

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษตะไคร้และเปลือกกล้วย

Fuel Briquettes from Waste of Lemon Grass and Banana Peel

มาศสกุล ภักดีอาษา*, ภาริตา พิมพันธุ์

Massakul Pukdee-asa*, Parita Pimpan

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

Department of Engineering Management, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,
Nakhon Sawan Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง และวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้และของเสียจากกระบวนการผลิตสเปรย์ตะไคร้หอมและกล้วยฉาบอินทรีย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จากการศึกษาพบว่ากากตะไคร้และเปลือกกล้วยมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งมีค่าความร้อนของตะไคร้อบแห้งและเปลือกกล้วยเผา เท่ากับ 5001.8 ± 4.2 และ 3855.8 ± 8.3 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ โดยผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง 3 ชุดการทดลอง คือ ถ่านไม้ผสมถ่านเปลือกกล้วย ถ่านเปลือกกล้วยผสมถ่านตะไคร้ และถ่านไม้ผสมถ่านตะไคร้ แต่ละชุดการทดลองมีสัดส่วนผสม 100:0, 80: 20, 60:40, 40:60, 20:80 และ 0:100 โดยใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ผลการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงผสมถ่านเปลือกกล้วยผลิตเป็นแท่งได้ง่ายกว่าผสมถ่านตะไคร้ เชื้อเพลิงอัดแท่ง 2 การทดลองมีความเหมาะสมและผ่านมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มพข.238/2547 คือ ถ่านไม้ผสมถ่านเปลือกกล้วย สัดส่วน 80:20 มีค่าความร้อนเท่ากับ $5,199.5 \pm 1.5$ แคลอรีต่อกรัม และ ถ่านไม้ผสมถ่านตะไคร้ สัดส่วน 80:20 มีค่าความร้อนเท่ากับ $5,388.4 \pm 4.4$ แคลอรีต่อกรัม เชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก ลักษณะรูทรงและขนาดใกล้เคียงกัน สีดำสม่ำเสมอและไม่เปราะ สรุปผลได้ว่าการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งควรใช้สัดส่วนของถ่านไม้เป็นหลักผสมกับถ่านตะไคร้หรือถ่านเปลือกกล้วย ไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง การใช้ประโยชน์จากของเสีย เศษตะไคร้ เปลือกกล้วย

Abstract

The objectives of this research are to produce fuel briquettes and to analyse the properties of fuel briquettes from wood charcoal and wastes during the production of lemongrass oil spray and organic banana chips from community enterprises. From the studies, it has been observed that both lemongrass waste and banana peels contain appropriate physical characteristics for

* Corresponding author : massakul.p@nsru.ac.th

producing fuel briquettes, which provide heating values of dehydrated lemongrass and burned banana peels at 5001.8 ± 4.2 and 3855.8 ± 8.3 calories per gram, respectively. The three sets of experiments were produced as follows: wood charcoal mixed with banana peel charcoal, banana peel charcoal mixed with lemongrass charcoal, and wood charcoal mixed with lemongrass charcoal. Each experiment was carried out at mixed proportions of 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, and 0:100 by using tapioca starch as a binding agent. The results reveal that fuel mixed with banana peel charcoal briquettes was produced readily than that mixed with lemongrass charcoal. The two suitable fuel briquettes that passed the charcoal briquette standard MOPHOCHO.238/2547 were wood charcoal mixed with banana peel charcoal in the proportions of 80:20 with a heating value of $5,199.5 \pm 1.5$ calories per gram as well as wood charcoal mixed with lemongrass charcoal in the proportion of 80:20 with a heating value of $5,388.4 \pm 4.4$ calories per gram. The moisture of fuel briquettes did not exceed 8% by weight with similar shape and size and was consistently black and unbreakable. In summary, the fuel briquette production should use the proportion of mainly wood charcoal mixed with lemongrass charcoal or banana peel charcoal by not more than 20% by weight.

