

ศึกษาอัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังในการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้

Study of the Mixing Ratio of Cassava Starch in Making Charcoal Briquettes from Cocoa Pod Husks

สุชาดา ศรีบุญเรือง¹ กมลภัทร ศิริพงษ์¹ และเพ็ญจันทร์ วิจิตร²

Suchada Sreeboonruang¹, Kamonpat Siripong¹, and Phenchana Whijitara²

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

² สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

¹ Chanthaburi Agricultural Research and Development Center

² Office of Agricultural Research and Development Region 6

Received : Feb 15, 2025

Revised : Mar 17, 2025

Accepted : Apr 07, 2025

บทคัดย่อ

การศึกษ้อัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังในการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ตั้งแต่ตุลาคม 2566 - กันยายน 2567 เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปโกโก้ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) แป้งมันสำปะหลัง 30 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม 2) แป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม 3) แป้งมันสำปะหลัง 70 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม 4) แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม 5) แป้งมันสำปะหลัง 120 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม 6) แป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม และ 7) แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ คือ อัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม เนื่องจากอัตราส่วนผสมนี้มีคุณสมบัติให้ค่าความร้อนสูง (4,100 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (24.4%) และมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด (15.8%) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่น ๆ

คำสำคัญ : ถ่านอัดแท่ง, เปลือกผลโกโก้, แป้งมันสำปะหลัง

Abstract

This study aimed to determine the optimal ratio of cassava starch for charcoal briquettes from cocoa pod husks. The experiment was conducted at the Chanthaburi Agricultural Research and Development Center from October 2023 to September 2024 to enhance the utilization of waste materials from the cocoa processing industry. A Randomized Complete Block Design (RCB) was used with 7 treatments and 3 replications as follows : .1) Cassava starch 30 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams 2) Cassava starch 50 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams 3) Cassava starch 70 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams 4) Cassava starch 100 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams 5) Cassava starch 120 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams 6) Cassava starch 150 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams and 7) Cassava starch 200 grams : cocoa pod husks charcoal 2,000 grams. The results indicated that the most suitable formulation was 100 grams of cassava starch per 2,000 grams of cocoa pod husks charcoal, as it provided the highest calorific value (4,100 kcal/kg) the lowest moisture content (24.4%) and the lowest ash content (15.8%) compared to other formulations.

Keywords : charcoal briquettes, cocoa pod husks, cassava starch

*Corresponding author. E-mail : tum1515@hotmail.com

บทนำ

เปลือกผลโกโก้เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง อัตราส่วนระหว่างเมล็ดโกโก้ต่อเปลือกโกโก้เท่ากับ 1.6 ล้านตัน : 6 ล้านตัน หรือ เท่ากับ 1 : 3.75 นับเป็นสัดส่วนที่สูงมาก (Wood and Lass, 1985) มีการนำเปลือกมาใช้ประโยชน์เป็น ปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ ฆาณิต งานกรณการ (2536) รายงานว่า ถ้าสามารถใช้เปลือกของฝักเป็นวัสดุคลุมดินในสวน จะเป็นการให้ ธาตุอาหารกลับคืนแก่ดิน โดยเปลือกโกโก้ 1 ตัน จะมีธาตุไนโตรเจนประมาณ 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 4 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 10 กิโลกรัม เส้นใยจากเปลือกโกโก้สามารถสกัดใช้เสริมเป็นเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์คุกกี้และไส้กรอกไขมันต่ำได้ (จรีพร เชื้อเจ็ดตน, 2543) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปผสมกับแป้งมันสำปะหลังเพื่อผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายง่ายได้ (นพรัตน์ อุทัยพันธ์, 2540) การใช้ประโยชน์จากเปลือกผลโกโก้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ควรศึกษา คือ การนำเปลือกผลโกโก้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสถานการณ์ราคาน้ำมันในตลาดโลกที่ปรับตัวผันผวนอย่างมาก ประกอบกับ ความต้องการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้หลายประเทศในโลกรวมทั้งประเทศไทย มีนโยบายพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากพืช แทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมากขึ้น รัฐบาลไทยได้ผลักดัน ให้พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ โดยได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนในระยะยาวเป็นเวลา 15 ปี (พ.ศ.2551-2565) โดยมี วัตถุประสงค์เพื่อให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศแทนการนำเข้าน้ำมัน ซึ่งนับวันจะมีปริมาณ ลดน้อยลงและราคาสูงขึ้น และได้กำหนดเป้าหมายว่าจะต้องมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นการนำเศษวัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุ เหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (มะลิวัลย์ หุทัยธนาสันต์, 2554) เนื่องจากพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิลมีราคาสูงขึ้น และมีความผันผวน ประกอบกับเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ มีต้นทุนการผลิตที่สูง ส่งผลให้ยากต่อการลงทุน จึงต้องหาพลังงาน ทดแทนที่มีศักยภาพและมีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเป็นทางเลือกของแหล่งพลังงานใหม่ เชื้อเพลิง ชีวภาพอัดแท่งจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น ซึ่งมีข้อดี คือ ให้ความร้อนสูงกว่าชีวมวลอย่างอื่น ขนส่งได้สะดวกเนื่องจาก

