บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาเตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Development of Wood Charcoal for Cooking Retort with Community Product Standards

โกศล เรืองแสน[1*], อัดชา เหมันต์[1], หอมหวน ตาสาโรจน์[1], สิทธิศักดิ์ เริงฤทธิ์[1],
ภัคคิป ไกรโสดา[1], วิราวรรณ เหมันต์[2] และ ศิริวรรณ เรืองแสน[3]
Koson Ruangsan[1*], Adcha Heman[1], Homhuan Tasaroj[1], Sittisak Reungrit[1], Pakkip Kraisoda[1],
Wirawan Heman[2], Siriwan Ruangsan[3]

วันที่รับบทความ (Received)	วันที่ได้รับบทความฉบับแก้ไข (Revised)	วันที่ตอบรับบทความ (Accepted)
3 กุมภาพันธ์ 2565	21 มิถุนายน 2565	22 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาเตาเผาถ่านไม้หุงต้มขนาดความจุ 750 ลิตร เพื่อให้ได้ถ่านไม้หุงต้มที่ได้มีสมบัติของปริมาณความชื้น สารระเหย เถ้า และค่าความร้อน ให้ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) ซึ่งการทดลองแบ่งน้ำหนักของไม้ฟืนจากยูคาลิปตัสออกเป็น 3 ระดับ คือ 400, 600 และ 800 กิโลกรัม จากนั้นสุ่มวิเคราะห์แบบเจาะจงของถ่านไม้ที่ได้จากชั้นบน กลาง และล่าง พบว่า ถ่านไม้หุงต้มมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 5-11 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยประมาณร้อยละ 20-26 โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 5-10 และค่าความร้อนสูงประมาณ 6243-6599 แคลอรี่ต่อกรัม โดยน้ำหนัก ซึ่งถ่านไม้หุงต้มที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547)

คำสำคัญ: ถ่านไม้, เตาเผาถ่าน, ไม้ยูคาลิปตัส, คาร์บอไนเซชัน

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

[1] Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ, มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

[2] Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University

[3] วิทยาลัยการอาชีพกาฬสินธุ์

[3] Kalasin Industrial and Community Education College

* Corresponding author; email: koson.ru@ksu.ac.th.

Abstract

This research aims to develop wood charcoal stove capacity about 750 liter. In order to meet the community standard for wood charcoal for cooking (OTOP. 657/2547).The experiments were divided of weight wood between 400, 600 and 800 kg. Randomly analyze the charcoal obtained from the upper, middle and lower layers. It was found that the results of the analysis of the properties of the wood charcoal for cooking were the moisture content about 5-11 wt%, volatile matter content 20-26 wt%, ash content 5-10 wt% and high heating value 6243-6599 cal/g. Charcoal that meets the community standard for wood charcoal for cooking (OTOP. 657/2547).

