณ เรืองแสน. (2565). การพัฒนาเตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. *วารสารวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 1(1), 1–10.
- จุฑาพล จำปาแถม, ลำพูน เหลลาราช, ภิตินันท์ อารยางกูร, และ สุรสิงห์ อารยางกูร. (2565). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและสมบัติถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่. *วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี*, 3(3), 81–93.
- ณิชภัทร สิทธิวรรณ. (2562). ผลของการใช้ถ่านชีวภาพต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน การกักเก็บน้ำในดิน และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. (วิทยาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- น้ำฝน ใจดี, ยິงยศ จิตจักร และ กฤตยชล ทองธรรมสถิต. (2566). การออกแบบและพัฒนาแบรนด์เพื่อสร้างอัตลักษณ์และเพิ่มคุณค่า ถ่านชีวมวลอัดแท่งของวิสาหกิจชุมชนหนองเลงพัฒนา จังหวัดชลบุรี. *วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม*, 7(10), 350–363.
- ประภา ธารเนตร, พันธิภา โพธิ์พันธุ์ และ กชกร หล้าพรหม. (2565). บทบาทของถ่านชีวภาพต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินและการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่เกษตรกรรม. *แก่นเกษตร*, 50(4), 1233–1253.
- ปริญญา นูวบุตร, จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, และ เลิศสถิตชนกร เจริญพร. (2559). ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากการคาร์บอนในเขชันของเปลือกไม้และเปลือกผลไม้. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 35(5), 519–524.
- ปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์, ศิริวรรณ แก้วสวิง และ อมรประภา ทิศกระโทก. (2563). การผลิตถ่านชีวภาพและเชื้อเพลิงชีวภาพจากเปลือกทุเรียน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 39(5), 580–586.
- ลลิตา เพชรใจหาญ. (2565). ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิตถ่านชีวภาพจากเศษวัสดุเกษตร. (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้).

- วิชรานนท์ จุฑาจันทร์. (2562). การศึกษากระบวนการเผาถ่านและสมบัติของถ่านอัดแท่งจากหญ้าแฝก. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 9(2), 135–146.
- สมมาส แก้วล้วน, ภาณี ศรีธรรมรีน, สุรัชย์ ณัฐ จันท์ศรี, พิชัย อัจฉมมงคล, และ สิ้นสุภา จุ้ยจุลเจิม. (2564). การผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่เลี้ยงด้วยเตาเผาถ่านชุมชนขนาด 200 ลิตร ที่ทำงานร่วมกับหัวเผาแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์. *วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่*, 22(2), 229-245.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมมาจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*. สืบค้นเมื่อ 17 กรกฎาคม 2567, จาก <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/tools/files.php?mod=YjNkbllXNXBlbUYwYVc5dVgyVnRhWE56YVc5dQ&type=WDBaSlRFVlQ&files=TXc9PQ>.
- Dindoruk, B., Ratnakar, R. R., and He, J. (2020). Review of Recent Advances in Petroleum Fluid Properties and Their Representation. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 83, 103541.
- European Biochar Certificate. (2022). *Guidelines for a Sustainable Production of Biochar*. Retrieved July 10, 2024, from https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_1.pdf.
- Kant Bhatia, S., Palai, A. K., Kumar, A., Kant Bhatia, R., Kumar Patel, A., Kumar Thakur, A., and Yang, Y. H. (2021). Trends in Renewable Energy Production Employing Biomass-Based Biochar. *Bioresource Technology*, 340, 125644.
- Malyan, S. K., Kumar, S. S., Fagodiya, R. K., Ghosh, P., Kumar, A., Singh, R., and Singh, L. (2021). Biochar for Environmental Sustainability in the Energy-Water-Agroecosystem Nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111379.
- Morgan, W. (2024). *It's Not Game over – It's Game on': Why 2024 Is an Inflection Point for the Climate Crisis*. Retrieved July 16, 2024, from <https://www>.

climatecouncil.org.au/inot-game-over-game-on-why-2024-inflection-point-for-climate-crisis/.

National Aeronautics and Space Administration. (2024). *The Effects of Climate Change*. Retrieved July 16, 2024, from <https://science.nasa.gov/climate-change/effects/>.

Seow, Y. X., Tan, Y. H., Mubarak, N. M., Kansedo, J., Khalid, M, Ibrahim, M. L., and Ghasemi, M. (2022). A Review on Biochar Production from Different Biomass Wastes by Recent Carbonization Technologies and Its Sustainable Applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 107017.

Sher, F., Iqbal, S. Z., Liu, H., Imran, M., and Snape, C. E. (2020). Thermal and Kinetic Analysis of Diverse Biomass Fuels under Different Reaction Environment: A Way Forward to Renewable Energy Sources. *Energy Conversion and Management*, 203, 112266.

Yrjälä, K., Ramakrishnan, M., and Salo, E. (2022). Agricultural Waste Streams as Resource in Circular Economy for Biochar Production towards Carbon Neutrality. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 26, 100339.