มีความหนาแน่นมาก มีเถ้าน้อย รวมทั้งส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก เพราะส่วนใหญ่มาจากส่วนเหลือใช้ของผลผลิตทางการเกษตร เช่น แกลบ ฟาง ชานอ้อย ชังข้าวโพด เหน้ำนั้สำหรับใส่ห่อ และขี้เถ้า

การนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตร มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชีวภาพอัดแท่ง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงในรูปของถ่านอัดแท่ง สำหรับใช้ในครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากถ่านไม้และพื้นที่น้้นบ้นจะมีปริมาณลดน้อยลง รวมถึงเป็นการช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุ และส่งเสริมการนำทรัพยากรที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์ และคณะ (ม.ป.ป.) จากสำนักวิจัยและพัฒนาป่าไม้ กรมป่าไม้ ทำการทดลองนำเศษเหลือใช้และเศษกิ่งขนาดเล็กของไม้ไผ่ 4 ชนิด คือ ไผ่บ้งใหญ่ ไผ่หมาจู ไผ่เลี้ยงหวาน และไผ่ซางหม่น มาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานด้วยการนำมาทำถ่านอัดแท่ง การทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด สามารถทำได้โดยใช้ถ่านเศษไม้ไผ่บด 2,000 กรัม ผสมกับ แป้งมันสำปะหลัง ในอัตราส่วน 50, 100, 150 และ 200 กรัม พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด คือ ส่วนผสมที่มีถ่านเศษไม้ไผ่บด 2,000 กรัม กับ แป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ทั้ง 4 ชนิด ที่ได้มีลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ดี ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่หมาจูมีคุณลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ดีกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่อีก 3 ชนิด โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.97 มีประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 30.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 6,107 แคลอรีต่อกรัม และถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ซางหม่นมีลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ดีกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ชนิดอื่น โดยมีค่างานที่ได้เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 1.05 มีประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 23.6 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 5,630 แคลอรีต่อกรัม (ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์ และคณะ, ม.ป.ป.) จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและสมบัติถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ โดยการนำผลถ่านจากไม้ไผ่กับตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ) มาผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 5 อัตราส่วน (ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำ) ได้แก่ 10.0 : 1.0 : 3.5, 10.0 : 1.5 : 4.0, 10.0 : 2.0 : 4.5, 10 : 2.5 : 5.0 และ 10.0 : 3.0 : 5.5 กิโลกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วนำไปอัดให้เป็นแท่งโดยเครื่องอัดถ่านแบบกรวย เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้ง นำถ่านอัดแท่งมาทดสอบหาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง และนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช. 238/2547 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ พบว่าเมื่อสัดส่วนของตัวประสานเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ และปริมาณเถ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ค่าความร้อน และปริมาณคาร์บอนคงตัว มีแนวโน้มลดลง ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 10.0 : 1.0 : 3.5 มีประสิทธิภาพการใช้งานมากที่สุด คือ 32.3 เปอร์เซ็นต์ ถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 10.0 : 1.0 : 3.5, 10.0 : 1.5 : 4.0, 10.0 : 2.0 : 4.5 และ 10 : 2.5 : 5.0 ไม่เกิดควันและสะเก็ดไฟ และผลการเปรียบเทียบกับ มาตรฐาน มผช.238/2547 พบว่าถ่านอัดแท่งทั้ง 4 อัตราส่วน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 โดยอัตราส่วนของผงถ่านจากไม้ไผ่ต่อตัวประสานที่มีคุณภาพดีที่สุด คือ อัตราส่วน 10.0 : 1.0 : 3.5 (จุฑาพล จำปาแถม และคณะ, 2565)

