

การทดสอบความสามารถในการอัดแท่งและค่าความร้อนของเชื้อเพลิง อัดแท่งจากเศษเหลือทางการเกษตร

คมสัน มุ่ยสี^{1*}, กฤษณะ จันทสิทธิ์²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี

²สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี

*Corresponding author email: komsan.m@rbru.ac.th

ได้รับบทความ: 24 มกราคม 2566

ได้รับบทความแก้ไข: 3 พฤษภาคม 2566

ยอมรับตีพิมพ์: 26 พฤษภาคม 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถความเป็นเชื้อเพลิงของเศษเหลือทางการเกษตร ประกอบด้วยเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด ในการผลิตถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงอัดแท่งประสานวัสดุด้วยแป้งมันสำปะหลังและขึ้นรูปด้วยวิธีอัดเย็น ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด และเปลือกสับปะรด ค่าความร้อนที่ 5,554, 5,888 และ 4,951 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่เชื้อเพลิงเขียวอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน เปลือกมังคุด และเปลือกสับปะรด ให้ค่าความร้อนที่ 4,079, 4,454 และ 3,787 แคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถนำเศษเหลือทางการเกษตรผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง และถ่านอัดแท่งได้ โดยที่เชื้อเพลิงอัดแท่งมีกระบวนการผลิตที่สั้นกว่ากระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งทำให้ต้นทุนน้อยกว่า และค่าความร้อนต่ำกว่าถ่านอัดแท่ง

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง / เชื้อเพลิงอัดแท่ง / เปลือกทุเรียน / เปลือกมังคุด / เปลือกสับปะรด

Testing the Pelletizing Capacity and Calorific Value of Fuel Briquettes from Agricultural Residues

Komsan MuiSee^{1*}, Krisana Janthasit²

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhaibarni Rajabhat University, Chanthaburi

²Department of Logistics Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rambhaibarni Rajabhat University, Chanthaburi

*Corresponding author email: komsanmuisee@gmail.com

Received: 24 January 2023

Revised: 3 May 2023

Accepted: 26 May 2023

Abstract

This research aimed to study the fuel capability of the agricultural residues included pineapple, durian and mangosteen rind to produce the charcoal briquette and fuel briquette. The materials were joined by using tapioca starch and formed the workpiece by the cold working process to achieve the community product standard. The results showed that the heat values of the charcoal briquette from durian, mangosteen and pineapple rind were 5,554, 5,888 and 4,951 kilocalories/kilogram, whereas the heat values of the green fuel from durian, mangosteen and pineapple rind were 4,079, 4,454 and 3,787 calories/gram, respectively. From the results, it is indicated that the agricultural residues could be added value by using to produce the charcoal and green fuel briquette. Agricultural waste can be produced as fuel briquettes. And charcoal briquettes the production process of fuel briquettes is shorter than the production process of charcoal briquettes resulting in lower costs. And lower heating value than charcoal briquettes

Keywords: Briquettes Charcoal / Fuel Briquette / Durian Rind / Mangosteen Rind / Pineapple Rind

