



การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการผลิตถ่านด้วยอุปกรณ์แบบ 3 ขั้นตอน

Analysis of Properties of Products from a 3-Step Charcoal Production Process

ทินกฤต นฤนันต์¹, ศรีณรัตน์ คงมัน¹, อजरีย์ เงินงาม², ชญาภาณท์ สิทธิโอด², ทิพาพร คำแดง², ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย²,
นำพร ปัญโญใหญ่^{2*}

Thinnakrit Naruethanan¹, Sarunrat Khongman¹, Ajaree Ngerngam², Chayakarn Sittioad²,
Tipapon Khamdaeng², Thanasit Wongsiriamnuay², Numpon Panyoyai^{2*}

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์ 60000

¹Mechanical Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan 60000

²หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่ 50290

²Agricultural Engineering, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author: Tel.: +66-81-784-0249, E-mail: n.panyoyai@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตถ่านด้วยอุปกรณ์การผลิตแบบ 3 ขั้นตอน ทำการศึกษาโดยใช้ชีวมวล 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ลำไย และซังข้าวโพด ปริมาณ 40 40 และ 35 kg ตามลำดับ อุปกรณ์ ประกอบด้วย เตาเผาถ่านรูปทรงกระบอกขนาด 200 L ชุดกลั่นน้ำส้มควันไม้ และชุดเตาชีวมวลสำหรับเผาควันซ้ำเพื่อลดมลพิษที่ปล่อยสู่สภาพแวดล้อม จากผลการทดลอง พบว่า ได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้ดิบจากถ่านซังข้าวโพด ถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้ไผ่เป็น 28.80% 27.68% และ 27.83% ตามลำดับ มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.27-3.40 มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.0089-1.0091 หลังจากนั้น ทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ โดยทิ้งให้ตกตะกอน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นของเหลวเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้น มีกลิ่นควันไฟ สีน้ำตาลแดงใสหรือสีน้ำตาลเหลืองใส มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.62-3.89 ความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.0052-1.0072 และได้ปริมาณถ่านเฉลี่ยที่ได้จากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอนในกรณีซังข้าวโพด 24.86% ไม้ลำไย 24.50% และไม้ไผ่ 24.00% ค่าความร้อนของถ่านไม้ลำไย ถ่านไม้ไผ่ และถ่านซังข้าวโพด เท่ากับ 6,923 Cal g⁻¹, 7,381 Cal g⁻¹ และ 7,632 Cal g⁻¹ ตามลำดับ โดยชีวมวลที่ดีที่สุดในการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้คือ ไม้ไผ่

คำสำคัญ: น้ำส้มควันไม้, ถ่าน, ชีวมวล

Abstract

The present study aimed to investigate the characteristics of products produced in the charcoal production process utilizing a three-step production unit. The study utilized three different types of biomasses: bamboo, longan wood, and corncob, weighing 40 kg, 40 kg, and 35 kg, respectively. The equipment included a 200 L cylindrical charcoal kiln, a wood vinegar distillation unit, and a biomass kiln for burning smoke to reduce pollution emissions. The raw wood vinegar products from corncob charcoal, longan wood charcoal, and bamboo charcoal weighed 9.03±0.57 kg, 11.07±0.51 kg, and 11.13±0.31 kg, respectively. The pH values ranged from 3.27 to 3.40, while the specific gravities ranged from 1.0089 to 1.0091. The raw wood vinegar was transformed into pure wood vinegar by a settling process. The liquid was noted to be homogenous, with a smoky scent, and had a clear reddish brown or yellowish brown color, with pH values ranging from 3.62 to 3.89 and specific gravities between 1.0052 and 1.0072. The average charcoal yield from the three-step charcoal kiln was: longan wood 9.8 kg, bamboo 9.6 kg, and corncobs 8.7 kg. The calorific values of longan wood charcoal, bamboo charcoal, and corncob charcoal were

Received: October 3, 2023

Revised: November 10, 2023

Accepted: November 10, 2023

Available online: March 16, 2024

6,923 Cal g⁻¹, 7,381 Cal g⁻¹, and 7,632 Cal g⁻¹, respectively. Bamboo is the most effective biomass to produce charcoal and wood vinegar.

