

อิทธิพลของการใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ประเภทต่าง ๆ ต่อสมบัติของ ถ่านซ่อไม้ไผ่เป่า (Dendrocalamus giganteus)

ธิตี วานิชติลภรณ์^{1*} อิศรีย์ ฮาวบินใจ¹ ศิริลักษณ์ สุขเจริญ¹

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่ 54140

และ จิราภา วานิชติลภรณ์²

สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

* Corresponding Author: thiti_jk@hotmail.com

¹ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้

² นักวิชาการป่าไม้ปฏิบัติการ

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 27 ธันวาคม 2565

แก้ไข : 23 กันยายน 2566

ตอบรับ : 25 กันยายน 2566

DOI: 10.14456/kmuttrd.2023.18

คำสำคัญ : อุณหภูมิ / เตาเผาถ่าน
แนวตั้ง / เตาเผาถ่านแนวนอน /
ซ่อไม้ไผ่ / ไผ่เป่า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตรประเภทต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ที่มีต่อสมบัติของถ่านซ่อไม้ไผ่เป่า (*Dendrocalamus giganteus*) ทั้งนี้ ทดสอบเตาเผาถ่าน 4 ประเภท ได้แก่ เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ ศึกษาค่าความหนาแน่น ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาถ่าน ปริมาณถ่านซ่อไม้ไผ่เป่า และสมบัติต่าง ๆ ของถ่าน ได้แก่ ค่าความร้อนแบบกรอส ค่าความร้อนแบบเนท ค่าปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณคาร์บอน และปริมาณไฮโดรเจนจากการศึกษา พบว่า ซ่อไม้ไผ่เป่ามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 606.50 กก./ม.³ เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากที่สุด แต่ได้ปริมาณถ่านซ่อไม้ไผ่เป่าสูงที่สุด ส่วนถ่านซ่อไม้ไผ่เป่าจากเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบมีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด และมีปริมาณสารระเหยต่ำที่สุด ถ่านซ่อไม้ไผ่เป่าจากเตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรงมีค่าความร้อนแบบเนท และค่าความร้อนแบบกรอสสูงที่สุด ถ่านซ่อไม้ไผ่เป่าจากเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงมีค่าปริมาณเถ้าต่ำที่สุดและมีปริมาณไฮโดรเจนสูงที่สุด

Effect of Using 200-L Kilns of Different Designs on Properties of *Dendrocalamus giganteus* Bamboo Node Charcoals

Thiti Wanishdilokratn^{1*}, Itsaree Howpinjai¹, Siriluk Sukjareon¹

Maejo University Phrae Campus, Mae Sai, Rong Kwang, Phrae 54140

and Jirapa Wanishdilokratn²

Watershed Conservation and Management Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding Author: thiti_jk@hotmail.com

¹ Lecturer, Department of Forest Industry Technology.

² Forestry Technical Officer.

Article Info

Article History:

Received: December 27, 2022

Revised: September 23, 2023

Accepted: September 25, 2023

DOI: 10.14456/kmuttrd.2023.18

Keywords : Temperature /

Horizontal Charcoal Kiln / Vertical

Charcoal Kiln / Bamboo Node /

Dendrocalamus giganteus

Bamboo

Abstract

The objective of this research was to study the effect of different designs of 200-L charcoal kilns operated at the maximum carbonization temperature of 300 °C on selected properties of *Dendrocalamus giganteus* bamboo node charcoals. Four kiln designs, i.e., vertical kiln with direct heating, vertical kiln with baking, horizontal kiln with direct heating and horizontal kiln with baking, were tested. Density, fuel quantity, charcoal quantity, gross calorific value, net calorific value, volatile matter, ash content, fixed carbon content, carbon content and hydrogen content were measured. The study revealed that the average density of bamboo node was 606.50 kg/m³. Vertical kiln with baking consumed the highest amount of fuel but resulted in the highest quantity of charcoal. Bamboo charcoal from horizontal kiln with baking exhibited the highest net calorific value, fixed carbon content and carbon content and the lowest amount of volatile matter. Bamboo charcoal from horizontal kiln with direct heating possessed the highest gross calorific value. Bamboo charcoal from vertical kiln with direct heating exhibited the lowest amount of ash and the highest amount of hydrogen.