Keywords: Fuel Briquettes, Waste Utilization, Banana Peels, Waste of Lemon Grass

1. บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกล้วยประมาณ 481,639 ไร่ โดยเป็นพื้นที่ปลูกกล้วยน้ำว้ามากที่สุด 328,456 ไร่ ผลผลิต 184,251 ตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2561) ในภาพรวมประเทศไทยมีจุดแข็งในการผลิตกล้วยโดยมีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมสามารถขยายพื้นที่ปลูกได้ จึงมีความนิยมปลูกกล้วยในภูมิภาคต่างๆของประเทศและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยที่หลากหลาย หนึ่งในผลิตภัณฑ์ชุมชนที่นิยมคือ กล้วยฉาบ และตะไคร้จัดเป็นพืชสมุนไพรที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญซึ่งปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตส่งขายทั้งในและต่างประเทศ มีการปลูกกระจายทั่วทุกภาคเช่นกัน จากการศึกษาสำรวจลงพื้นที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่มีการแปรรูปผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชนจากตะไคร้และกล้วย ผลิตภัณฑ์ชุมชนที่เป็นสินค้ายอดนิยม ได้แก่ กล้วยฉาบอินทรีย์และสเปรย์ตะไคร้หอม ซึ่งในกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวพบว่ามีเศษวัสดุเหลือใช้เป็นเศษของใบและต้นตะไคร้ประมาณร้อยละ 70 และเศษเปลือกกล้วยประมาณร้อยละ 40 ซึ่งเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวนี้มีประโยชน์ทางด้านเป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้จากการศึกษางานวิจัยการผลิตถ่านและถ่านกัมมันต์จากเปลือกกล้วยและก้านเครือกล้วยของ สัมฤทธิ์ ไม้พวง และคณะ (2549) และ การวิจัยสมบัติทางกายภาพและอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้ของ กฤษฎา บุญชม และคณะ (2563) พบว่าเปลือกกล้วยมีสมบัติทางกายภาพเหมาะสมในการนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยการเผาในสภาพไร้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 400-

800 องศาเซลเซียส และจากงานวิจัยของกรณิการ์ มิ่งเมือง (2561) ได้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษอาหาร และใบไม้แห้ง โดยใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน จากการทดสอบคุณลักษณะในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว และถ่านเปลือกกล้วยยังสามารถอัดแท่งด้วยเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ ของณัฐพล วิชาญ และคณะ (2562) ได้ด้วย

จึงดำเนินการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากตะไคร้และกล้วยตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำของกระบวนการผลิต เพื่อทราบปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากตะไคร้และกล้วยของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและตรวจสอบที่มาของของเศษวัสดุเหลือใช้ ลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีของของเสีย เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้และความปลอดภัยในการนำของเศษวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาแปรรูปให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ อันดับแรกคือที่มาของวัตถุดิบ โดยประเภท/ชนิดของเสียต้องคงเดิมและอัตราการเกิดของเสียสม่ำเสมอใช้ในการคัดเลือกขนาดเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงและเครื่องจักรอื่นๆ ให้เหมาะสมกับปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น และมีโอกาสในการปนเปื้อนสารอันตรายต่ำ อันดับที่สองคือลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงต้องสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันและมีขนาดที่เหมาะสมเพื่อพิจารณาความจำเป็นในการนำของเสียมาผ่านขั้นตอนทำให้ของเสียเป็นเนื้อเดียวกันและความจำเป็นที่ต้องบดย่อยของเสียก่อน เพื่อความสม่ำเสมอของแท่งเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน และอันดับสุดท้ายพิจารณาลักษณะทางเคมีโดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิงใช้บ่งชี้ความเหมาะสมในการนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์คุณสมบัติที่สำคัญ และความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงให้กับของเสียก่อนนำไปอัดแท่ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) ดังนี้