Keywords: Charcoal, Charcoal Retort, Eucalyptus, Carbonization

1. บทนำ

การใช้พลังงานชีวมวลในกลุ่มประเทศเอเชีย เช่น จีน อินเดีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา และไทย เป็นต้น มีศักยภาพมากที่นำพลังงานชีวมวลนี้มาใช้อย่างยั่งยืน โดยเฉพาะประเทศไทยเองมีสัดส่วนการใช้คิดเป็นร้อยละ 11.6 [1] ซึ่งในเนื้อไม้มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งมีช่วงของอุณหภูมิการแตกตัวด้วยความร้อนของเฮมิเซลลูโลสอยู่ระหว่าง 150-300 องศาเซลเซียส เซลลูโลสอยู่ระหว่าง 200-400 องศาเซลเซียส และลิกนิน อยู่ระหว่าง 100-600 องศาเซลเซียส [2] การทำให้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงแข็ง (ถ่าน) เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดและมีความคุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาการนำชีวมวลมาผลิตเป็นถ่านจากไม้และหญ้า [3] การเปลี่ยนโครงสร้างของไม้ที่กลายเป็นถ่าน [4] องค์ประกอบของถ่านจากไม้ยูคาลิปตัส [5] การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของถ่านไม้ด้วยโฟโตอิเล็กตรอนเอกซเรย์สเปกโตรสโคปี [6] การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตถ่านไม้ [7] การนำเอาไม้ฟืนมาผลิตเป็นถ่านไม้หุงต้มที่ให้ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนั้น ควรใช้กระบวนการคาร์บอนไนเซชันเป็นการเปลี่ยนไม้ให้เป็นถ่านภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งทำให้สารระเหยถูกขับออกไปในรูปของแก๊ส ทาร์ และน้ำมัน สิ่งที่เหลืออยู่เป็นสารประกอบคาร์บอนคงที่และเถ้าที่หลอมละลายเป็นมวลเดียวกันเรียกว่า ถ่าน [8] ถ่านไม้หุงต้มที่ดีนอกจากสมบัติของไม้ที่เป็นวัตถุดิบในการเผาถ่านแล้วยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของเตาเผาถ่าน วิธีดำเนินการเผาถ่าน และทักษะความสามารถในการเผาถ่าน ซึ่งเตาเผาถ่านไม้ที่ดีต้องมีการให้ความร้อนสูงและร้อนนาน การสร้างเตาเผาถ่านควรเป็นรูปไข่เพื่อช่วยให้การกระจายความร้อนเป็นไปได้ดีและทั่วทั้งเตา ที่ตั้งของเตาเผาถ่านไม่ควรอยู่กลางแจ้ง ตากแดดตากฝน ตำแหน่งที่ใช้เป็นที่จุดไฟหน้าเตาควรอยู่ต่ำกว่าพื้นเตาเผาถ่าน และปล่องควันไฟในตอนล่างควรมีขนาดใหญ่กว่าตอนบน เพื่อป้องกันลมเข้าทางปล่องควันเตาเผาถ่าน เพื่อให้สามารถควบคุมและจำกัดปริมาณของอากาศภายในเตาเผาได้ดี ซึ่งเตาเผาถ่านที่ใช้กันทั่วไป เช่น เตา

ดินเหนียว เตาอิฐก่อ เตาอิวาเตะ และเตาเผาถ่านยุคใหม่ เป็นต้น ซึ่งการเผาถ่านที่ให้คุณภาพสูง ได้แก่ เตาเผาถ่านแบบถัง 200 ลิตร และเตาอิวาเตะ [9] นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวที่มีอยู่ในชุมชนที่มีลักษณะเด่นของเตาเป็นแนวนอน ซึ่งมีผลทำให้ถ่านที่ได้มีพลังงานความร้อนสูงขึ้นและยาวนาน [10] อีกทั้งยังมีการวิจัยพัฒนาการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากผลมังคุดที่เหลือทิ้งด้วยการเผาในเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพการผลิตไม้ฟืนและถ่านมังคุดได้เพียงร้อยละ 86.55 และ 22.69 ตามลำดับ [11] ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาเตาเผาถ่านไม้หุงต้มจากเตาเผาแบบถังขนาด 200 ลิตร เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตเป็นขนาดความจุ 750 ลิตร โดยใช้วัตถุดิบเป็นไม้ยูคาลิปตัสที่เหลือใช้จากงานก่อสร้าง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลของถ่านไม้หุงต้มที่ได้ เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) [12]