Keywords: Wood vinegar, Charcoal, Biomass

1 บทนำ

ถ่านถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนมาเป็นระยะเวลามากกว่าสิบศตวรรษ โดยริเริ่มมาจากกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออก เช่น ประเทศจีน และญี่ปุ่น (Bhattacharya et al. 2003) ซึ่งในกระบวนการผลิตถ่านแบบดั้งเดิมนั้นก่อให้เกิดมลพิษ (Naruethanan et al. 2022) เพื่อลดปัญหาที่กล่าวมานั้น จึงมีการศึกษาการออกแบบเตาเผาให้มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เพื่อลดมลพิษที่ปล่อยออกมาสู่สภาพแวดล้อมด้วยวิธีการเผาถ่านในพื้นที่อับอากาศ (Somporn et al. 2020; Srisophon et al. 2020; Petchaihan et al. 2020; Panyoyai et al. 2019; Sittioad et al. 2022; Intagun et al. 2018) นอกจากนี้ทำให้ได้น้ำส้มควันไม้และผลผลิตน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากกระบวนการจะมีคุณภาพที่สูง โดยใช้เตาเผาชีวมวลแบบถัง 200 L (ชัยพร และคณะ, 2565) นอกจากนี้ยังได้มีการประยุกต์ใช้ถ่านในงานด้านการเกษตร เช่น การช่วยปรับปรุงดินให้ร่วนซุย ใช้เพื่อเพิ่มสารอาหารให้แก่พืช ใช้ผสมในปุ๋ยหมัก และใช้เพื่อยืดอายุผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว โดยถ่านจะช่วยดูดซับแก๊สเอทิลีนที่ถูกคายออกมา

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใสและมีกลิ่นควันไฟ ได้จากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงที่ไม่กำลังเปลี่ยนเป็นถ่าน (wood carbonization) (บุศรา และคณะ, 2562) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านไม้ ประกอบด้วยกรดอินทรีย์ ฟีนอล แอลกอฮอล์ สารประกอบคาร์บอนิล สารอื่น ๆ อีกมากกว่า 200 ชนิด ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านการเกษตรและปศุสัตว์ (ณัฐิมา และคณะ, 2556) เช่น เป็นสารช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช หรือเร่งการงอกของเมล็ดพืช อีกทั้งยังเป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ให้คงทน ป้องกันการทำลายจากมด แมลง รวมถึงเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคพืช และใช้เป็นสารลดกลิ่นและแมลงในฟาร์มปศุสัตว์ เป็นต้น (จันทิมา และคณะ, 2563)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการทดสอบผลิตภัณฑ์จากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน โดยการทดลองผลิตถ่านจากซังข้าวโพด ไม่ล้าไล และไม้ไผ่ ซึ่งมีเป็นปริมาณมากในภาคเหนือ ประกอบกับสมบัติที่ดีจึงทำให้ได้ถ่านที่ได้มีค่าพลังงานความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านไม้ไผ่ที่มีค่าความร้อน 6,178 Cal g⁻¹ (งานพัฒนาพลังงานจากไม้, 2550; วีรภูษ, 2563) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่มากขึ้นเป็นประโยชน์มากแก่พืช และน้ำส้มควันไม้ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 659/2547) งานวิจัยของ (นิคม และอัจฉริยะ, 2565) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากถ่านไม้ไผ่มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 1.006-1.016 ค่า pH อยู่ระหว่าง 2.72-4.68 งานวิจัยของ (จารุวรรณ, 2563) พบว่าน้ำส้มควันไม้จากต้นข้าวโพดมี

องค์ประกอบทางเคมีเช่น กรดฟอร์มิก (*Formic acid*) 4.02% กรดอะซิติก (*Acetic acid*) 53.72% ฟีนอล (*Phenol*) 2.18% และสารอินทรีย์อื่นๆ สามารถนำไปใช้เป็นสารออกฤทธิ์ต้านเชื้อรา แบคทีเรีย หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ดังนั้นโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ค่าความร้อน สมบัติของถ่าน และสมบัติน้ำส้มควันไม้ ที่ได้จากกระบวนการผลิตจากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุและขั้นตอนการเผาชีวมวล

ชีวมวลที่ใช้ในการทดลองคือ ไม้ไผ่ ไม้ล้าไล และซังข้าวโพด ในการทดลองชีวมวลควบคุมความชื้นให้มีปริมาณต่ำกว่า 10% w.b. นำชีวมวลทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ไม้ไผ่ ไม้ล้าไล และซังข้าวโพด ปริมาณ 40 40 และ 35 kg ตามลำดับ ที่ใช้ในการทดลองใส่ในเตาเผาถ่านขนาด 200 L ใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวลอัดแท่งจำนวน 2.5 kg experiment⁻¹ แล้วเติมน้ำลงในชุดกลั่นน้ำส้มควันไม้จนเต็ม ในกระบวนการกลั่นน้ำส้มควันไม้จะใช้พัดลมแบบหอยโข่งในการดึงควันจากเตาเผาถ่านไปยังชุดท่อภายในเพื่อทำการควบแน่นกับน้ำภายในชุดกลั่นน้ำส้มควันไม้ จากนั้นน้ำส้มควันไม้ที่ถูกควบแน่นแล้วจะไหลออกมาจากปลายท่อทำการเก็บตัวอย่างลงภาชนะบรรจุพลาสติก PPE ทำการชั่งปริมาณน้ำส้มควันไม้ด้วยตราชั่งแบบดิจิทัลที่ได้ออก 1 การทดลอง สังเกตสีของน้ำส้มควันไม้เบื้องต้นด้วยสายตา และทำการบันทึกผล หลังจากนั้นนำขวดบรรจุน้ำส้มควันไม้หุ้มด้วยฟอยล์ ตั้งไว้ในที่พ้นจากแสงแดดเป็นเวลา 6 เดือนและเก็บตัวอย่างบางส่วนเพื่อรองและทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำส้มควันไม้ดิบ และค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ดิบ