จากการตรวจสอบเบื้องต้นของเศษตะไคร้และเปลือกกล้วยที่ต้องการนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ประเด็นของที่มาซึ่งประเภท/ชนิดของเสียคงเดิมและอัตราการเกิดของเสียสม่ำเสมอจากการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนอย่างต่อเนื่อง ส่วนลักษณะทางกายภาพ เมื่อให้ความร้อนวัตถุดิบทั้งสองชนิดด้วยการเผาแล้วนำมาบดสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกันและมีขนาดที่เหมาะสมในการเข้าเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง และลักษณะทางเคมีเนื่องจากของเสียดังกล่าวเป็นของเสียสารอินทรีย์ที่เกิดจากธรรมชาติจึงมีความเป็นไปได้ในการปนเปื้อนสารอันตรายน้อย และสารอินทรีย์มีปริมาณคาร์บอนสูงซึ่งมีคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงอยู่แล้ว นอกจากเศษตะไคร้ และเปลือกกล้วยที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเชื้อเพลิงแล้ว ในชุมชนยังมีเศษถ่านไม้ชิ้นเล็กๆ ที่เหลือใช้จากการนำถ่านไม้ไปขายหรือนำมาเป็นเชื้อเพลิงในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน จึงนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเช่นกัน

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษากการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดเย็น และวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเสียในการผลิตผลิตภัณฑ์จากสเปรย์ตะไคร้หอมและกล้วยฉาบอินทรีย์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อเป็นการนำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสม เนื่องจากของเสียทั้งสามชนิด ได้แก่ เปลือกกล้วยเผา เศษตะไคร้ และเศษถ่านไม้ เป็นของเสียที่ความชื้นต่ำ ซึ่งไม่สามารถประสานกันได้เอง จึงต้องใช้ตัวประสานในการอัดแท่ง เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ได้รับความนิยม ด้วยเหตุผลคือ ราคาถูก หาซื้อง่าย ไม่มีสารปนเปื้อนอันตราย ไม่เป็นอุปสรรคในการเผาไหม้เมื่อนำไปใช้งาน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งและวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากของเสียในการผลิตผลิตภัณฑ์จากตะไคร้และกล้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษตะไคร้และเปลือกกล้วย จึงดำเนินการทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างถ่านไม้ เปลือกกล้วย เศษตะไคร้ และตัวประสาน

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง มีกระบวนการขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิง การบด การอัดแท่ง การทำให้แห้ง โดยมีกระบวนการหรือขั้นตอนดังต่อไปนี้ (แสดงดังภาพที่ 1)

1. คัดเลือกเศษวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผลิตเชื้อเพลิง การเลือกเชื้อเพลิงที่ใช้ในการนำมาเผาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ต้องทำการพิจารณาก่อนทำการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำของเสียมาผลิตแท่งเชื้อเพลิง ได้แก่ ที่มาของวัตถุดิบเชื้อเพลิง ลักษณะทางกายภาพ และลักษณะเคมี

2. การเผาและอบเศษวัสดุเหลือใช้ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มพลังงานความร้อนและไม่เกิดควันมากให้เหมาะสมกับการนำเชื้อเพลิงมาใช้งาน โดยเปลือกกล้วยนำมาตากแดดให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นประมาณ 2 วัน และเผาในเตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดลดควัน รุ่น T59 แบบแฉก 16 แฉก ตามแบบของกระทรวงพลังงาน ดังภาพที่ 2 (สำนักงานพลังงานเชียงใหม่ กระทรวงพลังงาน, 2563) ที่อุณหภูมิ 300-400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และดับไฟด้วยการปิดช่องอากาศ จะได้ถ่านเปลือกกล้วยดังภาพที่ 2 และนำตะไคร้ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพราะไม่สามารถนำไปเผาได้เนื่องจากการเผาคะไ้จะเกิดการไหม้เป็นถ่านได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถได้ถ่านตะไคร้ได้ เมื่อเตรียมวัตถุดิบทั้งสามชนิดให้อยู่ในรูปของถ่านแล้ว ดังภาพที่ 3 จึงนำไปบดย่อยให้เป็นผงถ่านในขั้นตอนต่อไป