1. บทนำ

ไม้เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของคนไทยมาเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ตั้งแต่พื้นที่แห้งแล้งไปจนถึงพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้น [1] โดยไม้เป็นพืชที่มีหลากหลายสายพันธุ์ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ไม้ซางหม่น (*Dendrocalamus atrictus*) [2] ไม้ซางนวล (*Dendrocalamus membranaceus*) [3] [4] ไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis*) [5] ซึ่งจังหวัดแพร่เป็นจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทยที่มีการนำไม้มาใช้ประโยชน์หลากหลายรูปแบบ เช่น การใช้หน่อไม้มาประกอบอาหาร การใช้ใบไม้มาทำเป็นสมุนไพร การนำไม้มาทำเป็นผลิตภัณฑ์จักสานและบรรจุภัณฑ์อาหาร [6]

ตำบลบ้านปาง อำเภอลอง จังหวัดแพร่ เป็นพื้นที่ที่มีการทำอุตสาหกรรมเกี่ยวกับไม้ไผ่เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้เปาะ (*Dendrocalamus giganteus*) [7] ซึ่งเป็นไม้ที่นิยมปลูกเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม โดยได้มีการนำไม้เปาะมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แคร่ โต๊ะ เก้าอี้ ตะเกียบ ไม้เสียบลูกชิ้น [8-9] จากกระบวนการในการแปรรูป จะเป็นการนำส่วนของปล้องไม้ไผ่เปาะมาใช้ประโยชน์ และได้ทำการตัดในส่วนของข้อไม้ไผ่เปาะออก ส่งผลให้เกิดเป็นเศษเหลือทิ้งจากข้อไม้ไผ่เปาะเป็นจำนวนมาก ทำให้คณะผู้วิจัยสนใจที่จะนำข้อไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงด้วยปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ซึ่งเป็นกระบวนการเผาภายใต้สภาวะที่ไม่มีแก๊สออกซิเจน ทำให้ไม้เปลี่ยนสภาพกลายเป็นถ่าน [10] ด้วยกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผา ปริมาณถ่าน ข้อไม้ไผ่เปาะ และสมบัติถ่านซึ่งประกอบด้วยค่าความร้อนแบบก羅斯 (Gross calorific value) ค่าความร้อนแบบเนต (Net calorific value) ค่าปริมาณสารระเหย (Volatile matter) ปริมาณเถ้า (Ash content) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ปริมาณคาร์บอน (Carbon) และปริมาณไฮโดรเจน (Hydrogen) [11-12] ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพของถ่าน และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การนำมาใช้เป็นพลังงาน การดูดซับ การปรับปรุงดิน เป็นต้น จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านแนวตั้ง และเตาเผาถ่านแนวนอน ทั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงกับแบบอบ ที่ผลิตจากถ่าน 200 ลิตร

โดยใช้อุณหภูมิในการเผา 300 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดต้นทุน และประหยัดเชื้อเพลิงในการเผาเนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่อยู่ในช่วงการไพโรไลซิสแบบอ่อน (Mild pyrolysis) ในการผลิตถ่าน ชาวบ้านหรือเกษตรกรสามารถผลิตได้ทั่วไป และสามารถนำไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้ อีกทั้งเป็นการจัดการในการใช้ประโยชน์เศษเหลือทิ้งจากข้อไม้ไผ่ได้อย่างยั่งยืน