บทนำ

กลุ่มชุมชนในจังหวัดตราดมีอาชีพประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น ปลูกทุเรียน มังคุด สับปะรด ยางพารา กล้วย และอื่นๆอีกมากมาย โดยกลุ่มชุมชนมีการแปรรูปผลไม้ เช่นทุเรียนกวน มังคุดกวน สับปะรด หรือนำไปอบแห้งเป็นต้น ทำให้มีเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปทุเรียนอบแห้ง ลักษณะทางกายภาพของผลทุเรียนถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกที่มีหนามแหลม ประมาณ 45-50 เปอร์เซ็นต์[1] การบริโภคภายในประเทศผลผลิตปี 2565 มีปริมาณผลทุเรียนที่ 1,321,648 ตัน คิดเป็นปริมาณเปลือกเหลือทิ้งอยู่ที่ประมาณ 594,741 – 660,824 ตัน[2] ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นได้ นอกจากปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ศูนย์เรียนรู้การทำเกษตรแบบผสมผสานตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลท่าพริก อำเภอเมือง จังหวัดตราด จึงต้องการนำเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงชีวอัดแท่งและถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้ในชุมชนจังหวัดตราด และเพิ่มมูลค่าสำหรับเรียนรู้และจัดจำหน่ายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับชุมชน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปมาผลิตให้อยู่ในรูปแบบเชื้อเพลิงชีวและถ่านอัดแท่ง และสามารถให้ความร้อนทดแทนถ่านไม้ได้ เป็นทางเลือกหนึ่งในการทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดี ในปัจจุบันเชื้อเพลิงในการประกอบอาหารมีแนวโน้มราคาเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา อาทิแก๊สหุงต้ม หรือแม้กระทั่งถ่านไม้จากธรรมชาติ ได้มีการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวอัดแท่ง เช่น ชานอ้อย กะลามะพร้าว [3] กากกาแฟและกากชา[4] เปลือกสับปะรด[5] ต้นข้าวโพดและขี้เลื่อยไม้มะขาม[6] มีการนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมา ใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยนำมาผสมกับแป้งมัน สำปะหลังแล้วอัดเป็นแท่งโดยวิธีอัดแบบเย็น ค่าความร้อนที่ได้จากเปลือกทุเรียนที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนสูงที่สุด 4,348 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความร้อนที่ได้จากฟืนไม้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีค่าความชื้นและปริมาณเถ้าต่ำ[7] จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนการผลิตถ่านอัดแท่ง พบว่าลงทุนปัจจัยกระบวนการผลิตจำนวน 125,000บาทสามารถคืนทุนได้ใน 46 วันเมื่อเปรียบเทียบกับกำไรที่ได้จำนวน 2723.80บาทต่อวันซึ่งเห็นได้ว่าการทำอาชีพผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนขายเป็นอาชีพที่สามารถทำกำไรได้ดีให้กับเกษตรกรในอำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี[8]

วัสดุและวิธีการ

1.การเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1.1 นำเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดทำความสะอาดเพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่ถูกต้องจึงต้องนำเนื้อที่ยังติดอยู่กับเปลือกออกให้หมด และนำไปตากแห้ง 14 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้น แสดงดังภาพที่ 1 – 3



ภาพที่ 1 เปลือกสับปะรด



ภาพที่ 2 เปลือกทุเรียน



ภาพที่ 3 เปลือกมังคุด

1.2 นำเปลือกตากแห้งสับปะรด ทูเรียน และมังคุด ย่อยด้วยเครื่องบดให้มีขนาดเล็กลงจนละเอียด การบดเปลือกผลไม้แห้งแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การบดเปลือกผลไม้

2. การเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง

2.1 ทำความสะอาดและเอาเนื้อออกให้หมด และนำไปตากแห้ง 14 วัน เพื่อลดปริมาณความชื้น เช่นเดียวกับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2.2 นำเปลือกสัปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดแห้งเผาให้เป็นถ่านใช้เวลา 6 ชั่วโมง แสดงเตาเผาถ่านดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเผาเปลือกผลไม้ที่ตากแห้งแล้ว

2.3 นำเปลือกถ่านสัปะรด ทุเรียน และมังคุด ย่อยด้วยเครื่องบดให้มีขนาดเล็กลง จนละเอียดเป็นผง การบดถ่านเปลือกผลไม้แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การบดถ่านเปลือกผลไม้

3. ขั้นตอนการอัดขึ้นรูป

3.1 นำผงเปลือกตากแห้งสัปะรด มังคุด และทุเรียน ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก[9] โดยมีอัตราส่วนผงเปลือกตากแห้งแต่ละชนิดที่ 10 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 300 กรัม และน้ำสะอาด 3 ลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน

3.2 นำผงถ่านเปลือกสับปะรด ผงเปลือกมังคุด และผงถ่านเปลือกทุเรียน ผสมกับ แป้งมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเช่นกันโดยมีอัตราส่วนผงถ่านแต่ละชนิดที่ 10 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 300 กรัม และน้ำสะอาด 3 ลิตร คลุกเคล้าให้เข้ากัน