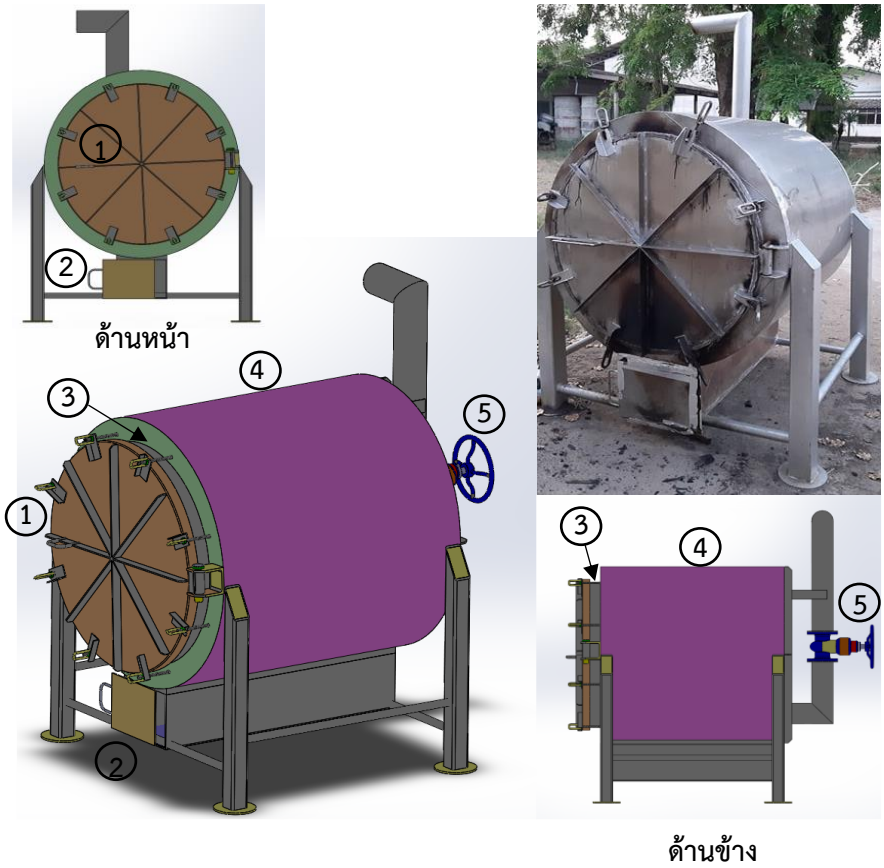
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมบัติของถ่านไม้หุงต้มที่ได้จากเตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สร้างขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สมบัติของไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ในการทดลอง ไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-8 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานประกอบด้วย ปริมาณความชื้นร้อยละ 15.8±0.3 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยร้อยละ 68.6±0.4 โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าร้อยละ 12.5±0.6 โดยน้ำหนัก และปริมาณคาร์บอนคงที่ร้อยละ 15.6±0.4 โดยน้ำหนัก และค่าความร้อนสูง (HHV) 1560±0.4 แคลอรี่ต่อกรัม

3.2 เตาเผาถ่านไม้หุงต้มที่ใช้ในการทดลอง เตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่สร้างขึ้นประกอบด้วย ชุดฝาปิดห้องเผาถ่าน มีหน้าที่เปิดเพื่อนำถ่านไม้หุงต้มออกและปิดไม่ให้อากาศรั่วเข้าไปได้ขณะเวลาทำการคาร์บอไนเซชัน (หมายเลข 1) ชุดให้ความร้อน เป็นชุดเผาเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนกับระบบและไล่ความชื้นในไม้ฟืน (หมายเลข 2) ชุดคาร์บอไนเซชัน เป็นชุดห้องสำหรับใส่ไม้ฟืนเพื่อทำการอบไล่ความชื้นจนไม้ฟืนสามารถลุกติดไฟเองได้จนกลายเป็นถ่านไม้หุงต้มคุณภาพสูง ทำจากวัสดุเหล็กไร้สนิม (หมายเลข 3) ชุดฉนวนกันความร้อน เป็นฉนวนหุ้มที่ทำจากใยแก้วเพื่อลดน้ำหนักและเคลื่อนย้ายได้สะดวก (หมายเลข 4) ชุดวาล์วควบคุมการปล่อยควัน เป็นชุดควบคุมการปล่อยควันที่เกิดจากการเผาไหม้และปิดระบบเมื่อการเผาไหม้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ (หมายเลข 5) รายละเอียดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เตาเผาถ่านไม้หุงต้มมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลองแบ่งเป็นการสุ่มวิเคราะห์แบบเจาะจงของถ่านไม้ที่ได้จากชั้นบน กลาง และล่าง ของการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400, 600 และ 800 กิโลกรัม โดยวิเคราะห์ผลตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) ดังนี้

1) ปริมาณความชื้น (Moisture content) ของถ่านไม้ที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) ด้วยการใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 [13] ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