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมเตาเผาถ่าน

ทำการเตรียมเตาเผาถ่านโดยใช้ถัง 200 ลิตร ซึ่งแบ่งประเภทของเตาเผาถ่านออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.1 เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง โดยการนำถัง 200 ลิตร มาเจาะรูบริเวณด้านบน โดยใส่ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 100 เซนติเมตร และเจาะรูบริเวณด้านข้าง ทั้ง 2 ฝั่งตรงข้ามกัน โดยเชื่อมเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว ยาว 75 เซนติเมตร เป็นรูปตัวแอล (L) เพื่อทำปากปล่องของเตา ต่อมาถ่าง 200 ลิตรอีกถังหนึ่ง มาตัดให้เหลือประมาณ 1 ใน 3 ของถัง แล้วทำการเชื่อมถังบริเวณด้านล่าง จากนั้นเจาะรูบริเวณฐานของเตาขนาด 15x15 เซนติเมตร จำนวน 2 รู เพื่อทำช่องใส่เชื้อเพลิงและช่องระบายอากาศ แสดงดังรูปที่ 1(1) และทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเตาเผาถ่าน แสดงดังรูปที่ 2 โดยการใส่สายวัดอุณหภูมิด้านบนให้สายอยู่บริเวณกึ่งกลางภายในเตาอบ

2.1.2 เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ โดยการนำถัง 200 ลิตร มาเจาะรูบริเวณด้านบน โดยเชื่อมใส่ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 20 เซนติเมตร สำหรับเป็นปากปล่องของเตา จากนั้นเจาะรูบริเวณฐานของเตาขนาด 15x15 เซนติเมตร จำนวน 1 รู เพื่อทำเป็นช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิงในการเผา จากนั้นนำแผ่นสังกะสีมาล้อมรอบเตา แสดงดังรูปที่ 1 (2) และทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเตาเผาถ่าน โดยการใส่สายวัดอุณหภูมิด้านบนให้สายอยู่บริเวณกึ่งกลางภายในเตาอบ

2.1.3 เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง โดยการนำถัง 200 ลิตร มาวางเป็นแนวนอนแล้วเจาะรูบริเวณด้านหลัง แล้วเชื่อมใส่ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 75 เซนติเมตร เป็นรูปตัวแอล (L) เพื่อเป็นปากปล่องควัน เจาะรูบริเวณด้านบนของเตา ขนาด 20x40 เซนติเมตร จำนวน 1 รู เพื่อเป็นฝาเปิด-ปิดสำหรับเป็นช่องใส่วัตถุดิบใน

การเผา และเจาะรูในส่วนด้านล่างบริเวณด้านหน้าเตา ขนาด 15x15 เซนติเมตร เพื่อเป็นช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง จากนั้นนำแผ่นสังกะสียึดติดกับท่อนไม้มาล้อมรอบเตา และนำทรายมาใส่โดยรอบเพื่อกักเก็บความร้อน แล้วนำอิฐบล็อกจำนวน 3 ก้อน มาวางเป็นโครงที่มีช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 1(3) และทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเตาเผาถ่าน โดยการใส่สายวัดอุณหภูมิให้สายอยู่บริเวณกึ่งกลางภายในเตาอบ

2.1.4 เตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ โดยการนำถัง 200 ลิตร มาวางเป็นแนวนอนแล้วเจาะรูบริเวณด้านหลังและด้านหน้า สำหรับเชื่อมต่อท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 175 เซนติเมตร เป็นรูปตัวแอล (L) เพื่อเป็นปากปล่อง

คว้น เจาะรูบริเวณด้านบนของเตา ขนาด 20x40 เซนติเมตร จำนวน 1 รู เพื่อเป็นฝาเปิด-ปิดสำหรับเป็นช่องใส่วัสดุดิบในการเผา จากนั้นนำถัง 200 ลิตรอีกถังมาตัดให้เหลือประมาณ 1 ใน 3 ของถัง เชื่อมต่อกับถังแรก แล้วเจาะรูในส่วนด้านล่างและตรงกลาง อย่างละ 1 รูบริเวณด้านหน้าเตา ขนาด 15x15 เซนติเมตร เพื่อเป็นช่องสำหรับใส่เชื้อเพลิง จากนั้นนำแผ่นสังกะสียึดติดกับท่อนไม้ มาล้อมรอบเตา และนำทรายมาใส่โดยรอบเพื่อกักเก็บความร้อน แสดงดังรูปที่ 1(4) และทำการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิเตาเผาถ่าน โดยการใส่สายวัดอุณหภูมิให้สายอยู่บริเวณกึ่งกลางภายในเตาอบ



(1)



(2)



(3)



(4)