3.3 การขึ้นรูปถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงอัดแท่งทรงกระบอกมีครีbsd้านข้าง ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางรูด้านใน 1 เซนติเมตร และความยาว 10 เซนติเมตร เครื่องอัดแท่งขนาด 3 แรงม้า แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เครื่องอัดแท่ง

ลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งมีเส้นใยสูงการบดละเอียดยังไม่สามารถทำได้ดี ลักษณะเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัดออกมาจะมีลักษณะผิวด้านข้างแตกเป็นรอยปริแตกทั่วทั้งแท่งเนื่องจากแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับกระบอกอัดสูง และมองเห็นเส้นใยชัดเจนไม่สามารถใช้เครื่องตัดกำหนดขนาดได้ เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงเชื้อเพลิงอัดแท่งมีความแข็งตัวไม่ร่วนซุย แสดงเชื้อเพลิงอัดแท่งเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดดังภาพที่ 8-10 ตามลำดับ



ภาพที่ 8 เชื้อเพลิงเซียวอัดแท่งจากเปลือกสัปะรด



ภาพที่ 9 เชื้อเพลิงเซียวอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน



ภาพที่ 10 เชื้อเพลิงเซียวอัดแท่งจากเปลือกมังคุด

คุณลักษณะทั่วไปของถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกันตลอดทั้งแท่ง มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะแตกหักง่าย ขณะติดไฟไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น แสดงถ่านอัดแท่งเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดดังภาพที่ 11-13 ตามลำดับ



ภาพที่ 11 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด



ภาพที่ 12 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน



ภาพที่ 13 ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมังคุด

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์เชื้อเพลิงชีวอัดแท่งและถ่านอัดแท่ง

ก่อนการทดลองนำเชื้อเพลิงชีวอัดแท่ง และถ่านอัดแท่ง อบเพื่อไล่ความชื้น โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง [8]

4.1 ค่าความร้อน ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM D3286 ทำการทดลองหาค่าพลังงานความร้อนแต่ละอัตราส่วนซ้ำกัน 5 ครั้ง เครื่อง Bomb Calorimeter แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 AC500 Bomb Calorimeter

4.2 ปริมาณความชื้น ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 การหาปริมาณความชื้นสามารถหาได้ จากสมการที่ (1)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% dry basis)} = ((M1 - M2) \times 100) / M2 \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ $M1$ = มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งก่อนอบ (กรัม)

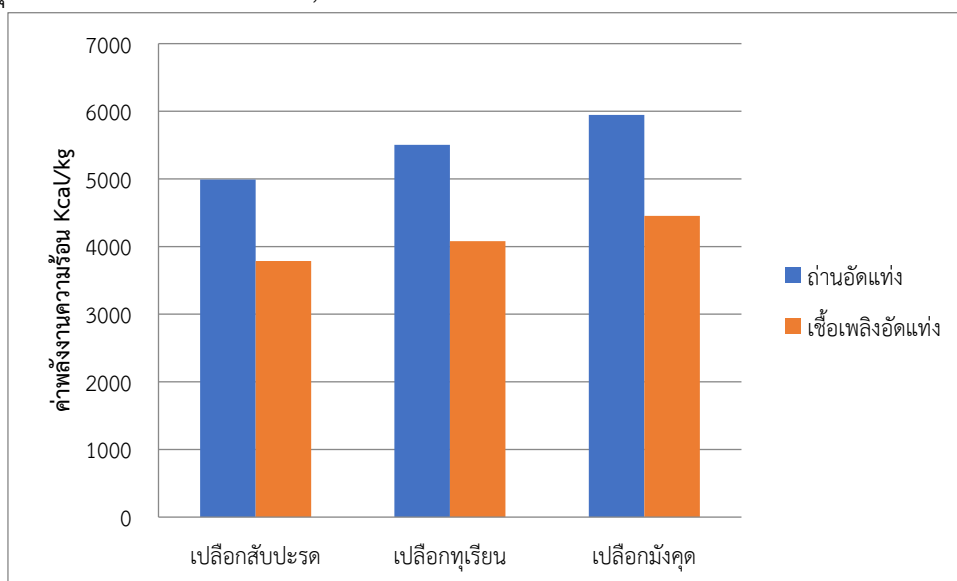
$M2$ = มวลของเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังอบ (กรัม)