2) ปริมาณสารระเหย (Volatile matter) ของถ่านไม้ที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) ด้วยการเผาตัวอย่างจำนวน 1 กรัม เผาในเตาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 [14] ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

3) ปริมาณเถ้า (Ash) ของถ่านไม้ที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม (มผช. 657/2547) ด้วยการใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม เผาในเตาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 [15] ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

4) ค่าความร้อน (Calorific value) ของถ่านไม้ที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้

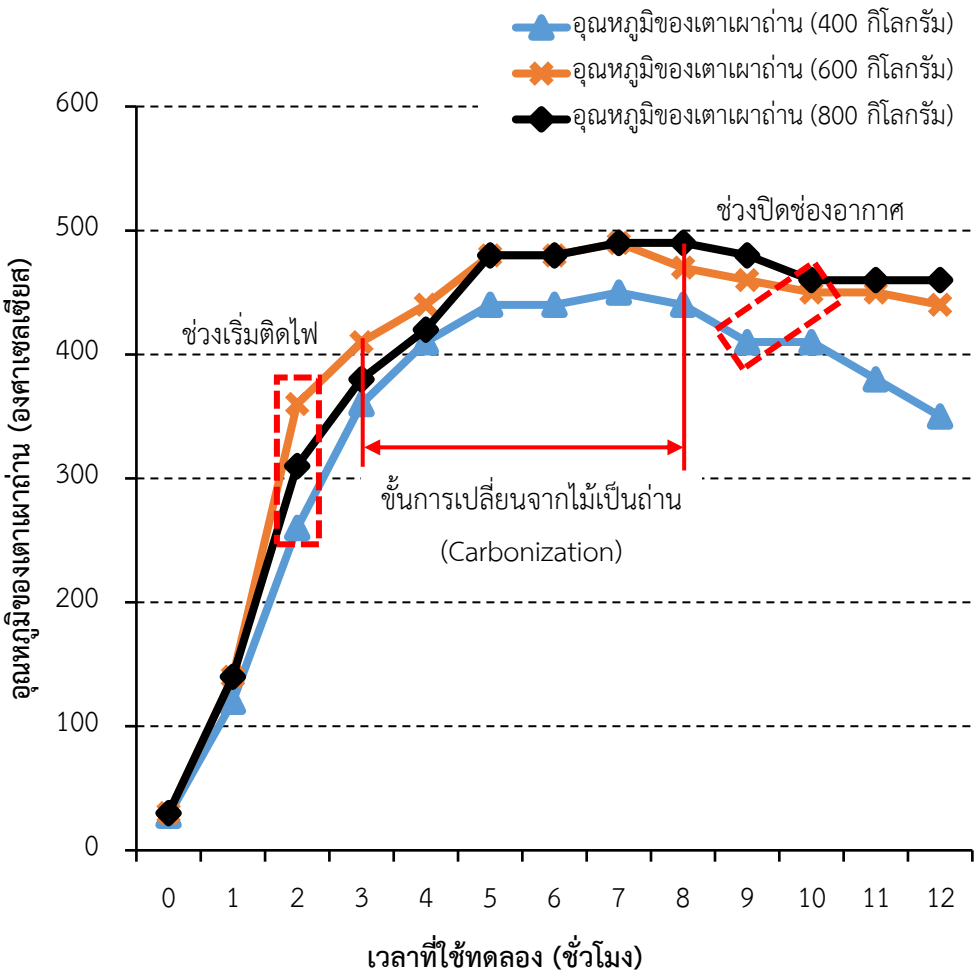
หุงต้ม (มผช. 657/2547) ด้วยการใช้ตัวอย่างจำนวน 1 กรัม ตามมาตรฐาน ASTM D 5865 [16] ในเครื่องบอร์มแคลอรีมิเตอร์ ซึ่งค่าที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 6000 แคลอรี่ต่อกรัม

4. ผลการวิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้หุงต้ม

4.1 ผลการวิเคราะห์กระบวนการเผาไหม้ การเผาถ่านจากไม้ฟืนยูคาลิปตัสด้วยเตาเผาถ่านต้นแบบ ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปเป็นขั้นตอนของกระบวนการผลิตดังภาพที่ 2 รายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การไล่ความชื้นจากไม้ฟืน (Dehydration) โดยใช้อุณหภูมิ 20-270 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้ความร้อนจากภายนอกเตา เพื่อให้ท่อนฟืนในเตาเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนและคายความชื้นออกมา โดยการก่อเชื้อเพลิงด้านล่างของเตาเพื่อให้ลมร้อนไหลเข้าภายในเตาเผา ซึ่งระยะเวลานี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นของไม้ฟืน หากมีความชื้นอยู่มากต้องใช้เชื้อเพลิงและเวลามากขึ้น ควรตากไม้ฟืนไว้ประมาณ 3-4 สัปดาห์ ซึ่งไม้ฟืนที่แห้งสามารถลดความชื้นได้เร็วและลดระยะเวลาของการเผาลง ซึ่งมีค่าอุณหภูมิและหลักการสอดคล้องกับงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านขนาดชุมชนโมเดลศิลปากร 1 [17] และงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร [18]

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนจากไม้เป็นถ่าน (Carbonization) โดยใช้อุณหภูมิ 270-400 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้ไม้ฟืนติดไฟลุกไหม้และสลายตัวโดยความร้อนที่สะสมอยู่ในตัวเองและมีควันสีขาวปนออกมาจากปล่อง (ควันบ้า) ของเหลวที่กลั่นจากควันในระยะนี้ยังไม่มีคุณสมบัติในการใช้งานและต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลานาน โดยการควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้โดยการควบคุมอากาศที่ช่องลมด้านล่างของเตา เมื่ออุณหภูมิภายในเตาอยู่ในช่วง 300-400 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่ไม้ฟืนสลายตัวกลายเป็นถ่านและกลายเป็นถ่านโดยสมบูรณ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส ในช่วงนี้ควันที่ออกมาประกอบด้วยสารเกิดใหม่หลายชนิดและสามารถกลั่นเป็นของเหลวที่เรียกว่า “น้ำส้มควันไม้” ซึ่งมีค่าอุณหภูมิและหลักการสอดคล้องกับงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านขนาดชุมชนโมเดลศิลปากร 1 [17] และงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร [18]



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 การทำให้ถ่านบริสุทธิ์ (Refinement) กระบวนการเผาไม้ฟืนทั่วไปให้เป็นถ่านสิ้นสุดลงที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งเพียงพอต่อการนำผลผลิตมาใช้งานได้ แต่ถ้าต้องการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นกว่า 400 องศาเซลเซียส เพื่อสลายน้ำมันดิน (Tar) ซึ่งมีผลดีเมื่อนำผลผลิตถ่านที่บริสุทธิ์นี้ไปใช้ในการปิ้งย่างอาหาร เนื่องจากน้ำมันดินที่มีอยู่ในปริมาณที่น้อยลงช่วยลดปริมาณสารก่อมะเร็ง เมื่อทำการประกอบอาหาร นอกจากนั้นถ่านบริสุทธิ์ยังมีสมบัติให้พลังงานความร้อนสูงกว่า ซึ่งการดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการเติมอากาศเข้าไปในช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 10-15 นาที ซึ่งมีค่าอุณหภูมิและหลักการสอดคล้องกับงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านขนาดชุมชนโมเดลศิลปากร 1 [17] และงานวิจัยการสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร [18]

ขั้นตอนที่ 4 การทำให้เย็น (Cooling) ต้องปิดวาล์วของช่องปล่อยควันออกและช่องเผาให้ความร้อนไม่ให้เกิดการรั่วและอากาศเข้าไปข้างในได้ เพื่อให้อุณหภูมิในเตาลดลงต่ำกว่า 50

องศาเซลเซียส เพราะถ่านไม้ที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส สามารถลุกติดไฟได้ หากได้รับออกซิเจนจากอากาศ จากนั้นปล่อยให้ถ่านไม้เย็นตัวเป็นระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

4.2 ผลการวิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้ที่ได้ การวิเคราะห์ผลการทดลองของการเผาไหม้ยูคาลิปตัสในเตาเผาถ่านต้นแบบ ซึ่งมีการวิเคราะห์ผลของปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนสูง รายละเอียดดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้ที่ได้