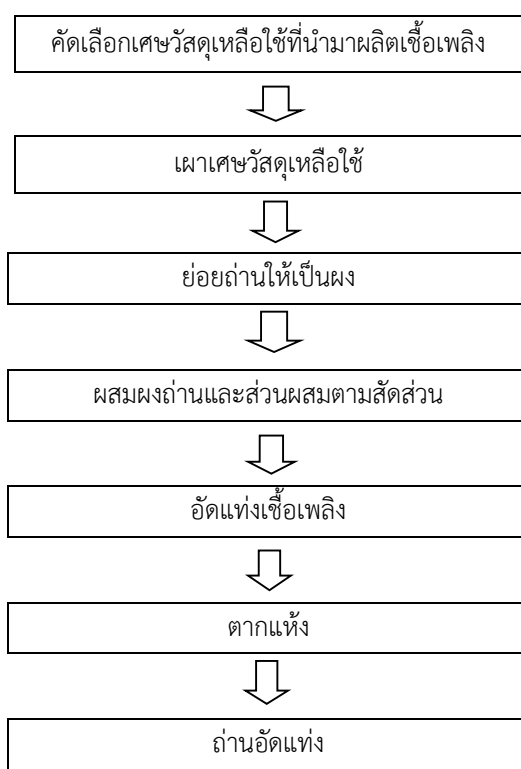
3. บดย่อยวัตถุดิบให้เป็นผงถ่าน บดย่อยถ่านให้เป็นผงด้วยเครื่องบดย่อยถ่านแบบไฟฟ้า กำลังการบดย่อย ในอัตราการบดย่อย 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

4. ผสมผงถ่านกับตัวประสานแล้วอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง ผสมผงถ่านด้วยเครื่องผสมแบบไฟฟ้าตามสัดส่วนที่กำหนด โดยใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดในอัตราส่วนตั้งแต่ ร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 100 โดยทำการปรับอัตราส่วนโดยน้ำหนักแต่ละการทดลอง ร้อยละ 20 แสดงดังตารางที่ 1 โดยใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวประสานที่ดี ไม่มีสารอันตรายปนเปื้อน โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ 1,000 กรัมต่อแป้งมันสำปะหลัง 50 กรัม (ลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ ประภัสสร ภาคอรธ และขวัญฤทัย สิทธิรสอาด, 2560) ซึ่งแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่หาได้ง่ายผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ เหมาะแก่การนำมาใช้งาน และทำการอัดแท่ง

ด้วยกระบอกอัดแท่งเชื้อเพลิง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 3 เซนติเมตร และความยาวไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร โดยใช้กระบวนการอัดแบบอัดเย็น

5. ตากแห้งเชื้อเพลิงอัดแท่ง เมื่อได้เชื้อเพลิงอัดแท่งแล้ว นำมาตากแดดไล่ความชื้นจนแห้งสนิท ประมาณ 1-2 วัน จากนั้นจะได้ถ่านอัดแท่งเพื่อเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

6. ดำเนินการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง เป็นคุณสมบัติทางความร้อนที่เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้และปลดปล่อยค่าพลังงานความร้อน ปริมาณสารที่ระเหย ปริมาณความชื้น ปริมาณคาร์บอน และปริมาณเถ้า ออกมาจากเชื้อเพลิงอัดแท่ง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2555) โดย วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง



(ก)เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร
ชนิดลดควัน รุ่น T59



ก้นเตาเผาถ่านขนาด (ข)200
ลิตร ชนิดลดควัน รุ่น T59



200 ฝาเตาเผาถ่านขนาด (ค)
ลิตร ชนิดลดควัน รุ่นT59

ภาพที่ 2 เตาเผาถ่านขนาด 200 ลิตร ชนิดลดควัน รุ่น T59 แบบแฉก 16 แฉก ตามแบบกระทรวงพลังงาน



ภาพที่ 3 เปลือกกล้วยตากแห้ง (ภาพซ้ายบน) เปลือกกล้วยที่เผาแล้ว (ภาพขวาบน)
เศษตะไคร้รอบ (ภาพซ้ายล่าง) เศษถ่านไม้ (ภาพขวาล่าง)