การศึกษาค้นคว้านี้จึงนำเปลือกผลโกโก้ที่เหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปโกโก้มาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งชีวมวล เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสร้างมูลค่าเพิ่มในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

- 1) เปลือกผลโกโก้ที่เหลือจากการแปรรูป ได้แก่ พันธุ์ลูกผสม ชุมพร 1
- 2) เตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาไร้ควันของกรมป่าไม้ (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร แบบไร้ควันของกรมป่าไม้

- 3) เทอร์โมมิเตอร์
- 4) เครื่องชั่ง
- 5) เครื่องบดเนกประสงค์ ยี่ห้อ มอเตอร์มิซูบิชิ รุ่น SKL-KR ของบริษัท น้ำเสง คอนสตรัคชั่น อี คริป เมนท์ จำกัด
- 6) เครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง ยี่ห้อ มอเตอร์มิซูบิชิ รุ่น SKL-KR ของบริษัท น้ำเสง คอนสตรัคชั่น อีคริปเมนต์

จำกัด

- 7) แป้งมันสำปะหลัง
- 8) เครื่อง TGA ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA-701
- 9) เครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ PARR รุ่น PARR 6300

2. วิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCB) มีจำนวน 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 1) แป้งมันสำปะหลัง 30 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม
- 2) แป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม
- 3) แป้งมันสำปะหลัง 70 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม
- 4) แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม
- 5) แป้งมันสำปะหลัง 120 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม

6) แป้งมันสำปะหลัง 150 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม

7) แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม

2.2 การเตรียมตัวอย่าง นำเปลือกผลโกโก้ที่เหลือจากการแปรรูปไปตากแดดให้แห้ง (ภาพที่ 3) แล้วเอาไปเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาถ่านน้ำมัน 200 ลิตร แบบเตาไร้ควัน (ภาพที่ 1) อุณหภูมิสูงสุดสำหรับเตาเผาถ่านนี้อยู่ในช่วง 900-1,000 องศาเซลเซียส จึงทำให้ถ่านที่ได้มีคุณภาพสูง จุดวัดอุณหภูมิจากตำแหน่งบนเตา (ภาพที่ 2) โดยใช้ระยะเวลาในการเผาประมาณ 6 ชั่วโมงต่อครั้ง (ตั้งแต่เริ่มจุดเตาจนกระทั่งเตาเย็นลง) จากนั้นนำถ่านที่ได้ไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดอเนกประสงค์ (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 2 ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิของเตาเผาถ่าน

2.3 การทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ นำผงถ่าน จากข้อ 2.2 ไปอัดเป็นแท่งด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง (ภาพที่ 5) โดยใช้ผงถ่านบดที่แห้งแล้ว อัตรา 2,000 กรัม ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนตามกรรมวิธี จากข้อ 2.1 คลุกเคล้าให้เข้ากันดีแล้วให้เติมน้ำอัตราส่วน 1 ลิตร (ปริมาณน้ำสามารถปรับได้ขึ้นกับความชื้นของวัสดุ) เพื่อเป็นตัวประสาน จากนั้นตรวจสอบความชื้นโดยกำผงถ่านให้แน่นแล้วแบมือออก ถ้าผงถ่านมีความชื้นเหมาะสม ควรกำแล้วจับตัวเป็นก้อนน้ำไม่ไหลออกตามฝ่ามือ (ภาพที่ 6) เมื่อความชื้นของผงถ่านเหมาะสมแล้ว นำไปเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบกรวย (ภาพที่ 7 และ 8) ใช้วิธีค่อย ๆ ป้อนผงถ่านลงในหลุมอัดเพื่ออัดเป็นถ่านอัดแท่ง (ภาพที่ 9) แล้วนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งต่อไป



