หนังสือตอบรับผลงานทางวิชาการ

วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ข้าพเจ้า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล บรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) สถานที่ติดต่อ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 ถนนสุขุมวิท เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110 โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 11014

ขอรับรองว่า นางสาวนฤมล ทองมาก มีบทความทางวิชาการ เรื่อง "การใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง" ได้ผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) และอนุมัติให้เผยแพร่ลงวารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 15 ฉบับที่ 29 ประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2566 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2566

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)

บรรณาธิการ

วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วันที่ 31 สิงหาคม 2565

การใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง

THE UTILIZATION OF DURIAN PEELS AND SPENT COFFEE GROUNDS TO PRODUCE BRIQUETTE CHARCOAL

นฤมล ทองมาก* รอมสัน หมาดมานัง ซันวานี จิใจ เมธิยา หมวดฉิม ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์ จุฑามาศ แก้วมณี กูรอซียะห์ ยามิรูเด็ง

Narumol Thongmak*, Romsan Madmanang, Sunwanee Jijai, Maytiya Muadchim, Piyaruk Pradabphetrat, Jutamas Kaewmanee, Kurosiyah Yamirudeng

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

***Corresponding author, e-mail:** narumol.t@yru.ac.th

บทคัดย่อ

เปลือกทุเรียนและกากกาแฟเป็นวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งหากไม่มีการนำกลับมาใช้ประโยชน์จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และจากข้อมูลคุณสมบัติเชื้อเพลิงของเปลือกทุเรียนและกากกาแฟพบว่ามีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน ผลการศึกษาพบว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 10:0 และ 8:2 มีผิวเรียบเนียนและมีรอยแตกร้าวน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ในขณะที่ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งในทุกชุดการทดลองมีผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งทั้งในกรณีของการใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่า มีค่าความชื้นน้อยกว่า 8% ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง และผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่าอัตราส่วน 10:0 (เปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว) เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด และอัตราส่วน 0:10 (กากกาแฟเพียงอย่างเดียว) เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด ซึ่งปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของกากกาแฟ สำหรับค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง พบว่าอัตราส่วน 0:10 (กากกาแฟเพียงอย่างเดียว) ทั้งในกรณีของการใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสานเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,126.67±30.62 cal/g และ 6,910.00±51.42 cal/g ตามลำดับ ซึ่งถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสานให้ค่าความร้อนดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

คำสำคัญ: เปลือกทุเรียน, กากกาแฟ, ถ่านอัดแท่ง, กากไขมัน

Abstract

A large amount of waste material comes from durian peels and spent coffee grounds. In the absence of recycling, it will have an effect on the environment. Both spent coffee grounds and durian peels have the potential to be used as fuel in the production of briquette charcoal. In this study, tapioca starch

and fat dregs were used as binders to examine the production of briquette charcoal from durian peels and spent coffee grounds in the following ratios: 10:0, 8:2, 6:4, 4:6, 2:8, and 0:10. The results indicated that briquette charcoal utilizing fat dregs as a binder in all experiments had smooth surfaces and no cracking whereas briquette charcoal using tapioca starch as a binder in the ratios of 10:0 and 8:2 showed smooth surfaces and less cracks than other experiments. The analysis of the briquette charcoal moisture content revealed that it was less than 8%, which was in compliance with the community product standard for briquette charcoal when both tapioca starch and fat dregs were used as binders. According to the results of the ash content analysis, the ratio of 10:0 (durian peels) had the highest ash content, while the ratio of 0:10 (spent coffee grounds) had the lowest. As the amount of spent coffee grounds increases, the ash content tends to decrease. The ratio of 0:10 (spent coffee grounds) with tapioca starch and fat dregs as a binder produced the highest heating value of 6,126.67±30.62 and 6,910.00±51.42 cal/g, respectively, whereas fat dregs as a binder had a better heating value than tapioca starch.