ตารางที่ 1 สัดส่วนของเศษวัสดุที่นำมาทดลองผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

สัดส่วนโดย น้ำหนักของ เศษวัสดุ	การทดลองที่ 1 ถ่านไม้ : ถ่านกล้วย	การทดลองที่ 2 ถ่านกล้วย : ถ่านตะไคร้	การทดลองที่ 3 ถ่านไม้ : ถ่านตะไคร้
100 : 0	ตัวอย่าง A1	ตัวอย่าง B1	ตัวอย่าง C1
80 : 20	ตัวอย่าง A2	ตัวอย่าง B2	ตัวอย่าง C2
60 : 40	ตัวอย่าง A3	ตัวอย่าง B3	ตัวอย่าง C3
40 : 60	ตัวอย่าง A4	ตัวอย่าง B4	ตัวอย่าง C4
20 : 80	ตัวอย่าง A5	ตัวอย่าง B5	ตัวอย่าง C5
0 : 100	ตัวอย่าง A6	ตัวอย่าง B6	ตัวอย่าง C6

6.1 ค่าความร้อน (Calorimetric Value or Heating Value) คือ ค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อแท่งเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ในบางครั้งอาจเรียกว่าค่าความร้อนของการเผาไหม้ โดยวัดในหน่วยแคลอรีต่อกรัมของเชื้อเพลิง (cal/g) ทำการวิเคราะห์โดยบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

6.2 ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) หมายถึง องค์ประกอบในเชื้อเพลิงอัดแท่งที่สามารถระเหยได้เมื่อได้รับความร้อน โดยที่ปริมาณสารที่ระเหยสามารถระเหยได้ในปริมาณสูงจะมีแนวโน้มค่าความร้อนที่สูงตามไปด้วย

6.3 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ยังคงอยู่หลังจากกระบวนการตากแห้งของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้วยความชื้นมีผลต่อค่าความร้อนโดยตรง แท่งเชื้อเพลิงมีความชื้นมากจะทำให้ค่าความร้อนจะลดต่ำลง

6.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) หมายถึง ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีปริมาณคาร์บอนสูงจะมีช่วงเวลาในการลุกไหม้ยาวนาน

6.5 เถ้า (Ash) หมายถึง ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาป หากของเสียมีเถ้าปริมาณมาก จะเป็นปัญหาในการเผาไหม้และเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัดเถ้าที่เกิดขึ้น

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงแล้ว นำมาสรุปเปรียบเทียบกับ คุณลักษณะมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่งและถ่านไม้หุงต้ม ดังตารางที่ 4 เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความเหมาะสมการผลิตถ่านอัดแท่งของชุมชน

ตารางที่ 2 คุณลักษณะมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 238/2547

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	เกณฑ์ มผช.238/2547
ลักษณะทั่วไป	รูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน สีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง
ค่าความร้อน (Heating Value)	ไม่ควรต่ำกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม
ความชื้น (Moisture Content)	ไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง ของค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น (Moisture Content) เถ้า (Ash) สารระเหย (Volatile Matter) คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ใช้มาตรฐาน ASTM ดังระบุไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิง

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	วิธีทดสอบ
ค่าความร้อน (Heating Value)	ASTM D 5865
ความชื้น (Moisture Content)	ASTM D 3173
เถ้า (Ash)	ASTM D 3174
สารระเหย (Volatile Matter)	ASTM D 3175
คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon)	ASTM D 3172

4. ผลการวิจัย

ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบที่เตรียมเพื่ออัด เมื่อทำการบดและอัดเชื้อเพลิงและทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงที่ได้ในแต่ละสัดส่วนที่กำหนดไว้เพื่อนำมาสรุปเปรียบเทียบกับ คุณลักษณะมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 ค่าความร้อน (Heating Value) ไม่ควรต่ำกว่า 5,000 แคลอรี/กรัม เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความเหมาะสมการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งของชุมชนต่อไป ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ในแต่ละชุดการทดลอง มีผลดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบ

การเผาและอบเศษวัสดุเหลือใช้ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มพลังงานความร้อนให้เหมาะสมกับการนำเชื้อเพลิงมาใช้งาน โดยเลือกกล้วยใช้การเผาในเตาเผาถ่าน และตะไคร้ใช้การอบ เมื่อเตรียมวัตถุดิบทั้งสามชนิดให้อยู่ในรูปของถ่านแล้ว จึงนำมาวิเคราะห์สมบัติเชื้อเพลิง แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกกล้วย ถ่านตะไคร้ และถ่านไม้ ก่อนนำมาอัดแท่ง

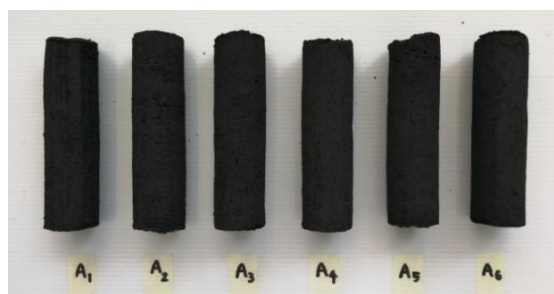
พารามิเตอร์สมบัติเชื้อเพลิง	ถ่านเปลือกกล้วย	ถ่านตะไคร้	ถ่านไม้
ค่าความร้อน (Heating Value), cal/g	3855.8±8.3	5001.8±4.2	5255.8±2.6
ความชื้น (Moisture Content), %	5.83±0.07	4.18±0.15	4.58±0.22
เถ้า (Ash), %	26.94±0.54	9.35±0.87	14.70±0.23
สารระเหย (Volatile Matter), %	47.28±0.18	58.30±0.46	38.28±0.51
คาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon), %	19.95±0.97	28.17±0.21	42.45±1.01

จากตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์สมบัติเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกกล้วย ถ่านตะไคร้ และถ่านไม้ ก่อนนำมาอัดแท่ง สรุปได้ว่า ถ่านไม้ มีสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าความร้อน สารระเหย และคาร์บอนคงตัวสูง วัตถุดิบที่มีสมบัติเป็นอันดับรองลงมาคือ ถ่านตะไคร้ที่มีค่าความร้อน 5001.8±4.2 แคลอรี/กรัม และอันดับสุดท้ายคือ ถ่านกล้วยที่มีค่าความร้อนต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 3855.8±8.3 แคลอรี/กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับ มีปริมาณเถ้าสูง จากสมบัตินี้จึงนำถ่านทั้งสามชนิดมาผสมกันในสัดส่วนต่างๆ เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสม โดยค่าความร้อนของวัตถุดิบเชื้อเพลิงขึ้นกับความชื้น ซึ่งวัตถุดิบชนิดเดียวกันแต่ค่าความชื้นแตกต่างกัน ยิ่งมีค่าความชื้นสูง ค่าความร้อนก็จะต่ำด้วย

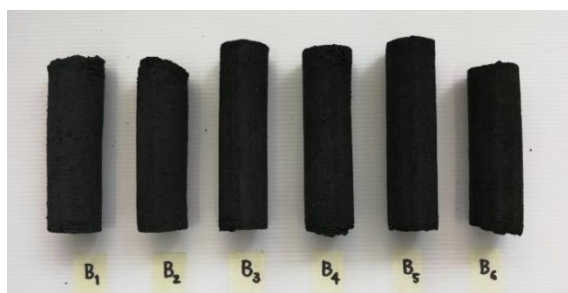
2. ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

หลังจากบดถ่านเปลือกกล้วย ถ่านตะไคร้ และถ่านไม้ จึงผสมถ่านแต่ละชนิดตามสัดส่วนต่างๆ โดยแบ่งเป็นสามชุดการทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ถ่านไม้ : ถ่านกล้วย การทดลองที่ 2 ถ่านกล้วย : ถ่านตะไคร้ และการทดลองที่ 3 ถ่านไม้ : ถ่านตะไคร้ ในสัดส่วน 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 และ 0 : 100 โดยเลือกใช้กาวแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยมีลักษณะทางกายภาพประสานเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกง่าย โดยมีความยากง่ายในการอัดแท่งแตกต่างกัน โดยมีขนาดของเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 3 เซนติเมตร และความยาวไม่ต่ำกว่า 8 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 5