รูปที่ 1 เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง (1) เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ (2) เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง (3) และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ (4)



รูปที่ 2 เครื่องวัดอุณหภูมิในเตาเผาถ่าน

2.2 การเตรียมวัตถุดิบ

นำเศษข้อไม้ไผ่เป่าะ แสดงดังรูปที่ 3(1) มาตัดขึ้นตัวอย่าง ให้มีความยาว 5 เซนติเมตร ต่อมานำมาผึ่งแดดระยะเวลา 7 วัน เพื่อปรับสภาวะความชื้นข้อไม้ไผ่เป่าะ แล้ววัดความชื้นข้อไม้ไผ่เป่าะด้วยเครื่องวัดความชื้นจนมีความชื้นประมาณร้อยละ 20 ต่อมาชั่งข้อไม้ไผ่เป่าะจำนวน 50 กิโลกรัม จำนวน 4 เตา เตาละ 3 ซ้ำรวมทั้งสิ้น 600 กิโลกรัม เพื่อนำมาเผาในเตาเผา ถ่าน จากนั้นสุมข้อไม้ไผ่เป่าะก่อนที่จะใช้ในการเผาจำนวน 5 ชั้น โดยทำการชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตรของขึ้นทดสอบ เพื่อนำมาหาค่าความหนาแน่น ดังสมการ

$$D = M/V$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่น (กก./ม.³)

M คือ น้ำหนักของขึ้นทดสอบ (กก.)

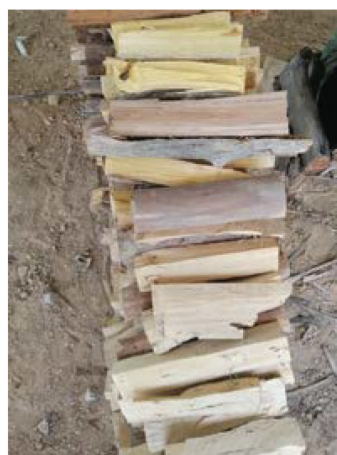
V คือ ปริมาตรของขึ้นทดสอบ (ม.³)

2.3 การเตรียมเชื้อเพลิงหน้าเตา

ตัดเศษเหลือทิ้งจากไม้จามจรี แสดงดังรูปที่ 3(2) ให้มีขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผา ต่อมานำมาผึ่งแดดให้เชื้อเพลิงมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 30



(1)



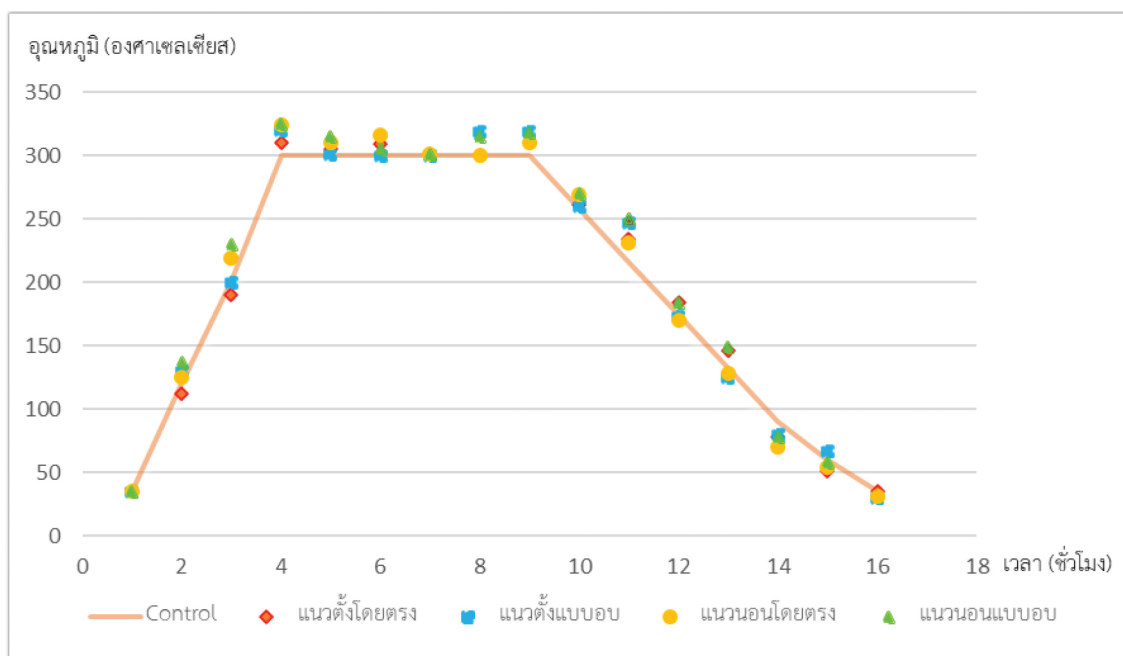
(2)