ในการผลิตถ่านจะทำการเก็บค่าอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ Datalogger ยี่ห้อ Wisco รุ่น AI210 เก็บข้อมูลอุณหภูมิในการผลิตทุกๆ 5 min โดยอุณหภูมิสูงสุดที่ใช้ในการทดลองอยู่ในช่วง 700-800°C เมื่อจบกระบวนการผลิตถ่านทิ้งไว้จนอุณหภูมิภายในเตาเผาถ่านต่ำกว่า 70°C จึงนำถ่านออก จากนั้นเก็บตัวอย่างถ่านทั้งหมดเพื่อบันทึกผลปริมาณถ่านที่ได้ต่อการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างลงในถุงซิปล็อกเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติต่อไป และทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง

โครงสร้างเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอนประกอบด้วย เตาเผาถ่าน ชุดกลั่นน้ำส้มควันไม้ และเตาเผาชีวมวลสำหรับเผาถ่านซ้ำ แสดงดังภาพที่ 1

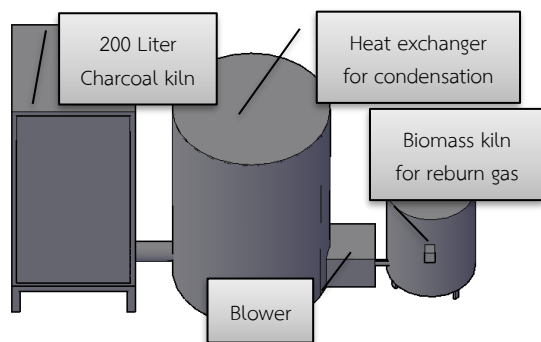


Figure 1 3-step charcoal kiln.

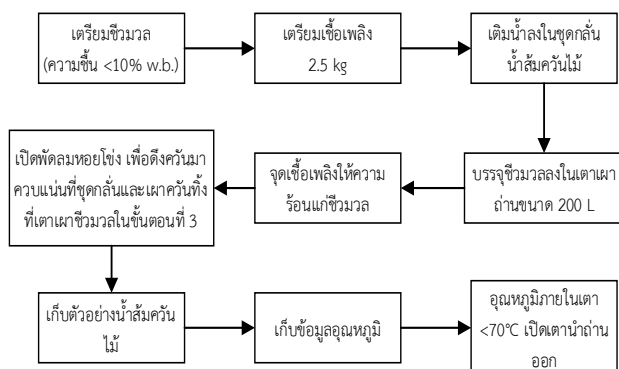


Figure 2 Working principle of 3-step charcoal kiln.

2.2 วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านต้องทำการเตรียมตัวอย่าง โดยนำถ่านแต่ละชนิดมาลดขนาดให้เป็นผงแล้วจึงนำตัวอย่างแต่ละชนิดทดสอบค่าความร้อนด้วยเครื่องหาค่าความร้อน (Bomb Calorimeter) รุ่น Ballistic ยี่ห้อ Gallenkamp ประเทศอังกฤษ โดยการใช้ตัวอย่างปริมาณ 1 g ตามมาตรฐาน ASTM D 5865 หลังจากนั้นนำตัวอย่างถ่านทั้ง 3 ชนิดทดสอบปริมาณคาร์บอนต่อไนโตรเจนด้วยวิธี In-house method based on AOAC and OMAF

ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ โดยใช้พิกโนมิเตอร์ ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C จากนั้นทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ซึ่งน้ำหนักพิกโนมิเตอร์เปล่า จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงในพิกโนมิเตอร์ที่ชั่งน้ำหนักขวดเปล่าแล้ว เช็ดให้แห้งและนำไปชั่งน้ำหนักบนที่กผลและบันทึกอุณหภูมิ น้ำ (y) คำนวณความหนาแน่นน้ำกลั่น (w) โดยนำน้ำหนักพิกโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นมาลบด้วยน้ำหนักพิกโนมิเตอร์เปล่า และทำเช่นเดียวกันกับน้ำส้มควันไม้ซ้ำอีก 1 ครั้ง นำน้ำหนักพิกโนมิเตอร์ที่บรรจุน้ำส้มควันไม้มาลบด้วยน้ำหนักพิกโนมิเตอร์เปล่า จะสามารถคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ได้จากสมการที่ 1 โดยที่ x คืออุณหภูมิของน้ำส้มควันไม้ y คืออุณหภูมิของน้ำกลั่น s คือความหนาแน่นของน้ำส้มควันไม้ w คือความหนาแน่นของน้ำกลั่น

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ ที่อุณหภูมิ } x/y \text{ องศาเซลเซียส} = \frac{s}{w} \quad (1)$$

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำส้มควันไม้ ทำการทดลองด้วยเครื่อง pH meter รุ่น 713 ยี่ห้อ Metrohm ประเทศ Switzerland

สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตริเตอร์ (GC-MS) กำหนดรายละเอียดดังตารางที่ 1

Table 1 Conditions used for chemical analysis of wood vinegar using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).