การทดลอง / การวิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้		ปริมาณไม้ยูคาลิปตัสที่ใช้ (กิโลกรัม) 400	600	800	มาตรฐาน (มผช. 657/2547) [12]
ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชั้นล่าง	10.5±0.4	7.3±0.2	6.1±0.2	ไม่เกินร้อยละ 10
	ชั้นกลาง	11.3±0.2	7.1±0.1	5.6±0.2	
	ชั้นบน	10.9±0.5	6.8±0.4	5.7±0.1	
ปริมาณสาระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชั้นล่าง	26.1±0.2	22.2±0.4	20.4±0.6	ไม่เกินร้อยละ 25
	ชั้นกลาง	26.5±0.6	21.4±0.5	20.1±0.4	
	ชั้นบน	26.8±0.4	21.3±0.6	20.0±0.5	
ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชั้นล่าง	10.0±0.8	6.2±0.2	6.0±0.2	ไม่เกินร้อยละ 8
	ชั้นกลาง	10.6±0.8	6.2±0.1	5.6±0.2	
	ชั้นบน	10.3±0.3	6.1±0.2	5.8±0.2	
ค่าความร้อนสูง (แคลอรี่ต่อกรัม)	ชั้นล่าง	6243.1±0.5	6387.2±0.2	6489.8±0.5	ไม่น้อยกว่า 6000
	ชั้นกลาง	6345.2±0.7	6434.4±0.3	6512.0±0.2	
	ชั้นบน	6399.4±0.7	6499.4±0.2	6599.6±0.5	

1) ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น จากการทดลอง พบว่า ค่าความชื้นสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 10-11 โดยน้ำหนัก รองลงมาเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 600 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 6-7 โดยน้ำหนัก และค่าความชื้นต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 5-6 โดยน้ำหนัก โดยรวมปริมาณความชื้นเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 657/2547 [12] ซึ่งมีค่าไม่เกินร้อยละ 10

2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารระเหย ค่าปริมาณสารระเหยของถ่านไม้ที่ได้จากการทดลอง พบว่า ค่าปริมาณสารระเหยสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 26 โดยน้ำหนัก ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน รองลงมาเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 600 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 21-22 โดยน้ำหนัก และค่าปริมาณสารระเหยต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก โดยรวมปริมาณสารระเหยเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 657/2547 [12] ซึ่งมีค่าไม่เกินร้อยละ 25

3) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ปริมาณเถ้าของถ่านไม้ที่ได้จากการทดลอง พบว่า ปริมาณเถ้าสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ส่วนการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 600 และ 800 กิโลกรัม มีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันและมีปริมาณเถ้าที่ต่ำสุด ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก โดยรวมปริมาณเถ้าเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 657/2547 [12] ซึ่งมีค่าไม่เกินร้อยละ 8

4) ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนสูง (HHV) ค่าความร้อนสูงของถ่านไม้ที่ได้จากการทดลอง พบว่า ค่าความร้อนสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าความร้อนสูงประมาณ 6489.8-6599.6 แคลอรี่ต่อกรัม รองลงมาเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 600 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนสูงประมาณ 6387.2-6499.4 แคลอรี่ต่อกรัม และค่าความร้อนสูงต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนสูงประมาณ 6243.1-6399.4 แคลอรี่ต่อกรัม โดยรวมค่าความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน มผช. 657/2547 [12] ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า 6000 แคลอรี่ต่อกรัม