รูปที่ 3 ข้อไม้ไผ่เป่าะที่นำมาใช้ในการเผา (1) เชื้อเพลิงจากไม้จามจรี (2)

2.4 การทดลองเผาถ่าน

ทำการเผาถ่านข้อไม้ไผ่เปียะ โดยใช้เตาเผาถ่านทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ โดยเริ่มจากการจัดเรียงข้อไม้ไผ่เปียะลงในเตาเผาถ่านจำนวนเตาละ 50 กิโลกรัม หลังจากนั้นทำการปิดเตา ต่อมาทำการชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง โดยชั่งน้ำหนักทุกครั้งที่ได้เชื้อเพลิงเพิ่ม แล้วทำการจุดไฟลงในเชื้อเพลิงที่หน้าเตา และวัดอุณหภูมิทุก ๆ 10 นาที

ในช่วงเวลาที่ 1-4 จากนั้นทำการควบคุมความร้อนภายในเตาที่ 300 องศาเซลเซียส และควบคุมให้มีอุณหภูมิคงที่ ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปให้ลดปริมาณเชื้อเพลิง และถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปให้เพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง ในช่วงเวลาที่ 5-9 จากนั้นหยุดการเติมเชื้อเพลิง และทิ้งปรับสภาวะให้เตาเย็นในช่วงเวลาที่ 10-16 แสดงดังรูปที่ 4 จึงนำถ่านที่ได้มาชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บข้อมูล และทำความสะอาดเตาเผาถ่าน หลังจากนั้นทำการเผาข้อไม้ไผ่เปียะซ้ำ ในครั้งที่ 2 และ 3



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาถ่านจากเตาทั้ง 4 ประเภท

2.5 การทดสอบค่าสมบัติของถ่าน

นำถ่านข้อไม้ไผ่เปียะที่ได้จากการเผามาปรับสภาวะก่อนทดสอบในอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการสุมขึ้นตัวอย่างจากบริเวณด้านบน ตรงกลาง และด้านล่างของเตา เพื่อเป็นตัวแทนในแต่ละสภาวะของการเผาด้วยเตาเผาแต่ละประเภท และนำไปทดสอบหาค่าความร้อนแบบกรอส (Gross calorific value) และค่าความร้อนแบบเนต (Net calorific value) ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

(Bomb calorimeter) การทดสอบหาค่าปริมาณสารระเหย (Volatile matter) ปริมาณเถ้า (Ash content) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analysis) การทดสอบหาค่าปริมาณคาร์บอน (Carbon) และปริมาณไฮโดรเจน (Hydrogen) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุ (CHN Analyzer) โดยทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของสถาบันคั่นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการ

เกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณถ่าน และค่าสมบัติของถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะ จากการทดสอบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยตัวอักษร a, b และ c แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และตัวอักษร ns แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

3. ผลการทดลอง

3.1 ความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ไผ่เปียะทั้ง 5 ขึ้นที่ความชื้นร้อยละ 20 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 606.50 กก./ม.³ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของไม้ไผ่เปียะ

เฉลี่ย	ความหนาแน่น (กก./ม. ³)
1	615.77
2	614.52
3	596.81
4	606.48
5	599.14
เฉลี่ย	606.54

3.2 ปริมาณเชื้อเพลิงและปริมาณถ่าน

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะ พบว่า การใช้เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง และเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ ส่วนปริมาณถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะ พบว่า เตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเตาเผา

ถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ โดยเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากที่สุด และส่งผลต่อการได้ปริมาณถ่านมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อเพลิงและปริมาณถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะของเตาแต่ละประเภทที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

เตา	ประเภท	ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	ร้อยละปริมาณถ่าน
แนวตั้ง	ให้ความร้อนโดยตรง	5.97 ^a	13.74 ^a
	อบ	17.28 ^d	21.62 ^b
แนวนอน	ให้ความร้อนโดยตรง	14.28 ^{bc}	16.32 ^a
	อบ	13.97 ^b	20.16 ^b
เฉลี่ย		12.88	17.96

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c และ d แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

3.3 ค่าสมบัติของถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะ

ค่าความร้อนแบบกรอสและค่าความร้อนแบบเนทของถ่านขี้ไม่ไผ่เปียะ ของเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ เตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ ส่วนค่าปริมาณสารระเหยของเตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงและเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ ส่วนค่าปริมาณเถ้า

และปริมาณไฮโดรเจนของเตาเผาถ่านทั้ง 4 ประเภท แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณคาร์บอนคงตัวและปริมาณคาร์บอน ของเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับเตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรง และเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบ โดยถ่านข้อไม้ไผ่เป่าที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อน

แบบเนท ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด และมีปริมาณสารระเหยต่ำที่สุด ส่วนถ่านข้อไม้ไผ่เป่าที่เผาด้วยเตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าความร้อนแบบบรอสสูงที่สุด ส่วนถ่านข้อไม้ไผ่เป่าที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาณเถ้าต่ำที่สุด และมีปริมาณไฮโดรเจนสูงที่สุด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสมบัติของถ่านข้อไม้ไผ่เป่าของเตาแต่ละประเภทที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

เตา	ประเภท	ค่าความร้อนแบบบรอส (แคล/ก.)	ค่าความร้อนแบบเนท (แคล/ก.)	ร้อยละปริมาณสารระเหย	ร้อยละปริมาณเถ้า	ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว	ร้อยละปริมาณคาร์บอน	ร้อยละปริมาณไฮโดรเจน
แนวตั้ง	ให้ความร้อนโดยตรง	6,530.33 ^a	6,321.00 ^a	41.67 ^b	5.50 ^{ns}	53.01a	70.08 ^a	4.39 ^{ns}
	อบ	7,209.00 ^b	7,038.33 ^b	27.78 ^{ab}	6.39 ^{ns}	65.60 ^{ab}	76.18 ^{ab}	3.72 ^{ns}
แนวนอน	ให้ความร้อนโดยตรง	7,472.67 ^b	7,365.33 ^b	12.93 ^a	6.88 ^{ns}	80.07 ^b	84.03 ^b	2.46 ^{ns}
	อบ	7,396.33 ^b	7,340.33 ^b	9.61 ^a	7.16 ^{ns}	83.25 ^b	86.61 ^b	1.69 ^{ns}
เฉลี่ย		7,152.08	7,016.25	23.00	6.48	70.48	79.23	3.07

หมายเหตุ: ตัวอักษร a และ b แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และตัวอักษร ns แสดงค่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

4. วิจัยรณผล

จากการเผาถ่านด้วยเตาเผาถ่านแนวตั้งและแนวนอน ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส พบว่า มีปริมาณถ่านเฉลี่ยร้อยละ 17.96 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยร้อยละ 23.00 ปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 70.48 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Minglie [13] ที่ได้ทำการทดลองเผาถ่านไม้ไผ่ที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

มีปริมาณถ่านเฉลี่ยร้อยละ 20-40 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยร้อยละ 30.98 ปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 66.69 และสอดคล้องกับ Shengxue [14] ซึ่งได้ทำการทดลองเผาถ่านที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสพบว่า ได้ผลผลิตถ่านเฉลี่ยร้อยละ 20-30 ปริมาณสารระเหยเฉลี่ยร้อยละ 31.00 และปริมาณคาร์บอนคงตัวเฉลี่ยร้อยละ 67.00 อีกทั้งมีความใกล้เคียง