Parameter	Condition
GC Conditions	
Gas Chromatograph	6890N (Agilent Technologies, USA)
Column	DB-FFAP: 30 m × 0.25 mm i.d. × 0.50 μm capillary column (J&W scientific, USA)
Temperature program	Inject temperature: 100 °C. Oven temperature: 40°C (initial temperature) at 40°C for 5 mins, then increased from 40°C to 200°C at 20°C min ⁻¹ , holding at 200°C for 25 mins. Detector temperature: 230°C
Injection mode	Split ratio 100:1
Helium carrier gas	Flow rate 10 ml min ⁻¹
Mass Spectrometer Conditions	
Detector	Mass spectrometer 5973N (Agilent Technologies, USA)
MS mode	El mode
Mass range / scan speed	30 – 500 amu sec ⁻¹ .
Transfer line temperature	200°C
Filament / multiplier delay	3 mins.

3 ผลและวิจารณ์



Figure 3 Characteristics of charcoal produced using 3-step charcoal kiln (A) Bamboo charcoal (B) Longan wood charcoal (C) Corn cob charcoal.

การทดสอบเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน โดยใช้วัสดุทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ช้างข้าวโพด ไม้ลำไย และไม้ไผ่ เฉลี่ยมีการใช้ช้างข้าวโพดใส่เตาเผาถ่านน้ำหนัก 35 kg ไม้ลำไย 40 kg และไม้ไผ่ 40 kg ใช้ชีวมวลอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิงในการเริ่มต้นเผาถ่านน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 kg ระยะเวลาที่ใช้การให้ความร้อนแก่เตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน ในช้างข้าวโพด 340 min ไม้ลำไย 245 min และไม้ไผ่ 298 min ปริมาณการกลายเป็นถ่านเฉลี่ยที่ได้จากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน ช้างข้าวโพด 24.86% ไม้ลำไย 24.50% และไม้ไผ่ 24.00% นำถ่านทั้ง 3 ชนิดไปทดสอบค่าความร้อนและสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Characteristics of charcoal from 3 types of biomasses.

Type of charcoal	Characteristic	Moisture content (%)	Heating Value (Cal g ⁻¹)	C/N
Bamboo charcoal	The wood is evenly blackened, with some breakage, but no unburned wood.	≤10	7,381	11:1
Longan wood charcoal	The wood is evenly blackened, with a maintained shape, no breakage, and no unburned wood.	≤10	6,923	3:1
Corn cob charcoal	The wood is evenly blackened, with a maintained shape, with no unburned wood.	≤10	7,632	5:1
Boiling charcoal	The wood is evenly blackened, with no soil or unburned wood.	≤10	≥6,000	
Grilling charcoal	The wood is evenly blackened, with no soil or unburned wood.	≤8	≥7,000	

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของถ่านช้างข้าวโพด ถ่านไม้ลำไย และถ่านช้างข้าวโพด พบว่าถ่านช้างข้าวโพดมีค่าความร้อน 7,632 Cal g⁻¹ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 5:1 ถ่านไม้ลำไยมีค่าความร้อน 6,923 Cal g⁻¹ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 3:1 และถ่านไม้ไผ่มีค่าความร้อน 7,381 Cal g⁻¹ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 11:1 ค่าความร้อนในถ่านแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันเนื่องจากโครงสร้างทางกายภาพและทางเคมีของแต่ละชีวมวลมีความแตกต่างกัน ซึ่งพบว่าถ่านช้างข้าวโพดมีค่าพลังงานความร้อนสูงสุด และถ่านไม้ไผ่มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงสุด 11:1 ซึ่งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีความสอดคล้องกับงานของ (Wongsiriamnuay et al. 2019) เนื่องจากการรักษาเวลาอุณหภูมิสุดท้ายของแต่ละชีวมวลที่ไม่เท่ากันส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในถ่านแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน (กันยาพร และสิทธิบุรณ, 2559) จากงานวิจัยของ (ชีษณุชา และขวัญฤทัย, 2559) พบว่าถ่านช้างข้าวโพดมีค่าความร้อน 5,755 Cal g⁻¹ เมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน สามารถเพิ่มค่าความร้อนได้สูงกว่าถึง

32.62% ถ่านไม้ไผ่จากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอนสามารถเพิ่มค่าความร้อนของถ่านสูงขึ้นถึง 19.47% เมื่อเทียบกับถ่านไม้ไผ่จากงานวิจัยของกรมป่าไม้ที่มีค่าความร้อน 6,178 Cal g⁻¹ (งานพัฒนาพลังงานจากไม้, 2550) ถ่านไม้ลำไยจากเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอนสามารถเพิ่มค่าความร้อนได้สูงถึง 25.64% เมื่อกับถ่านอัดแท่งไม้ลำไยจากงานวิจัยของ (กฤษฎา และนิลบล, 2563) ที่มีค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งไม้ลำไย ที่ 5,510 Cal g⁻¹