Keywords: Durian peels, Spent coffee grounds, Briquette charcoal, Fat dregs

บทนำ

ทุเรียน (Durian) ถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่มีการผลิตและการบริโภคกันเป็นจำนวนมาก ซึ่งทุเรียน 1 ผล จะประกอบไปด้วยเปลือก 58.56% เนื้อ 28.51% และเมล็ด 12.93% หรืออาจกล่าวได้ว่าทุเรียน 1 ผล มีส่วนของเปลือกและเมล็ดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งสูงถึง 70% ต่อทุเรียน 1 ลูก [1] จากข้อมูลปริมาณความต้องการบริโภคทุเรียนสดและผลิตภัณฑ์ทุเรียนภายในประเทศระหว่างปี 2559-2563 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 41.31% ต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการบริโภคในรูปแบบทุเรียนสด โดยใน ปี 2563 มีการบริโภคทุเรียนภายในประเทศ 435,505 ตัน/ปี [2] ดังนั้นเมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยวจึงมีเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จากข้อมูลคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกทุเรียน พบว่า เปลือกทุเรียนมีค่าความร้อนประมาณ 4,045 cal/g ความชื้น 2.05% และปริมาณเถ้า 4.07% [3] ซึ่งหากมีการนำเปลือกทุเรียนที่เหลือจากการบริโภคดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์ พัฒนาปรับปรุงให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้นั้น นอกจากจะเป็นการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดแล้ว ยังสามารถช่วยลดปัญหาในเรื่องการจัดการวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดขึ้นอีกด้วย

นอกจากปัญหาเปลือกทุเรียนซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคมีการบริโภคกาแฟคั่วบดมากขึ้นจึงส่งผลให้มีกากกาแฟเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งกากกาแฟ (Spent coffee grounds; SCGs) ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการการสกัดน้ำกาแฟ โดยจากปริมาณการบริโภคกาแฟในประเทศไทย ทำให้มีกากกาแฟเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากกว่า 290,000 ตัน/ปี [4] ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกากกาแฟมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นการจัดการกากกาแฟในระดับอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูป ทำได้โดยการนำกากกาแฟไปเผาเพื่อสร้างเป็นพลังงานความร้อนแล้วนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต แต่ในภาคครัวเรือนและร้านกาแฟส่วนใหญ่ยังมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ไม่มากนัก จึงมีกากกาแฟที่เหลือทิ้งจำนวนมาก และด้วยคุณสมบัติของกากกาแฟที่ให้พลังงานความร้อนเท่ากับ 4,609.7 cal/g ความชื้น 65.7% และปริมาณเถ้า 2.2% และมีองค์ประกอบของน้ำมันผสมอยู่ ทำให้มีโอกาสในการพัฒนากากกาแฟให้เป็นพลังงานทางเลือก [5-6] จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการนำวัสดุเหลือใช้หลายชนิดมาใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง ได้แก่ กะลามะพร้าวและเหง้ามันสำปะหลัง [7] เศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวหลาม [8] เศษถ่าน

จากการผลิตอิฐมอญ [9] ซึ่งคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้และถ่านไม้ได้ดี ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการนำเปลือกทุเรียนและกากกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เพื่อเพิ่มคุณค่าของเปลือกทุเรียนและกากกาแฟที่เหลือทิ้ง โดยนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ด้านพลังงาน และลดปัญหาของเสียที่ปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

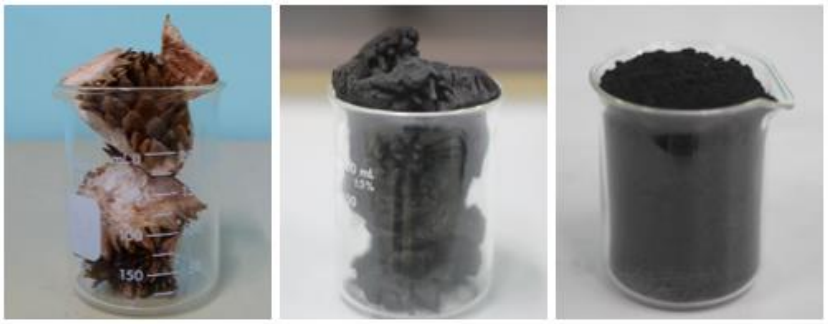
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟ
2. เพื่อวิเคราะห์ค่าความชื้น ค่าความร้อน และปริมาณเถ้าของถ่านถัดแท่งที่ได้จากการผสมเปลือกทุเรียนและกากกาแฟ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการทดสอบอัตราส่วนที่เหมาะสมและคุณลักษณะของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟซึ่งใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันจากบ่อดักไขมันเป็นตัวประสาน โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1) เก็บตัวอย่างเปลือกทุเรียน ทำให้แห้งด้วยการตากแดดโดยใช้เวลา 2-3 วัน เพื่อไล่ความชื้นและป้องกันการเกิดเชื้อราก่อนนำไปเผาจนเป็นถ่านด้วยหลุมเผาถ่านแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน และทำการบดให้เป็นผงละเอียด ดังภาพที่ 1 เพื่อเตรียมนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป



(ก) เปลือกทุเรียนตากแห้ง (ข) ถ่านเปลือกทุเรียน (ค) ถ่านเปลือกทุเรียนบด

ภาพที่ 1 ถ่านเปลือกทุเรียน

2) เก็บตัวอย่างกากกาแฟจากร้านขายกาแฟในพื้นที่เขตเทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา นำมาทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (24 ชั่วโมง) เพื่อไล่ความชื้นและป้องกันการเกิดเชื้อราก่อนนำกากกาแฟไปให้ความร้อน (คั่ว) ประมาณ 2 ชั่วโมง จนมีลักษณะเป็นถ่าน ดังภาพที่ 2

(ก) กากกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่ว (ข) กากกาแฟที่ผ่านการคั่ว

ภาพที่ 2 กากกาแฟ

3) นำถ่านเปลือกทุเรียนจากขั้นตอนที่ 1) และกากกาแฟจากขั้นตอนที่ 2) มาผสมกัน โดยผสมถ่านเปลือกทุเรียนต่อกากกาแฟ ในอัตราส่วนผสม คือ 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 และใช้แป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน ถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ เท่ากับ 1:0.05:1 และกากไขมันเป็นตัวประสานในอัตราส่วน ถ่าน : กากไขมัน เท่ากับ 3:5 [10]

4) นำถ่านที่ผสมแล้วในแต่ละอัตราส่วนไปอัดแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน ซึ่งประกอบด้วย ด้ามมือหมุน ช่องป้อนผงถ่าน เพลาขับ ปอกเกลียวอัด ซึ่งมีขนาดของกระบอกอัดถ่าน 5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3 ถ่านอัดแท่งที่ผลิตแล้วนำไปทำให้แห้งด้วยการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส (24 ชั่วโมง) เพื่อไล่ความชื้นที่มีอยู่ในถ่านอัดแท่ง

(ก) ลักษณะส่วนประกอบของเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน (ข) การใช้งานเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน

ภาพที่ 3 เครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน

5) วิเคราะห์คุณลักษณะของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการผสมถ่านเปลือกทุเรียนและกากกาแฟตามคุณลักษณะถ่านที่ต้องการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ ความชื้น (Moisture) ค่าความร้อน (Calorific value) และเถ้า (Ash) ตามมาตรฐาน ASTM [11] โดยแสดงวิธีการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการ
ความชื้น	ASTM D 3173
เถ้า	ASTM D 3174
ค่าความร้อน	ASTM D 5865

ผลการวิจัย

1. อัตราส่วนที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟ

1.1 ถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน ถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ คือ 1:0.05:1 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง โดยส่วนผสมของถ่านเปลือกทุเรียน : กากกาแฟ ที่อัตราส่วน 10:0 และ 8:2 พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผิวเรียบเนียน มีรอยแตกร้าวเล็กน้อยซึ่งมีรอยแตกร้าวน้อยกว่าทุกชุดการทดลอง ในขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ สามารถอัดขึ้นรูปได้ดีเช่นเดียวกันกับอัตราส่วน 10:0 มีผิวเรียบเนียน มีการรอยแตกร้าวเป็นบางก้อน ซึ่งรอยแตกร้าวดังกล่าวอาจเกิดเนื่องมาจากความต่อเนื่องในการบดอัดที่ใช้เครื่องอัดมือหมุน

1.2 ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน

ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 โดยใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน ถ่าน : กากไขมัน เท่ากับ 3:5 พบว่าลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งที่ได้จากส่วนผสมของเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟเมื่อใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน สามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง โดยทุกชุดการทดลอง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว ยกเว้นในอัตราส่วน 0:10 ซึ่งเป็นกากกาแฟอย่างเดียว พบว่า ถ่านอัดแท่งที่ขึ้นรูปได้ มีผิวไม่เรียบเนียน แต่ไม่มีร้อยแตกร้าวดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อใช้ตัวประสานต่างกัน

ชนิดของตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	การขึ้นรูป	ลักษณะผิว
แป้งมันสำปะหลัง	10:0	ขึ้นรูปได้	เรียบเนียน แตกร้าวเล็กน้อย
	8:2	ขึ้นรูปได้	เรียบเนียน แตกร้าวเล็กน้อย
	6:4	ขึ้นรูปได้	แตกร้าวบางก้อน

ตารางที่ 2 ลักษณะถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อใช้ตัวประสานต่างกัน (ต่อ)

ชนิดของตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	การขึ้นรูป	ลักษณะผิว
แป้งมันสำปะหลัง	4:6	ขึ้นรูปได้	แตกร้าวบางก้อน
	2:8	ขึ้นรูปได้	แตกร้าวบางก้อน
	0:10	ขึ้นรูปได้	แตกร้าวบางก้อน
กากไขมัน	10:0	ขึ้นรูปได้	ผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว
	8:2	ขึ้นรูปได้	ผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว
	6:4	ขึ้นรูปได้	ผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว

ตารางที่ 2 ลักษณะถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ เมื่อใช้ตัวประสานต่างกัน (ต่อ)

ชนิดของตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	การขึ้นรูป	ลักษณะผิว
กากไขมัน	4:6	ขึ้นรูปได้	ผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว
	2:8	ขึ้นรูปได้	ผิวเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว
	0:10	ขึ้นรูปได้	ผิวไม่เรียบเนียน แต่ไม่มีร้อยแตกร้าว

2. คุณลักษณะของถ่านถัดแท่งที่ได้จากการผสมเปลือกทุเรียนและกากกาแฟ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟ ในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 โดยใช้แป้งมันสำปะหลัง และกากไขมันเป็นตัวประสาน ผ่านการวิเคราะห์ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง Oxygen bomb calorimeter รายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 ค่าความชื้น

จากการวิเคราะห์หาค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟทั้ง 6 อัตราส่วน (10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10) โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งในทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นไม่เกิน 8% ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 1.87±0.20% ถึง 5.03±0.28%

ตารางที่ 3 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	ปริมาณความชื้น (%)	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
แป้งมันสำปะหลัง	10:0	4.80±0.16	ค่าความชื้นต้องไม่เกิน 8%
	8:2	5.03±0.28	
	6:4	4.69±0.30	
	4:6	3.82±0.32	
	2:8	3.09±0.50	
	0:10	1.87±0.20	

ตารางที่ 3 ค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ (ต่อ)

ตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	ปริมาณความชื้น (%)	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
กากไขมัน	10:0	5.24±0.14	ค่าความชื้นต้องไม่เกิน 8%
	8:2	6.62±0.21	
	6:4	4.09±0.17	
	4:6	4.06±0.12	
	2:8	3.62±0.50	
	0:10	2.13±0.07	

2.2 ปริมาณเถ้า

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งที่ได้มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 2.47±0.33% ถึง 13.72±0.24% และ 5.33±0.30% ถึง 11.49±0.37% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณเถ้าของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	ปริมาณเถ้า (%)
แป้งมันสำปะหลัง	10:0	13.72±0.24
	8:2	11.97±0.27
	6:4	9.71±0.55
	4:6	7.22±0.30
	2:8	5.44±0.19
	0:10	2.47±0.33
กากไขมัน	10:0	11.49±0.37
	8:2	9.80±0.85
	6:4	8.91±0.25
	4:6	8.11±0.68
	2:8	7.63±0.35
	0:10	5.33±0.30

ตารางที่ 4 เห็นได้ว่าปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของกากกาแฟ โดยอัตราส่วน 0:10 (กากกาแฟเพียงอย่างเดียว) เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด และอัตราส่วน 10:0 (เปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว) เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด เช่นเดียวกันทั้งในกรณีที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน

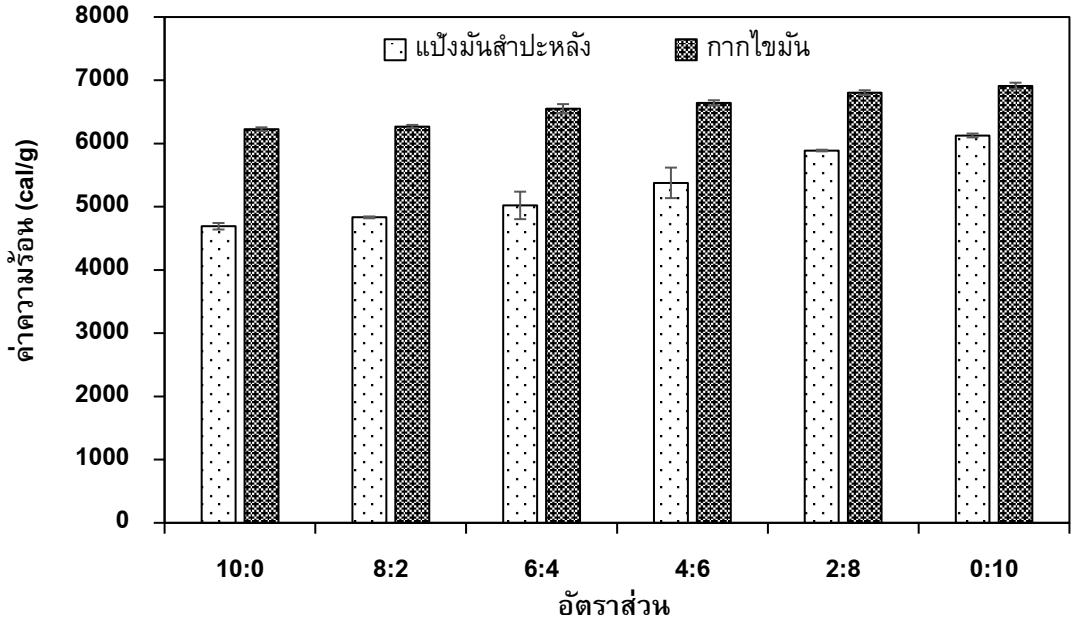
2.3 ค่าความร้อน

จากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนร่วมกับกากกาแฟในอัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 โดยใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน ดังตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณความร้อนที่ถูกปล่อยออกมาจากถ่านอัดแท่งเมื่อนำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปหาค่าความร้อนด้วยเครื่อง Oxygen bomb calorimeter พบว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 0:10 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีกากกาแฟเพียงอย่างเดียวและเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,126.67±30.62 cal/g ในขณะที่อัตราส่วน 10:0 และ 8:2 มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,691.00±51.42 cal/g และ 4,831.33±14.36 cal/g ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วน 0:10 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเช่นกัน คือ 6,910.00±51.42 cal/g ซึ่งผลการทดสอบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสานแสดงให้เห็นว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของกากกาแฟ และจากตารางที่ ตารางที่ 5 พบว่าในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบ (10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10) เมื่อใช้กากไขมันเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งที่ได้กำหนดไว้ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสานให้ค่าความร้อนดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานในทุกอัตราส่วนดังภาพที่ 4

ตารางที่ 5 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่อัตราส่วนต่าง ๆ

ตัวประสาน	อัตราส่วนผสม เปลือกทุเรียน : กากกาแฟ	ค่าความร้อน (cal/g)	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่ง
แป้งมันสำปะหลัง	10:0	4,691.00±51.42	ไม่น้อย 5,000 (cal/g)
	8:2	4,831.33±14.36	
	6:4	5,020.33±217.24	
	4:6	5,377.00±241.50	
	2:8	5,888.33±12.90	
	0:10	6,126.67±30.62	
กากไขมัน	10:0	6,226.00±28.83	ไม่น้อย 5,000 (cal/g)
	8:2	6,268.00±25.36	
	6:4	6,551.00±71.46	
	4:6	6,643.33±40.46	
	2:8	6,804.00±37.47	
	0:10	6,910.00±51.42	