5. สรุปผล

ผลการวิเคราะห์สมบัติของถ่านไม้หุงต้มปริมาณความชื้นสูงสุด เป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 10-11 โดยน้ำหนัก และปริมาณความชื้นต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 5-6 โดยน้ำหนัก ปริมาณสารระเหยสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าปริมาณสาระเหยอยู่ระหว่างประมาณร้อยละ 26 โดยน้ำหนัก และปริมาณสารระเหยต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ซึ่งปริมาณสาระเหยอยู่ระหว่างร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ปริมาณเถ้าสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ส่วนการเผาไม้ฟืนส่วนอื่นมีค่าปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันและมีปริมาณเถ้าที่ต่ำสุด ซึ่งมีค่าปริมาณเถ้าประมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก และค่าความร้อนสูงสูงสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 800 กิโลกรัม ทุกระดับชั้น ซึ่งมีค่าความร้อนสูงอยู่ระหว่าง 6489.8-6599.6 แคลอรี่ต่อกรัม และค่าความร้อนสูงต่ำสุดเป็นการเผาไม้ฟืนที่น้ำหนัก 400 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าความร้อนสูงอยู่ระหว่าง 6243.1-6399.4 แคลอรี่ต่อกรัม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย (ITAP) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เครือข่าย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

1. Bhattacharya SC, Salam PA, Pham HL, Ravindranath NH. Sustainable biomass production for energy in selected Asian countries. Biomass and Bioenergy. 2003 Nov 1; 25(5): 471-82.
2. De Wild P, Reith H, Heeres E. Biomass pyrolysis for chemicals. Biofuels. 2011 Mar 1; 2(2): 185-208.
3. Umbanhowar Jr CE, Mcgrath MJ. Experimental production and analysis of microscopic charcoal from wood, leaves and grasses. The Holocene. 1998 Apr; 8(3): 341-6.
4. McGinnes Jr EA, Kandeel SA, Szopa PS. Some structural changes observed in the transformation of wood into charcoal. Wood and Fiber Science. 1971: 77-83.
5. Pereira BL, Carneiro AD, Carvalho AM, Colodette JL, Oliveira AC, Fontes MP. Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. BioResources. 2013 Jul 23; 8(3): 4574-92.
6. Nishimiya K, Hata T, Imamura Y, Ishihara S. Analysis of chemical structure of wood charcoal by X-ray photoelectron spectroscopy. Journal of Wood Science. 1998 Feb; 44(1): 56-61.
7. Antal MJ, Gronli M. The art, science, and technology of charcoal production. Industrial & engineering chemistry research. 2003 Apr 16; 42(8): 1619-40.
8. สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. พจนานุกรมศัพท์พลังงานเพื่อประชาชน ฉบับราชบัณฑิตยสภา. บริษัทธนอรุณการพิมพ์ จำกัด. กรุงเทพฯ. 2564; 1-250.
9. พัชรินทร์ ฤชุวรารักษ์ พันธุ์ทิพย์ ตาทอง. การเผาถ่านวิถีดั้งเดิมของชุมชนท้องถิ่นสู่เทคโนโลยีพลังงานทางเลือก. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2557. 2557; 52-71.
10. อนุสรณ์ สินสะอาด. การพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม 2560-ธันวาคม 2560. 2560; 95-108.
11. ลือพงษ์ ลือนาม. การวิจัยเตาผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้จากมังคุดที่เหลือทิ้ง. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2556. 2556; 428-431.

12. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านไม้หุงต้ม. มผช. 657/2547. 2546; 1-3.
13. ASTM D 3173. Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive. PO Box C700. West Conshohocken. United States. PA 19428-2959.
14. ASTM D 3175. Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive. PO Box C700. West Conshohocken. United States. PA 19428-2959.
15. ASTM D 3174. Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal. ASTM International. 100 Barr Harbor Drive. PO Box C700. West Conshohocken. United States. PA 19428-2959.
16. 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.
17. สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. คู่มือการสร้างเตาเผาถ่านขนาดชุมชนโมเดลศิลปากร 1. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม. 2551; 1-25.
18. พิสิษฏ มณีโชติ ประพิธาริ์ ธนารักษ บงกช ประสิทธิ์ ชาติ ไชยสิทธิ์ ณัฐวุฒิ ขาวสะอาด กิ่งกานต พันธุวาณิชย วิกานต วันสูงเนิน อันธิกา เพชรี จันจิรา คุ่มปากพิง. คู่มือการสร้างเตาเผาถ่านแบบแนวนอนขนาด 200 ลิตร. วิทยาลัยพลังงานทดแทนและสมารตกริดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร. 1-12.