ถ่านทั้ง 3 ชนิดให้ค่าความร้อนอยู่ในมาตรฐานถ่านหุงต้มที่จะมีค่าความร้อนมากกว่า 6,000 Cal g⁻¹ ถ่านที่ได้จากการผลิตด้วยเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม มพช. 657/2547 เนื่องจากถ่านสามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าการเป็นเชื้อเพลิง ยังสามารถใช้ในการเกษตรได้ ด้วยวิธีการบดเป็นผงผสมลงในดินปลูกสามารถเพิ่มสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ คาร์บอนและไนโตรเจน และยังสามารถใช้ใส่อุตสาหกรรมกระบวนการผลิตเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ การลดการแข็งตัวในปูนซีเมนต์ จากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ถ่านไม้ไผ่ในการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำของ

ถ่านไม้ชนิดต่าง ๆ พบว่าถ่านไม้สามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนในผิวของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำได้ (ณรงค์ศักดิ์ และคณะ, 2557)

จากการทดสอบเตาเผาถ่านแบบ 3 ขั้นตอน ในการผลิตถ่านทั้ง 3 ชนิดมีการผลิตน้ำส้มควันไม้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้ดิบจากถ่านซังข้าวโพด ถ่านไม้ลำไย และถ่านไม้ไผ่โดยคิดเป็น

28.80% 27.68% และ 27.83% ตามลำดับ ซึ่งยังเป็นน้ำส้มควันไม้ดิบ มีลักษณะของน้ำส้มควันไม้ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิด เป็นสีน้ำตาลเข้มอมดำ เนื่องจากเก็บตัวอย่างของน้ำส้มควันไม้ในช่วงที่มีอุณหภูมิภายในเตาเผาสูงกว่า 425°C ส่งผลให้น้ำมันดินปนเปื้อน

Table 3 Physical properties of raw and purified wood vinegar.

Type of wood vinegar	Physical Characteristic		pH Value			Specific Gravity		
	Raw wood vinegar	Purified wood vinegar	Raw wood vinegar	Purified wood vinegar	Community product standards	Raw wood vinegar	Purified wood vinegar	Community product standards
Bamboo charcoal	Clear brown with tar mixture	Light brown clear	3.27	3.62		1.0091	1.0069	
Longan wood charcoal	Dark brown clear with tar mixture	Clear brown	3.40	3.78	1.5-2.8 (Distillation) 2.8-3.7 (Raw)	1.0095	1.0072	>1.001
Corn cob charcoal	Dark brown clear with tar mixture	Clear red brown	3.32	3.89		1.0089	1.0052	

จากตารางที่ 3 เมื่อน้ำส้มควันไม้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วด้วยวิธีการตกตะกอนและกรองแล้ว เมื่อพิจารณา ลักษณะทางกายภาพของน้ำส้มควันไม้ พบว่าน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์จะมีลักษณะที่เปลี่ยนไปคือ ไม่มีน้ำมันดินผสมอยู่แล้ว และลักษณะของสีน้ำส้มควันไม้จากถ่านทั้ง 3 ชนิดมีความใสขึ้นจากน้ำส้มควันไม้ดิบที่มีน้ำมันดินผสมอยู่จำนวนหนึ่ง

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้ พบว่าเมื่อน้ำส้มควันไม้ดิบถูกทิ้งให้ตกตะกอนและผ่านการกรองแล้วจะมีค่าความถ่วงจำเพาะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value < 0.05) และมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานของ มพข. 659/2547

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำส้มควันไม้พบว่า เมื่อน้ำส้มควันไม้ถูกทำให้บริสุทธิ์แล้วจะมีค่าความเป็นด่างสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value < 0.05) ระหว่างน้ำส้มควันไม้ดิบและน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ของถ่านทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์มีค่า pH ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน มพข. 659/2547 เนื่องจากกระบวนการทำน้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์ในงานวิจัยนี้คือปล่อยให้ตกตะกอนและกรองน้ำส้มควันไม้ออกจากน้ำมันดิน ซึ่งไม่ผ่านกระบวนการกลั่นให้ได้น้ำส้มควันไม้กลั่น