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน ที่อัตราส่วน 10:0 8:2 6:4 4:6 2:8 และ 0:10 พบว่าสามารถขึ้นรูปได้ทุกชุดการทดลอง มีรอยแตกร้าวเล็กน้อยในบางชุดการทดลองเมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน พบว่าผิวของถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสานมีความเรียบเนียนกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทั้งนี้เนื่องจากกากไขมันมีสภาพเป็นไขจึงส่งผลให้วัตถุดิบมีการเกาะติดกันได้ดีมากยิ่งขึ้น ซึ่งคุณสมบัติของตัวประสานที่ดีว่าควรมีความเหนียวมากพอ สามารถเผาไหม้ได้หรือติดไฟได้ดี ไม่ทำให้เกิดควัน ไม่ทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร้าวหรืออ่อนตัวเกินไปเมื่อสัมผัสกับอากาศ [12] นอกจากนี้รอยร้าวที่เกิดขึ้นอาจเกิดเนื่องมาจากความต่อเนื่องในการหมุนบดอัดถ่านเมื่อใช้เครื่องอัดมือหมุน และอาจเนื่องมาจากผงถ่านมีความชื้นน้อยเกินไปจึงส่งผลให้ผงถ่านเกาะกันเป็นแท่งได้ยาก ทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นที่ผิวของถ่านอัดแท่ง [8] และจากการทดลอง พบว่าค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งในทุกอัตราส่วนมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 1.87±0.20% ถึง 5.03±0.28% และ 2.13±0.07% ถึง 6.62±0.21% เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน ตามลำดับ โดยค่าความชื้นของถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสานในทุกอัตราส่วนมีค่าผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งที่ได้กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณค่าความชื้นไม่เกิน 8% [13] ซึ่งหากถ่านอัดแท่งมีปริมาณความชื้นมากเกินไป เมื่อถ่านได้รับความร้อนจะเกิดไอน้ำและจะขยายตัว ทำให้ถ่านระเบิดและแตกร่วน [8] นอกจากนี้ปริมาณความชื้นยังมีผลโดยตรงต่อค่าความร้อน ซึ่งหากเชื้อเพลิงอัดแท่งมีความชื้นมากจะทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปกับการระเหยในระหว่างการเผาไหม้ ทำให้ค่าความร้อนที่ได้ลดต่ำลง [14] และค่าความชื้นที่ต่ำสามารถลดการเกิดเชื้อราทำให้สามารถเก็บรักษาถ่านอัดแท่งได้นานยิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณเถ้า พบว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน 0:10 ซึ่งเป็นกากกาแฟเพียงอย่างเดียวเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าน้อยที่สุด และถ่านอัดแท่งในอัตราส่วน 10:0 เปลือกทุเรียนเพียงอย่างเดียว เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้ามากที่สุด ซึ่งปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเพิ่มขึ้นของกากกาแฟ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนมี

ปริมาณเถ้ามากกว่าถ่านอัดแท่งจากกากกาแฟ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าปริมาณเถ้าที่เกิดขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งปริมาณเถ้าที่เหลือหลังจากการเผาไหม้มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานความร้อน นั่นคือ เมื่อมีปริมาณเถ้ามากค่าพลังงานความร้อนจะลดลงแต่ถ้ามีปริมาณเถ้าน้อยค่าพลังงานความร้อนก็จะเพิ่มขึ้น [8] และจากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง พบว่าค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งในทุกอัตราส่วนมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งคือต้องมีค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 แคลอรี่ต่อกรัม [13] ยกเว้นอัตราส่วน 10:0 และ 8:2 ที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานมีค่าความร้อนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของถ่านอัดแท่งเล็กน้อย ค่าความร้อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับถ่านอัดแท่งจากเปลือกยูคาลิปตัสและไม้ไผ่ตง เมื่อใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 4833.60±19.11 และ 4,972 cal/g ตามลำดับ [15-16] ขณะที่อัตราส่วน 0:10 ที่มีกากกาแฟเพียงอย่างเดียวทั้งในกรณีของการใช้แป้งมันสำปะหลังและกากไขมันเป็นตัวประสานเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือ 6,126.67±30.62 cal/g และ 6,910.00±51.42 cal/g ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของกากกาแฟมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่าเปลือกทุเรียน [6,17] นอกจากนี้พบว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้กากไขมันเป็นตัวประสานในทุกอัตราส่วนให้ค่าความร้อนดีกว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทั้งนี้เนื่องจากกากไขมันมีคุณสมบัติด้านพลังงานที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงจุดติดไฟได้ เช่นเดียวกับการศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ชี้ให้เห็นว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 19.12% เมื่อมีการผสมกากไขมันร่วมด้วย [18]

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบบำรุงการศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

[1] Luenam, L. and Thiemprateep, J. (2009, January-June). Study of materials to abandon remain from process to arrange flesh durian for fryer. *Research Journal*. *9*(1), 61-67.