ภาพที่ 3 เปลือกผลโกโก้ตากแห้ง



ภาพที่ 4 เครื่องบดเนกประสงค์



ภาพที่ 5 เครื่องขึ้นรูปเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง



ภาพที่ 6 ผงถ่านมีความชื้นเหมาะสม



ภาพที่ 7 นำผงถ่านเข้าเครื่องอัดถ่านแท่ง



ภาพที่ 8 การทำถ่านอัดแท่ง

2.4 การทดสอบคุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งที่ได้จากข้อ 2.3 ส่งวิเคราะห์หาค่าความชื้น (Moisture) สารระเหย (Volatile matter) และเถ้า (Ash) ด้วยวิธี Proximate Analysis ด้วยเครื่อง TGA รุ่น TGA-701 ตามวิธีการอ้างอิงตามมาตรฐานของ ASTM D7582-15 ASTM INTERNATIONAL (ภาพที่ 9) และหาค่าพลังงานความร้อนแบบกรอส (High heating value) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น PARR-6300 ตามวิธีการอ้างอิงตามมาตรฐานของ ASTM D5865-19 ASTM INTERNATIONAL (ภาพที่ 10) ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย อำเภอดอนหิอง จังหวัดปทุมธานี

2.4.1 การวิเคราะห์ Proximate Analysis ด้วยเครื่องวิเคราะห์ TGA-701 โดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัสดุ ภายใต้อุณหภูมิและบรรยากาศที่ถูกควบคุม น้ำหนักที่หายไปจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอันเกิดจากการระเหย การย่อยสลาย หรือการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Resolution 0.0001 g)

- ความชื้น (Moisture) โดยให้ความร้อนที่ 105 ± 3 องศาเซลเซียส ในสภาพของ Drying gas ที่มีการเปิดฝาล้วนจนน้ำหนักคงที่

- สารระเหย (Volatile matter) โดยให้ความร้อนที่ 950 ± 10 องศาเซลเซียส ในสภาพของ Nitrogen gas ที่มีการปิดฝาถ้วย เป็นเวลา 7 นาที
- เถ้า (Ash) โดยให้ความร้อนที่ 750 ± 10 องศาเซลเซียส ในสภาพของ Oxygen gas ที่มีการเปิดฝาถ้วยจนน้ำหนักคงที่

2.4.2 การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนแบบกรอส (High heating value) ด้วยเครื่อง Bomb Calorimete โดยใช้หลักการ การเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งหรือเชื้อเพลิงเหลว 1 หน่วยปริมาณ ที่ปริมาตรคงที่ในออกซิเจนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ภายใต้ก๊าซออกซิเจนเพื่อให้เกิดการสันดาปที่สมบูรณ์ ซึ่งความร้อนที่ได้จะถูกถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ภายนอก รอบ ๆ ลูกบอมบ์ โดยเครื่องจะวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการเผาไหม้ตัวอย่าง (ΔT)



ภาพที่ 9 เครื่อง TGA รุ่น TGA-701



ภาพที่ 10 เครื่อง Bomb Calorimeter รุ่น PARR-6300

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลค่าพลังงานความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณสารระเหย ปริมาณถ่านคงตัว และปริมาณขี้เถ้า