ผลการวิเคราะห์น้ำส้มควันไม้ด้วยเครื่อง GC-MS แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำส้มควันไม้จากการผลิตถ่านทั้ง 3 ชนิดคือ กรดอะซิติก สารประกอบฟีนอล และอนุพันธ์ของฟีนอล สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Yasuhara and Sugiura, 1987) ซึ่งสารประกอบดังกล่าวเป็นประโยชน์แก่พืชในการยับยั้งการเกิดเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคพืชได้ (จันทิมา และคณะ, 2563) จากตารางที่ 4 พบว่าปริมาณฟีนอลในน้ำส้มควันไม้จากถ่านซังข้าวโพดมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ จากถ่านไม้ไผ่ และถ่านไม้ลำไย ตามลำดับ และพบกรดอะซิติกสูงสุดในน้ำส้มควันไม้จากถ่านไม้ลำไย รองลงมาคือ จากถ่านไม้ไผ่ และถ่านซังข้าวโพด สารประกอบในน้ำส้มควันไม้เกิดจากการคาร์บอนเซชันของลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส (Amen-Chen et al. 2001) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในชีวมวล ดังนั้นชนิดของชีวมวลที่นำมาผลิตน้ำส้มควันไม้จึงส่งผลต่อคุณภาพของสารประกอบในน้ำส้มควันไม้

จากงานวิจัยของ (พรรณี และคณะ, 2565) พบว่าน้ำส้มควันไม้ที่ได้รับมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.78-4.41 และมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 0.995-1.016 เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้รับมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันในชีวมวลทั้ง 3 ชนิด

และจากงานวิจัยของ (บุศรา, 2561) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีสอดคล้องกันโดยพบสารประกอบกลุ่ม *Organic acid* สูงถึง 46.85% และสารประกอบกลุ่ม *Phenol* สูงถึง 63.87% เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้พบว่ามีความสอดคล้องกันโดยพบสารประกอบกลุ่ม *Organic acid* สูงสุด 50.52% ในน้ำส้มควันไม้จากถ่านไม้ลำไย และ 46.06% ในน้ำส้มควันไม้จากถ่านไม้ไผ่ ซึ่ง

สารประกอบกลุ่ม *Organic acid* ช่วยในการฆ่าและยับยั้งการเกิดเชื้อโรค เชื้อราในพืชได้ และสารประกอบกลุ่ม *Phenol* สูงสุด 42.79% ในน้ำส้มควันไม้จากถ่านซังข้าวโพด รองลงมา 24.71% ในน้ำส้มควันไม้จากถ่านไม้ไผ่ สารประกอบกลุ่ม *Phenol* ออกฤทธิ์ในการช่วยควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและยับยั้งการเกิดเชื้อรา

Table 4 Chemical Components of wood vinegar.

Chemical Component	Corn cob		Longan wood		Bamboo	
	Relative quantity (%)	Quality (%)	Relative quantity (%)	Quality (%)	Relative quantity (%)	Quality (%)
<i>Acetic acid</i>	13.4	91	45.53	80	37.5	86
<i>Propanoic acid</i>	4.01	91	3.89	94	6.53	89
<i>Butanoic acid</i>	2.17	95	1.1	95	2.03	93
<i>Acetone</i>	2.73	80	1.17	80	1.72	80
<i>Cyclopentanone</i>	1.08	90	0.62	91	1.18	90
<i>2-Butanone</i>	0.77	86	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>2-Cyclopenten-1-one</i>	9.17	91	2.71	91	1.44	89
<i>1-Hydroxy-2-butanone</i>	1.03	80	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one</i>	2.16	90	1.55	95	1.98	96
<i>2-Furancarboxaldehyde</i>	0.99	94	N/A	N/A	N/A	N/A
<i>1-(2-Furyl) ethenone</i>	3.08	91	1.91	90	2.98	90
<i>2-Furanmethanol</i>	7.72	95	N/A	N/A	3.76	95
<i>Phenol</i>	42.79	94	16.72	95	24.71	95
<i>2-Methoxy-4-ethylphenol(guaiacol)</i>	1.91	97	3.65	97	1.56	94
<i>Benzene methanol</i>	3.79	97	0.78	97	1.7	97
<i>2-Formyl-5-methylfuran</i>	N/A	N/A	2.11	94	N/A	N/A
<i>4-Ethyl-2-methoxyphenol(guaiacol)</i>	N/A	N/A	2.05	91	N/A	N/A
<i>2-Methyl-4-propyl imidazole</i>	N/A	N/A	0.4	90	N/A	N/A
<i>2-Methyl-2-cyclopenten-1-one</i>	N/A	N/A	1.76	91	2.58	92
<i>Furfural</i>	N/A	N/A	8.78	95	N/A	N/A
<i>3-Methyl-2-cyclopenten-1-one</i>	N/A	N/A	0.92	94	1.13	90
<i>3,4-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	0.37	90
<i>4,5-Dimethyl-4-hexen-3-one</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	0.23	83
<i>1-Hydroxy-2-methoxy-4-methylbenzene</i>	N/A	N/A	N/A	N/A	2.06	97

4 สรุป

จากการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าชีวมวลที่เหมาะสมที่สุดได้แก่ ไม้ไผ่ เนื่องจากมีค่าความร้อนที่สูงและองค์ประกอบทางเคมีของ น้ำส้มควันไม้ที่ดี ซึ่งพบ *Acetic Acid* 37.5% *Propanoic* 6.53% *Butanoic acid* 2.03% และ *Phenol* 24.71% ช่วยในการยับยั้ง การเจริญเติบโตของเชื้อราในพืชได้