เคียงกับ Kaewluan และคณะ [15] ที่ได้ทำการทดลองเผาถ่านไม้ไผ่เลี้ยงด้วยเตาเผาถ่านแบบถังตั้งขนาด 200 ลิตร พบว่าได้ถ่านเฉลี่ยร้อยละ 22.38 แต่แตกต่างกับ Maneechot และคณะ [16] ที่ได้ทำการทดลองการพัฒนาเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร แบบแนวตั้ง ด้วยเทคนิคแก๊สซิฟิเคชันโดยเผาถ่านที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณถ่านร้อยละ 7.1 เนื่องจากอุณหภูมิและวัตถุดิบที่ใช้มีความแตกต่างกันทำให้ผลผลิตถ่านที่ได้แตกต่างกัน และปริมาณเถ้าของการเผาถ่านใกล้เคียงกับ Ruangsan และคณะ [17] ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาเตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งพบว่า ได้ปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 5-1 โดยปริมาณเถ้าที่ได้ไม่เพียงขึ้นอยู่กับร้อยละของถ่านที่ได้ แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการเผาในแต่ละเตา ชนิดของฟืน และจำนวนฟืนที่ใช้ในการเผา

5. สรุป

ข้อไม้ไผ่เป่ามีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 606.50 กก./ม.³ โดยเตาเผาถ่านแต่ละประเภทส่งผลต่อสมบัติของถ่านที่ต่างกัน ซึ่งเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบอบใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากที่สุดเฉลี่ย 17.28 กิโลกรัม และส่งผลต่อการได้ปริมาณถ่านข้อไม้ไผ่เป่ามากที่สุดร้อยละ 21.62 ส่วนถ่านข้อไม้ไผ่เป่า ที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 83.25 ค่าปริมาณคาร์บอนสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 86.61 และมีปริมาณสารระเหยต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 9.61 ส่วนถ่านข้อไม้ไผ่เป่าที่เผาด้วยเตาเผาถ่านแนวนอนแบบให้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนแบบแห้งสูงที่สุดเฉลี่ย 7,365.33 แคล/ก. มีค่าความร้อนแบบgrossสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 4.39 ส่วนถ่านข้อไม้ไผ่เป่าที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านแนวตั้งแบบให้ความร้อนโดยตรงที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสมีค่าปริมาณเถ้าต่ำที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 5.50 และมีปริมาณไฮโดรเจนสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 4.39 โดยเตาทั้ง 4 ประเภทมีต้นทุนในการผลิตที่ใกล้เคียงกัน เตาเผาถ่านแนวนอนแบบอบจึงมีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการผลิตถ่านไม้จากข้อไม้ไผ่ ซึ่งควรมีการทดลองการเผาถ่านจากวัสดุเหลือทิ้งประเภทอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิตถ่านได้อย่างมีคุณภาพ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนในการทำวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ในรอบทุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund) จากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2564 ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้อนุเคราะห์สถานที่สำหรับใช้ในการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

1. Sungkaew, S., Teerawatananon, A. and Jindawong, K., 2011, Bamboos in Thailand, Center of Excellent for Bamboos, Kasetsart University, Bangkok, pp. 1-263. (In Thai)
2. Das, S., Singh, Y., Negi, Y. and Shrivastava, P., 2017, "Genetic Variability in Different Growth Forms of *Dendrocalamus strictus*: *Deogun Revisited*. New Zealand," *Journal of Forestry Science*, 47 (1), pp. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s40490-017-0104-4>
3. Brar, J., Shafi, A., Sood, P., Sood, A. and Anand, M., 2012, "Micropropagation of *Dendrocalamus membranaceus* Munro. through Axillary Shoot Proliferation and Confirmation of Clonal Fidelity of In Vitro Raised Plants," *Journal of Bamboo and Rattan*, 11 (2), pp. 12-28.
4. Yang, H., An, M., Gu, Z. and Tian, B., 2012, "Genetic Diversity and Differentiation of *Dendrocalamus membranaceus* (Poaceae: Bambusoideae), a Declining Bamboo Species in Yunnan, China, as Based on Inter-Simple Sequence Repeat (ISSR) Analysis," *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (4), pp. 4446-57. <https://doi.org/10.3390/ijms13044446>
5. Sungkaew, S., Suddee, S., Wong, K. and Teerawatananon, A., 2021, "Thyrsostachys (Poaceae: Bambusoideae) in Thailand: Taxonomy, Lectotypification and Natural Distribution," *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 49 (1), pp. 49-56. <https://doi.org/10.20531/tfb.2021.49.1.05>