[2] Department of Trade Negotiations. (2022, June 25). Durian products. Retrieved from https://api.dtn.go.th/files/v3/606ffb08ef4140a89b03bf59/download

[3] Ussawarujikulchai, A., Semsayun, C., Prapakdee, N., Pieamsuwansiri, N. and Chuchat, N. (2011). Utilization of durian and mangosteen peels as briquette fuel. In *Proceedings of The 49th Kasetsart University Annual Conference: Science*. pp. 162-168. Bangkok: Kasetsart University.

[4] Tuntiwiwattanapun, N. (2019, January-March). Spent coffee grounds, from coffee mugs to circular economy concept for bio-products. *Environmental Journal*. *23*(1), 1-8.

[5] Eawlex, P. and Somnuk, K. (2015). Utilization of spent coffee grounds to produce liquid-fuel and solid-fuel. In *The 8th Thailand Renewable Energy for Community Conference (TREC-8)*, 4-6 November 2015. pp.338-341. Thailand: Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

[6] Caetano, N.S., Silva, V.F.M., Melo, A.C., Martins, A.A. and Mata, T.M. (2014, October). Spent coffee grounds for biodiesel production and other applications. Clean Technologies and Environmental Policy. 16, 1423-1430.

[7] Phutteesakul, R. (2010). The production of charcoal briquette by coconut shell and cassava rhizome. Thesis, Master (Industrial Education). Thailand: Srinakharinwirot University.

[8] Wirunphan, K., Saiplean, T. and Jaichompoo, P. (2017, January-June). Production of compressed charcoal fuel from the waste materials collected after processing Khao-Larm. *RMUTL Engineering Journal*. *2*(1), 1-15.

[9] Wilaipon, P., Chareonsawan, P., Srihawong N., Menkoed, C., Prakobkasikorn, P. and Kumboon, P. (2019, January-June). Briquette ratio investigation of charcoal briquette produced from brick-burning process residual charcoal. *RMUTL Engineering Journal*. *4*(1), 43-50.

[10] Pollution Control Department. (2008). Guide to oil and grease management from grease traps and utilization for household. Bangkok: TQP Co.,Ltd.

[11] Somdee, P., Nuilek, K. Hasuk, A., Bunon, C. and Wasantasenanon, P. (2016, January-June). Investigation the properties of smokeless charcoal briquette with adding binder from polystyrene and polypropylene plastic waste. *Research Journal*. *9*(1), 61-67.

[12] Katepradit, N. (2009). The study and machine construction for green fuel briquette from corn cobs. Thesis, Master (Industrial technology for local development). Thailand: Kamphaeng Phet Rajabhat University.

[13] Thai industrial standards institute. (2020, July 25). *Thai Community Product Standard (charcoal briquettes)*. Retrieved from http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps238_47.pdf.

[14] Department of industrial works. (2012). *Guide and qualification of wastes for processing into fuel rods and interlocking blocks*. Bangkok: Department of industrial works.

[15] Ngamlert, A., Saripan, K. and Pengngiw, P. (2019). The optimum binder for the production of charcoal briquettes from eucalyptus bark. *Journal of Industrial Technology*. 14(2), 27-38.

[16] Wanchai, S. (2021). A development of charcoal briquette module from bamboo charcoal. *Journal of Industrial Technology*. 16(1), 39-48.

[17] Hirunpraditkoon, S., Intharit, S., Srisumran, S., and Wongvirojtana, P. (2014, October). Combustion properties of briquette charcoal from durian peel. *In Applied Mechanics and Materials*. *666*, 41-45.

[18] Kosalanan, S., Nitayapat, N., Pramot, P. and Phathana-im, N. (2008, July-December). The study of heating value of fuel mass mixing between fat dregs and agricultural wasters. *Journal of Engineering, RMUTT*. *6*(12), 41-47.