ผลและวิจารณ์

จากการนำเปลือกโกโก้ที่เหลือจากการแปรรูปมาใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานด้วยการนำไปตากแดดให้แห้ง แล้วนำไปเผา (ภาพที่ 11) และบดทำถ่านอัดแท่ง (ภาพที่ 12) เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปโกโก้ โดยการนำผงถ่านจากเปลือกผลโกโก้กับตัวประสาน (แป้งมันสำปะหลัง) มาผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 7 อัตราส่วน (ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง) ได้แก่ 2,000 : 30, 2,000 : 50, 2,000 : 70, 2,000 : 100, 2,000 : 120, 2,000 : 150 และ 2,000 : 200 กรัม ตามลำดับ แล้วนำไปอัดให้เป็นแท่งโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบเกรียว เมื่อผ่านกระบวนการทำแท่ง นำตัวอย่างถ่านอัดแท่งส่งวิเคราะห์หาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แห่งประเทศไทย อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี และนำผลวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช 238/2547 เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ทุกอัตราส่วนผสม มีค่าความร้อนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4,120 – 3,710 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1) โดยถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 50 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4,120 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 100 และ 2,000 : 30 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ย เท่ากับ 4,100 และ 4,050 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 200 มีค่าพลังงาน ความร้อนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 3,710 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม จากการศึกษาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่าถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสม ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 ในด้านความร้อนคือต้องไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกิโลกรัม (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2568) สาเหตุที่ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ทุกอัตราส่วนผสม มีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 อาจเกิดจากค่าความร้อนที่เปลี่ยนไปนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเปลือกผลโกโก้ และค่าความชื้นจากเปลือกผลโกโก้ที่นำมาศึกษา จากค่าความชื้น (ตารางที่ 1 และ 2) พบว่าค่าความชื้นของเปลือกผลโกโก้มีปริมาณที่ลดลงเมื่อผ่านกระบวนการเผาไหม้ เนื่องจากเมื่อเกิดการเผาไหม้ก็จะทำให้น้ำระเหยออกไป ซึ่งค่าความชื้นยิ่งน้อยยิ่งดีต่อกระบวนการเผาไหม้ Hellwig (2528) อ้างโดย สิริณ บุญนา (2563) ได้รายงานว่าค่าความชื้นที่สูงในชีวมวลนั้นจะทำให้การเผาไหม้และค่าความร้อนลดลง ซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์และคุณภาพในการเผาไหม้อีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้กับค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่มีความสอดคล้องกันกับการทดลองของ จุฑาพล จำปาแก้ว และคณะ (2565) พบว่าเมื่อสัดส่วนของตัวประสานเพิ่มขึ้น ค่าความร้อนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งถ่านอัดแท่งที่มีค่าความร้อนมากที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 10.0 : 1.0 : 3.5 (ผงถ่านไม้ : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ) คือ 6,585.33 แคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสม 10.0 : 1.5 : 4.0, 10.0 : 2.0 : 4.5 และ 10.0 : 2.5 : 5 มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยลดลง ตามปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น คือ 6,257.33, 6,115 และ 6,057.33 แคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความร้อนมากกว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกต้นสาคร ให้ค่าความร้อน 5,649 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (เสริมศักดิ์, 2562) ทั้งนี้ค่าความร้อนที่ต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากส่วนอัตราส่วนผสมของตัวประสานของถ่านอัดแท่งที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการทดลองของ ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์ และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ทำการทดลองทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่ 4 ชนิด ผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 50, 100, 150 และ 200 กรัม พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลังในปริมาณต่ำ โดยรวมจะมีค่างานที่ได้เฉลี่ยต่ำที่สุด และประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่จะมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งที่มีแป้งมันสำปะหลังในปริมาณมากกว่า เช่น ถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่บงใหญ่ที่มีส่วนผสมของแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม พบว่ามีพลังงานความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ 6,240.83 แคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่บงใหญ่ที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมที่ 100, 150 และ 200 กรัม ที่มีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยน้อยลงตามปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้น คือ 6,215.29, 6,053.29 และ 5,445.8 แคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่หมาจู เศษไม้ไผ่เลี้ยวหวาน และเศษไม้ไผ่ขางหม่น ที่ถ่านอัดแท่งมีค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยลดลงตาม ปริมาณแป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้น

การศึกษาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ทุกอัตราส่วนผสม พบว่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งหลังการทำแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของตัวประสานลดลง เนื่องจากสัดส่วนของตัวประสานที่ลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นน้อยลง จากการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสมมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.4 – 27.1 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) โดยถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 200 มีค่าพลังงานความชื้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 27.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 50 และ 2,000 : 100 มีค่าความชื้นเฉลี่ยต่ำสุดไม่แตกต่างกันตามหลักสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เท่ากับ 24.9 และ 24.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งแต่ละอัตราส่วนผสม พบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ ทุกอัตราส่วนผสม

ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 ที่กำหนดให้มีค่าปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก (สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2568) ทั้งนี้ค่าความชื้นที่ต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากอัตราส่วนผสมของตัวประสานของถ่านอัดแท่งที่แตกต่างกัน (ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งมีผลต่อค่าความร้อน และความคงตัวของเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่ำจะยังมีประสิทธิภาพสูง) สอดคล้องกับการทดลองของ จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ พบว่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งหลังการทำแห้งมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของตัวประสานลดลง เนื่องจากสัดส่วนของตัวประสานที่ลดลง จึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นน้อยลง ซึ่งอัตราส่วนที่มีความชื้นมากที่สุด คือ อัตราส่วนผสม 10.0 : 2.5 : 5.0 มีค่าความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 6.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีปริมาณตัวประสานมากจึงส่งผลให้ความชื้นมากไปด้วย และอัตราส่วนที่มีความชื้นน้อยที่สุด คือ 10.0 : 1.0 : 3.5 มีค่าความชื้นเฉลี่ย เท่ากับ 5.8 เปอร์เซ็นต์ โดยจากการศึกษาปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่พบว่า ถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่ทุกอัตราส่วนผสมผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 238/2547 ด้านความชื้นคือ ต้องไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

การศึกษาปริมาณสารระเหยของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ ทุกอัตราส่วนผสม พบว่าปริมาณสารระเหยมีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากทุกอัตราส่วนมีส่วนผสมตัวประสานในสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน ซึ่งสารระเหยที่ได้จากการเผาไหม้จะกลายเป็นควันได้ หากมีปริมาณสารระเหยได้สูงจะทำให้คุณสมบัติในการติดไฟง่ายและมีควันมากเมื่อนำไปใช้งาน (ในเชื้อเพลิงที่ดีจะต้องมีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกลักษณ์ (2556) และงานวิจัยของ จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) อัตราส่วน 2,000 : 30 (ผงถ่านเปลือกผลโกโก้ : แป้งมันสำปะหลัง) มีค่าปริมาณสารระเหยเฉลี่ยน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ คือ 24.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ซึ่งอาจเกิดจากตัวประสาน มีสัดส่วนต่อปริมาณผงถ่านที่น้อยที่สุด

การศึกษาปริมาณคาร์บอนคงตัวของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด คือ อัตราส่วน 2,000 : 30 (ตารางที่ 1) สามารถบ่งบอกได้ถึงระยะเวลาในการมอดดับ และคุณภาพของถ่านอัดแท่ง โดยถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง จะทำให้ถ่านอัดแท่งมีคุณภาพดี เผาไหม้ได้นาน และมีค่าความร้อนสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอกลักษณ์ (2556) และงานวิจัยของ จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) อัตราส่วนที่มีตัวประสานมากจะมีค่าคาร์บอนคงตัวน้อย และอัตราส่วนที่มีตัวประสานน้อยจะมีค่าคาร์บอนคงตัวมาก ซึ่งปริมาณคาร์บอนคงตัวจะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของแข็งที่ติดไฟได้ที่เหลืออยู่ในเตาเผา เชื้อเพลิงที่ดีจะต้องมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบสูง

การศึกษาปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ พบว่าถ่านอัดแท่งทุกอัตราส่วนผสม มีค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ย อยู่ในช่วง 15.8-17.8 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) โดยถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 30 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 17.77 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 50, 2,000 : 70 และ 2,000 : 200 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยเท่ากับ 17.30, 17.13 และ 17.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 100 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 15.82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่มีเถ้ามากก็จะส่งผลต่อคุณภาพในการเผาไหม้ โดยเชื้อเพลิงที่ดีหลังการเผาไหม้ ควรเกิดเถ้าในปริมาณน้อย เนื่องจากเชื้อเพลิงควรเผาไหม้กลายเป็นพลังงานความร้อนให้ได้มากที่สุด ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑาพล จำปาแถม และคณะ (2565) พบว่าถ่านอัดแท่งมีแนวโน้มของปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ของถ่านอัดแท่งนั้นได้มาจากตัวประสาน เมื่อปริมาณตัวประสานมากขึ้นปริมาณเถ้ามากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากงานทดลองนี้ พบว่าถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุด คือ อัตราส่วน 2,000 : 100 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ย เท่ากับ 15.82 เปอร์เซ็นต์ โดยถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 30 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 17.77 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับถ่านอัดแท่งอัตราส่วน 2,000 : 50, 2,000 : 70 และ 2,000 : 200 มีปริมาณเถ้าเฉลี่ย เท่ากับ 17.30, 17.13 และ 17.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรศึกษาและวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากเปลือกโกโก้ พันธุ์ชุมพร 1

อัตราส่วนผสม ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง (กรัม : กรัม)	คุณสมบัติ				
	ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	สารระเหย (เปอร์เซ็นต์)	ถ่านคงตัว (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
2,000 : 30	25.1 ^b	24.8 ^a	32.3 ^a	17.8 ^c	4,050 ^{ab}
2,000 : 50	24.9 ^{ab}	28.9 ^{bcd}	29.1 ^c	17.1 ^{bc}	4,120 ^a
2,000 : 70	25.5 ^b	29.2 ^{cd}	27.9 ^d	17.3 ^c	3,990 ^{bc}
2,000 : 100	24.4 ^a	30.8 ^e	29.0 ^c	15.8 ^a	4,100 ^a
2,000 : 120	25.3 ^b	27.9 ^b	30.8 ^b	16.1 ^a	3,950 ^c
2,000 : 150	25.1 ^b	28.2 ^{bc}	30.3 ^b	16.5 ^{ab}	3,970 ^c
2,000 : 200	27.1 ^c	29.6 ^d	26.2 ^e	17.1 ^{bc}	3,710 ^d
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	1.4	2.2	1.9	2.4	1.0

หมายเหตุ : - ค่าเฉลี่ยความชื้น สารระเหย ถ่านคงตัว เถ้า และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (ถ่านอัดแท่ง) จากเปลือกโกโก้ ที่ตามด้วยอักษรที่ไม่เหมือนกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (ถ่านอัดแท่ง) จากเปลือกโกโก้ ตามวิธีการของห้องปฏิบัติการศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ปี 2567

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติถ่านอัดแท่งจากเปลือกโกโก้ พันธุ์ชุมพร 1 ที่ความชื้น 0 เปอร์เซ็นต์

อัตราส่วนผสม ผงถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง (กรัม : กรัม)	คุณสมบัติ			
	สารระเหย (เปอร์เซ็นต์)	ถ่านคงตัว (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
2,000 : 30	33.1	43.2	23.7	5,400
2,000 : 50	38.5	38.7	22.8	5,480
2,000 : 70	39.3	37.5	23.2	5,360
2,000 : 100	40.7	38.4	20.9	5,420
2,000 : 120	37.3	41.2	21.5	5,280
2,000 : 150	37.6	40.4	22.0	5,290
2,000 : 200	40.6	36.0	23.4	5,090

หมายเหตุ : - ผลวิเคราะห์เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (ถ่านอัดแท่ง) จากเปลือกโกโก้ ตามวิธีการของห้องปฏิบัติการศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมพลังงานสะอาดและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ปี 2567



ภาพที่ 11 ถ่านเปลือกผลโกโก้



ภาพที่ 12 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกโกโก้

สรุปและข้อเสนอแนะ

อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ คือ อัตราส่วนผสม 100 : 2,000 (แป้งมันสำปะหลัง : ผงถ่านเปลือกผลโกโก้) หรือ อัตราส่วนผสมแป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : ถ่านเปลือกผลโกโก้ 2,000 กรัม เนื่องจากอัตราส่วนผสมนี้มีคุณสมบัติให้ค่าความร้อนสูง (4,100 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (24.4 เปอร์เซ็นต์) และมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด (15.8 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนผสมอื่น ๆ

อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการทำถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้เพียงอย่างเดียว มีค่าความร้อนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 จึงไม่เหมาะสำหรับการนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งหรือถ่านอัดแท่งโดยตรง สาเหตุที่ถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลโกโก้ทุกอัตราส่วนผสม มีค่าความร้อนต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง 238/2547 อาจเกิดจากค่าความร้อนที่เปลี่ยนไปนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ในเปลือกผลโกโก้ และค่าความชื้นจากเปลือกผลโกโก้ที่นำมาศึกษา จากค่าความชื้น (ตารางที่ 1 และ 2) พบว่าค่าความชื้นของเปลือกผลโกโก้มีปริมาณที่ลดลง เมื่อผ่านกระบวนการเผาไหม้ เนื่องจากเมื่อเกิดการเผาไหม้ก็จะทำให้น้ำระเหยออกไป ซึ่งค่าความชื้นยิ่งน้อยยิ่งดีต่อกระบวนการเผาไหม้ Hellwig (2528) อ้างโดย สิริธิน บุญนาค (2563) ได้รายงานว่าค่าความชื้นที่สูงในชีวมวลนั้นจะทำให้การเผาไหม้และค่าความร้อนลดลง ซึ่งส่งผลต่อผลิตภัณฑ์และคุณภาพในการเผาไหม้อีกด้วย ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมด้วยการนำผงถ่านจากเปลือกผลโกโก้ผสมกับวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรหรือผลผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ ที่ให้ค่าพลังงานความร้อนสูง เพื่อพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งเปลือกผลโกโก้ในด้านค่าพลังงานความร้อนให้ดีขึ้น เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม และไม้ไผ่ เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเปลือกผลโกโก้ กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม และไม้ไผ่ ลดการใช้ไม้พืชนครวเรือน ลดการใช้พลังงานก๊าซ LPG ในการหุงต้มและเกษตรกรหรือผู้ประกอบการที่มีความสนใจ สามารถนำผลการวิจัยไปผลิตถ่านให้ความร้อนในครัวเรือนหรือนำไปใช้เชิงพาณิชย์ได้

เอกสารอ้างอิง

- จรีพร เชื้อเจ็ดตน. (2543). การใช้ใบอาหารจากเปลือกโกโก้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จุฑาพล จำปาถม, ลำพูน เหลลาราช, ภิตินันท์ อารยางกูร และสุรสิงห์ อารยางค์กูร. (2565). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและสมบัติถ่านอัดแท่งจากไม้ไผ่. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, 3(3) : 81-93.
- นพรัตน์ อุทัยพันธ์. 2540. การผลิตถ่านจากเส้นใยของเปลือกโกโก้. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ผานิต งานกรณาธิการ. (2536). เอกสารขอรับรองพันธุ์เพื่อพิจารณาเป็นพันธุ์รับรอง. ชุมพร : ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.
- มะลิวัลย์ หุทัยธนาสันต์. (2554). ไม้โตเร็ว : พลังงานชีวมวลสร้าง (ราย) ได้ของคนไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลักขมี สุทธิวิไลรัตน์, ประภัศร ภาคอรธ, ขวัญพร พิสิทธิ์สะอาด, วัชรินทร์ แซ่ฟุ้ง และศักดิ์ศิริ เจริญเนตร. (ม.ป.ป.). การทำถ่านอัดแท่งจากเศษไม้ไผ่. 18 กันยายน 2566, เข้าถึงได้จาก : <http://forprod.forest.go.th/forprod/forprod2017/energy/PDF>.
- สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568ก). การพัฒนาคุณภาพถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง มาตรฐานเลขที่ มผช.238/2547. 30 มกราคม 2568, เข้าถึงได้จาก : <http://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/informationrepack/344-2019-12-24-03-18-08?showall=%26start=5>.
- _____. (2568ข). เชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะกอนเปียกอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลและชีวมวล. วารสารวิจัยพลังงาน, 10(3) : 9-17.
- สิริน บุญนาค. (2563). การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไม้ไผ่ที่ผ่านกระบวนการทอรรีแฟกชัน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Wood, G.A.R. and Lass, R.A. (1985). *Cocoa*. London : Longman.