6. Li, W. and He, S., 2019, "Research on the Utilization and Development of Bamboo Resources through Problem Analysis and Assessment. IOP," *Conference Series Earth and Environmental Science*, 300 (5), pp. 052028. [https://doi.org/ 10.1088/1755-1315/300/5/052028](https://doi.org/10.1088/1755-1315/300/5/052028)
7. RamanayakeKapila, S. and Yakandawala, Y., 1997, "Micropropagation of the Giant Bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) from Nodal Explants of Field Grown Culms," *Plant Science*, 129 (2), pp. 213-223. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(97\)00185-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(97)00185-4)
8. Weixia, G., 2018, "Study on Creative Design of Bamboo Furniture from the Perspective of Ecological Design," *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 205 (1), pp. 716-718. [https://doi.org/ 10.2991/iccese-18.2018.165](https://doi.org/10.2991/iccese-18.2018.165)
9. Chin, K., Ibrahim, S., Hakeem, K., Paik San H'ng, P., Lee, S. and Lila, M., 2017., "Bioenergy production from Bamboo: Potential source from Malaysia's Perspective," *Bioresources*, 12 (3), pp. 1-24. <https://doi.org/10.15376/biores.12.3.6844-6867>
10. Ukanwa, K.S., Patchigolla, K., Sakrabani, R., Anthony, E. and Mandavgane, S., 2019, "A Review of Chemicals to Produce Activated Carbon from Agricultural Waste Biomass," *Sustainability*, 11 (22), pp. 6204-6239.
11. Mahanim, S., Asma, I., Rafidah, J., Puad, E. and Shaharuddin, H., 2011, "Production of Activated Carbon from Industrial Bamboo Wastes," *Journal of Tropical Forest Science*, 23 (3), pp. 417-424.
12. Kumar, R. and Chandrashekar, N., 2014, "Characterization of Charcoal from some Promising Bamboo Species," *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 11 (2), pp. 144-149. [https:// doi.org/10.1007/s13196-014-0128-9](https://doi.org/10.1007/s13196-014-0128-9)
13. Minglie, G., 2004, Manual for Bamboo Charcoal Production and Utilization [Online], Available: <https://www.yumpu.com/en/document/read/14466547/manual-for-bamboo-charcoal-production-and-utilization>. [24 December 2022]
14. Shengxue, J., 2004, Training Manual of Bamboo Charcoal for Producer and Consumer [Online], Available: <https://www.terrapreta.bioenergylists.org/files/Training%20Manual.pdf>. [24 December 2022]
15. Kaewluan, S., Sriromreun, P., Jansri, S., Asadamongkon, P. and Chuichulcherm, S., 2022, "Charcoal and Wood Vinegar Products from Hedge Bamboo by Using 200 Liters Community Charcoal Kiln Working with Gasified Biomass Burner," *Rajabhat Chiang Mai Research Journal*, 22 (2), pp. 229-245. (In Thai)
16. Maneechot, P., Thanarak, R., Thongsan, S., Prasit, B., Wansungnern, W., Ninwichian, P., Phetcharee, A. and Akhphin, A. 2015, "Development of Charcoal Kiln Vertical Power Size 200 Liters by Gasification Techniques," *The 8th Thailand Renewable Energy for Community Conference*, pp. 114-117. (In Thai)
17. Ruangsarn, K., Heman, A., Tasaroj, H., Reungrit, S. and Kraisoda, P., 2022, "Development of Wood Charcoal for Cooking Retort with Community Product Standards," *Kalasin University Journal of Science Technology and Innovation*, 1 (1), pp. 1-10.