4.3 ปริมาณเถ้า เป็นการวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3174

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาค่าความร้อน

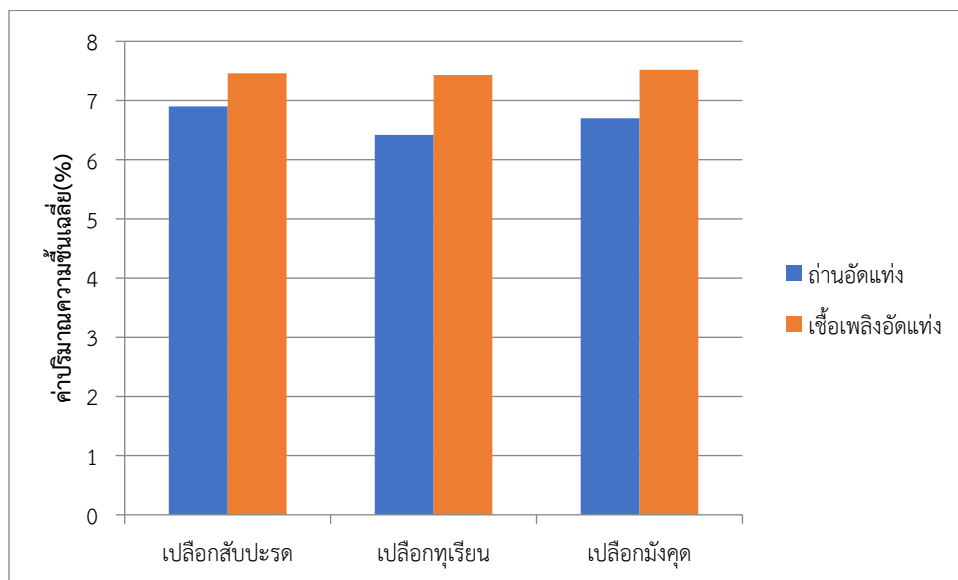
จากการทดสอบหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากจากเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน เปลือกมังคุดได้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 4,991, 5503, และ 5,945 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งได้ค่าความร้อนเฉลี่ยที่ 3,787, 4,079 และ 4,454 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับแสดงดังภาพที่ 15 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้น้อยกว่า 5,000 แคลอรีต่อกกรัม



ภาพที่ 15 การเปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนของถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลการศึกษาค่าปริมาณความชื้น

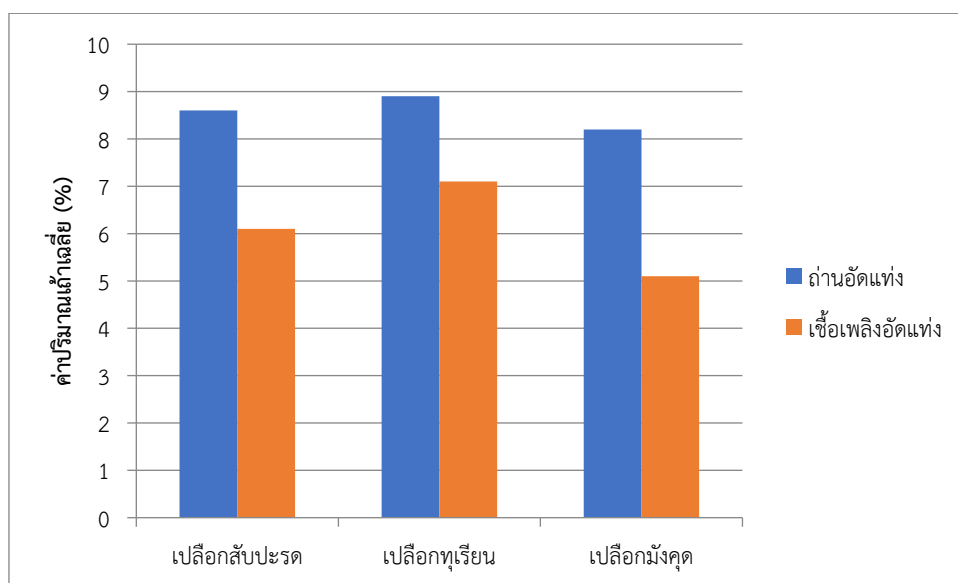
จากการทดสอบหาค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากจากเปลือกสับปะรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดพบว่าค่าความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 6.90, 6.42, และ 6.70 โดยน้ำหนักตามลำดับ และเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งพบว่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่ร้อยละ 7.46, 7.43 และ 7.52 โดยน้ำหนักตามลำดับ ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซึ่งกำหนดไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 8 แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 การเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยของถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลการศึกษาค่าปริมาณเถ้า