เตาเผาถ่านแบบ 3 ชั้นตอนผลิตถ่านให้มีสมบัติเป็นไปตาม มาตรฐาน มผช. 657/2547 สามารถนำไปใช้หุงต้มได้อย่าง ปลอดภัย เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านไม้ไผ่ พบว่าเตาเผาถ่านแบบ 3 ชั้นตอนสามารถเพิ่มค่าความร้อนของ ถ่านสูงขึ้นถึง 19.47% เมื่อเทียบกับถ่านไม้ไผ่จากงานวิจัยของ กรมป่าไม้ที่มีค่าความร้อน $6,178 \text{ Cal g}^{-1}$ (งานพัฒนาพลังงาน จากไม้, 2550) เนื่องจากในการทดลองด้วยเตาเผาถ่านแบบ 3 ชั้นตอนสามารถทำอุณหภูมิภายในเตาได้สูงสุดถึง 800°C โดย อุณหภูมิในการผลิตถ่านส่งผลให้ค่าความร้อนสูงขึ้นเช่นเดียวกัน (กันยาพร และสิทธิบุรณ์, 2559)

สมบัติน้ำส้มควันไม้จากการวิจัยนี้ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH value) ยังไม่เป็นไปตาม มาตรฐาน มผช. 659/2547 และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากการผลิตถ่านทั้ง 3 ชนิดพบส่วนใหญ่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตร เช่น *Acetic acid* และ *Phenol* เป็นต้น แต่ยังคงพบสารที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ มนุษย์อยู่ เช่น *Furfural* *Benzene* *methanol* และสารประกอบ คาร์บอนิล เป็นต้น สารเหล่านี้ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบ ทางเดินหายใจ ปอดอักเสบ และมะเร็ง (จารุวรรณ, 2563)

5 ข้อเสนอแนะ

ทางผู้วิจัยขอเสนอแนะว่าหลังจากปล่อยตกตะกอนและกรอง น้ำส้มควันไม้แล้ว ควรผ่านกระบวนการกลั่นอีกครั้งเพื่อให้ได้ น้ำส้มควันไม้กลั่นตามมาตรฐานของ มผช. 659/2547

6 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่อำนวยความสะดวกพื้นที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

7 เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา บุญชม, นิรุบล ไชยสมปาน. 2559. การศึกษาถ่านอัดแท่งจากไม้ลำไย. วารสารนเรศวรพะเยา 13(2), 51-56.
กันยาพร ไชยวงศ์, สิทธิบุรณ์ ศิริพรอัครชัย. 2559. การวิเคราะห์ พารามิเตอร์การผลิตถ่านชีวภาพจากขี้ข้าวโพดด้วย กระบวนการไพโรไลซิสแบบช้า. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 23(1), 85-92.
งานพัฒนาพลังงานจากไม้. 2550. รวมบทคัดย่องานวิจัย พ.ศ. 2525-2550. กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้.

จันทิมา ช้างสิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า, กาญจนา ชันทะกะพันธ์, นิรนา ชัยฤกษ์. 2563. การใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นธรรมชาติ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 38(3), 351-355.

จารุวรรณ วิโรจน์. 2563. คุณสมบัติของน้ำส้มควันจาก ต้นสะเดา ต้นยูคาลิปตัส ต้นข้าวโพด และใบมะม่วง. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 39(1), 136-143

ชัยพร มณีชัยดี, ทิพาพร คำแดง, นำพร ปัญญาใหญ่, ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอานวย, ประชา ยืนยงกุล. 2565. คุณลักษณะทาง ความร้อนของเตาเผาถ่านชีวภาพแบบแอนิลาและปัจจัยที่ ส่งผลต่อการผลิตถ่านชีวภาพ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 7(2), 1-9.

ซิณุชา แซ่ม้า, ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ์. 2559. การศึกษา ประสิทธิภาพถ่านอัดแท่งจากขี้ข้าวโพดและเหง้ามันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราช ภัฏกาแพงเพชร ครั้งที่ 3 ประจำปี 2559, 608-613. กำแพงเพชร:มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 22 ธันวาคม 2559, กำแพงเพชร.

ณรงศักดิ์ ธรรมโชติ, วรรณ หอมจะบก, นฤดม ทาดี. 2557. ประสิทธิภาพการเพิ่มคาร์บอนที่ผิวในเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ของถ่านไม้ชนิดต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูปเคโรซิง. วารสารวิศวกรรมสาร มช. 41(3), 383-391.

ณัฐมา เกลิมแสน, บุญชู นาวานนุเคราะห์, อรรถพล ต้นไสว, ณรงค์ นันตะจันทร์, ธัญรัตน์ จารี, พรพล บุญตา. 2556. ผลของการ เสริมน้ำส้มควันไม้ดิบ และน้ำส้มควันไม้กลั่นในอาหารไก่เนื้อ. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(2), 111-21.