จากการทดสอบหาค่าปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากจากเปลือกล้างประรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดพบว่าค่าปริมาณเถ้าเฉลี่ยที่ร้อยละ 8.6, 8.9, และ 8.2 โดยน้ำหนักตามลำดับ และเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าค่าปริมาณเถ้าที่ร้อยละ 6.1, 7.1 และ 5.1 โดยน้ำหนักตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบค่าปริมาณแก๊สรั่วของถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ค่าปริมาณแก๊สที่แตกต่างส่วนหนึ่งจากปริมาณความแตกต่างของประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในเปลือกผลไม้แต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน และเชื้อเพลิงอัดแท่งไม่ผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน จึงทำให้สารอินทรีย์เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงทำให้ปริมาณแก๊สในเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณมากกว่าถ่านอัดแท่งอย่างชัดเจน

วิจารณ์

จากการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงพบว่าค่าความร้อนเฉลี่ยสูงสุดในถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งคือเปลือกมังคุดที่ 5945 และ 4454 แคลอรีต่อกรัมตามลำดับ ค่าความร้อนเฉลี่ยต่ำสุดคือเปลือกส้มแปรรูปที่ 4991 และ 3787 แคลอรีต่อกรัมตามลำดับ ค่าความร้อนที่ต่างกันค่อนข้างมากเป็นผลมาจากความแตกต่างค่าคาร์บอนคงตัวซึ่งมีผลกับค่าความร้อนโดยตรง [7] ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) ดังนั้นหากมีการพัฒนาถ่านอัดแท่งและเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งในครั้งต่อไป จำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนแท่งเชื้อเพลิงชีวให้มีความร้อนเพิ่มขึ้น เช่นอาจจัดหาชีวมวลที่มีค่าคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ค่าความร้อนให้มากขึ้น

หากเปรียบเทียบเชื้อเพลิงอัดแท่งกับถ่านอัดแท่งพบว่า ถ่านอัดแท่งให้ค่าความร้อนสูงกว่าเนื่องจากมีปริมาณแก๊สต่ำกว่าแต่กระบวนการผลิตมีความยุ่งยาก ในขณะที่เชื้อเพลิงอัดแท่งกระบวนการผลิตสั้นกว่าและสามารถนำไปใช้งานได้เหมือนกันโดยค่าความร้อนต่ำกว่า

ถ่านอัดแท่ง จากปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงเขี้ยวอัดแท่งมีปริมาณมากกว่าถ่านอัดแท่งค่อนข้างมากเนื่องจากเชื้อเพลิงเขี้ยวไม่ได้ผ่านกระบวนการเผาไหม้ในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาตรอากาศเบาบาง ทำให้น้ำมันดินและสารประกอบอื่นๆยังคงมีอยู่ จึงทำให้ปริมาณเถ้าแตกต่างกัน

สรุป

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ต่างมุ่งเน้นให้ได้ค่าพลังงานความร้อนที่สูง โดยต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะและองค์ประกอบของชีวมวลที่จะนำมาใช้ในการผลิตด้วย และค่าใช้จ่ายในการผลิตต้องน้อยด้วยเช่นกัน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป จากการทดลองนำเปลือกสับประรด เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งพบว่าเกิดรอยปริแตกบริเวณผิวหลังจากผ่านกระบวนการอัด มีเส้นใยเยอะไม่สามารถใช้เครื่องตัดเป็นท่อนตามที่กำหนดได้แต่ไม่เป็นปัญหาสำหรับการนำไปใช้งาน ในส่วนถ่านอัดแท่งหลังจากผ่านกระบวนการอัดแท่ง ถ่านมีคุณลักษณะที่ดี ผิวเรียบเสมอกันทั้งแท่งไม่เกิดการปริแตกที่ผิว จับตัวเป็นก้อนไม่รวมซุย เชื้อเพลิงอัดแท่งและถ่านอัดแท่งมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน เชื้อเพลิงอัดแท่งมีกระบวนการผลิตที่สั้นกว่าและง่ายกว่าจึงลดสามารถลดอุปกรณ์ในการผลิตได้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งต่ำกว่าถ่านอัดแท่งแต่ให้ค่าความร้อนน้อยกว่าถ่านอัดแท่งจึงต้องใช้ปริมาณที่มากกว่าหากต้องการค่าความร้อนที่เท่ากัน ในขณะที่ถ่านอัดแท่งต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนชีวมวลให้เป็นถ่านก่อนจึงสามารถนำมาอัดแท่งได้จึงเป็นการเพิ่มกระบวนการทำให้ค่ากระบวนการผลิตสูงขึ้น แต่มีข้อดีคือให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าจึงใช้ปริมาณที่น้อยกว่าหากเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. วารินทร์ พิมพา, นิทรา เนื่องจำนงค์. องค์ประกอบด้านอนุมูลอิสระในกล้วยน้ำว้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 2552;40(3):589-92.
2. สีนคำทุเรียน และผลิตภัณฑ์. สำนักวิจัยเศรษฐกิจเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 29 เมษายน 2566]. เข้าถึงได้จาก: <https://oaezone.oae.go.th/view/26/index/TH-TH>
3. วัฒนะจิระ ลดาวัลย์, ลาปิ่น ณรงค์ศักดิ์, ชัชวาลย์ วิภาวดี. การพัฒนาก่อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2559;39(2):239-55.
4. นฤภัทร ตังมั่นคงวรกุล, พัชรีย์ ปรีดาสุริยะชัย. การศึกษากากกาแฟและกากชามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2558;7(13):15-26.
5. รุธิพร เจาะจง, โชติกา ยอดบุษดี. การใช้ประโยชน์ถ่านอัดแท่งจากเปลือกสับปะรด. Rajabhat J. Sci. Humanit. Soc. Sci 2561;19(2):280-86.
6. สุภาพร นางแย้ม, เสาวลักษณ์ ลำบอง, วราภรณ์ จังธนสมบัติ, กาญจนา อัจฉริยจิต. ประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากต้นข้าวโพดและขี้เลื่อยไม้มะขามโดยใช้กาบแป้งเปียกเป็นตัวประสาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี 2560;6(1):85-94.
7. อัจฉรา อัครจุลชัย, ชลันดา เสมสายัณห์, นัฐพร ประภักดี, ณัฐธิดา เปี่ยมสุวรรณศิริ, นิภาวรรณ ชูชาติ. การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง.การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49; 1-4 กุมภาพันธ์ 2554; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554.
8. วิลาสินี หอมระรื่น, วิสาชา ภูจินดา. แนวทางการใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดเป็นเชื้อเพลิงชีวอัดแท่งและปุ๋ย : กรณีศึกษาอำเภอแก่งหางแมวจังหวัดจันทบุรี. วารสารดุสิตบัณฑิตทางสังคมศาสตร์ 2562;9(2):452-66.
9. คมสัน ม่วยสี, กฤษณะ จันทสิทธิ์. การศึกษาสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5; 15-16 มกราคม 2564; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา; 2564.