นิคม แหล่มสัก, อัจฉริยะ โชติจันทร์. 2565. การผลิตและสมบัติ ของน้ำส้มควันไม้และถ่านจากไม้ไผ่และไม้ตัดขยายระยะที่ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง โดยใช้เตาเผาถ่านไทย-อิวาเตะ. วารสารวนศาสตร์ 26(ฉบับพิเศษ), 75-82.

บุศรา ศรีชัย, ภิญญาภรณ์ ดุงโคกกรวด, ศิริรัตน์ ดีศีลธรรม. 2562. การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน 5(1), 29-44.

บุศรา ศรีชัย. 2561. การผลิตน้ำส้มควันไม้จากเปลือกหมาก. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: ต้องใส่คณะเหมือนเทมเพลตรีเปล่าคะ, มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.

พรรณี เค้นรุ่งเรือง, มยุรี จิตต์แก้ว, ศศิธร สุขสบาย, ปัทมา สีดาทอง. 2565. คุณสมบัติน้ำส้มควันไม้จากการเผาถ่านด้วยเตา ก่อแบบชาวบ้าน. วารสารวนศาสตร์ 26(ฉบับพิเศษ), 1-7.

วีรุธ เลพล. 2563. การจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งจากหัตถกรรมจักสานไม้ไผ่สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้เตาเผาถ่าน ขนาด 200 ลิตร (แบบตั้ง). วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 13(2), 46-52.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม. มผช. 657/2547. 2546; 1-3.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำส้มควันไม้ดิบ. มผช. 659/2547. 2546; 1-3.
- Amen-Chen, C., Pakdel, H., Roy, C. 2001. Production of monomeric phenols by thermochemical conversion of biomass: a review. *Bioresource Technology* 79, 277-299.
- ASTM D 5865. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive. PO Box C700. West Conshohocken. United States. PA 19428-2959.
- Bhattacharya, S., Abdul, S., Pham, P., Hoang, L., Ravindranath, N.H. 2003. Sustainable biomass production for energy in selected Asian countries. *Biomass and Bioenergy*. 25, 471-482.
- Intagun, W., Khamdaeng, T., Prom-Ngarm, P., Panyoyai, N. 2018. Effect of core puncture diameter on biochar kiln efficiency. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering*, 12(11), 435-439.
- Naruethanan, T., Tantikul, S., Wongsiriamnuay, T., Khamdaeng, T., Tippayawong, N., Panyoyai, N. 2022. Energy Efficiency and Economic Analysis of a Biochar Production System. *AIP Conference Proceedings*, 2681(1). Chiang Mai: Chaing Mai University. 18-20 November 2021, Mueang Chiang Mai, Chiang Mai.
- Panyoyai, N., Petchaihan, L., Wongsiriamnuay, T., Hirsantiporn, B., Khamdaeng, T. 2019. Simulation of temperature distribution in biochar kiln with different feedstock types. *Engineering Access* 5(2), 59-64.
- Petchaihan, L., Panyoyai, N., Khamdaeng, T., Wongsiriamnuay, T. 2020. Test of a modified small-scale biochar kiln. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 463(1), 012004. Bangkok: Millennium Hilton Bangkok. 11-14 December 2019, Khlong San, Bangkok.
- Sittioad, C., Tantikul, S., Wongsiriamnuay, T., Khamdaeng, T., Tippayawong, N., Panyoyai, N. 2022. Temperature Distribution and Properties of Biochar from a Two-Heating-Stage Kiln. *AIP Conference Proceedings* 2681(1). Chiang Mai: Chaing Mai University. 18-20 November 2021, Mueang Chiang Mai, Chiang Mai.
- Somporn, W., Panyoyai, N., Khamdaeng, T., Tippayawong, N., Tantikul, S., Wongsiriamnuay, T. 2020. Effect of process conditions on properties of biochar from agricultural residues. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 463(1), 012005. Bangkok: Millennium Hilton Bangkok. 11-14 December 2019, Khlong San, Bangkok.
- Srisophon, M., Khamdaeng, T., Panyoyai, N., Wongsiriamnuay, T. 2020. Characterization of thermal distribution in 50-Liter biochar kiln at different heating times. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 463(1), 012079. Bangkok: Millennium Hilton Bangkok. 11-14 December 2019, Khlong San, Bangkok.
- Wongsiriamnuay, T., Khamdaeng, T., Panyoyai, P., Sutassanamarlee, N., Klinkajorn, P., Panyoyai, N. 2019. Thermal Properties and Agricultural Products of Biochar Production. *The 11th International Conference on Sciences, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being*, 61-66. Johor: Universiti Teknologi Malaysia. 29 July – 1 August 2019, Skudai, Johor.
- Yasuhara, A., Sugiura, G., 1987. Volatile Compounds in Pyrolygneous Liquids from Karamatsu and Chishima-sasa. *Agricultural and Biological Chemistry* 51, 3049-3060.