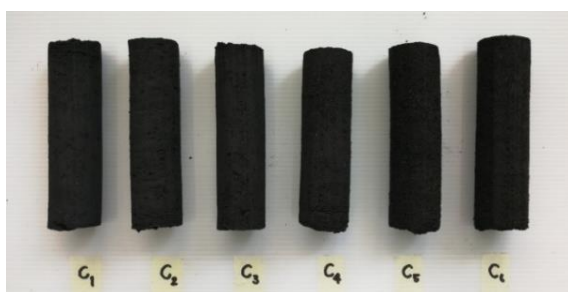
จากผลการทดลองวิจัย ทั้งสามการทดลอง ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งสัดส่วนต่างๆ หลังจากอัดแท่งแล้ว แท่งเชื้อเพลิงประสานเป็นเนื้อเดียว ไม่แตกง่าย แสดงดังภาพที่ 4 ถ่านแต่ละชนิดมีความลื่นและฝืดแตกต่างกัน โดยถ่านกล้วยมีความลื่นมากที่สุด และถ่านตะไคร้มีความลื่นน้อยที่สุดซึ่งมีผลต่อการอัดแท่งได้ยาก หากใช้เครื่องอัดแท่งที่มีความเร็วรอบต่ำ จะทำให้มีผลเกิดการอุดตันตรงสกรูอัด ทำให้เครื่องอัดแท่งไม่สามารถทำงานได้



(ก) การทดลองที่ 1



(ข) การทดลองที่ 2



(ค) การทดลองที่ 3

ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งสัดส่วนต่าง ๆ

ตัวอย่าง	สัดส่วน	ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง
การทดลองที่ 1 ถ่านไม้ : ถ่านกล้วย		
A1	100 : 0	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
A2	80 : 20	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
A3	60 : 40	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
A4	40 : 60	อัดแท่งง่าย ลื่น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
A5	20 : 80	อัดแท่งง่าย ลื่น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
A6	0 : 100	อัดแท่งง่าย ลื่น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย

ตัวอย่าง	สัดส่วน	ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง
การทดลองที่ 2 ถ่านกล้วย : ถ่านตะไคร้		
B1	100 : 0	อัดแท่งง่าย ลื่น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
B2	80 : 20	อัดแท่งง่าย ลื่น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
B3	60 : 40	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
B4	40 : 60	เริ่มอัดแท่งยากขึ้น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
B5	20 : 80	อัดแท่งยาก ฝืด ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
B6	0 : 100	อัดแท่งยากมาก ฝืด ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
การทดลองที่ 3 ถ่านไม้ : ถ่านตะไคร้		
C1	100 : 0	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
C2	80 : 20	อัดแท่งง่าย ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
C3	60 : 40	เริ่มอัดแท่งยากขึ้น ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
C4	40 : 60	อัดแท่งยาก ฝืด ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
C5	20 : 80	อัดแท่งยาก ฝืด ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย
C6	0 : 100	อัดแท่งยากมาก ฝืด ประสานเป็นเนื้อเดียวกันดี ไม่แตกง่าย

3. ผลการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งสัดส่วนต่างๆ

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง แสดงผลดังตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์แสดงว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ (A1) ถ่านกล้วย (B1) และถ่านตะไคร้ (C6) เท่ากับ 5411.0 ± 3.3 , 3977.1 ± 1.9 และ 4888.2 ± 5.4 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ดังนั้นหากต้องการให้เชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกกล้วย และถ่านตะไคร้ ผ่านมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มพช. 238/2547 (ไม่ควรต่ำกว่า 5,000 แคลอรีต่อกรัม) ต้องเลือกสัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งสูตรตัวอย่างที่ A1 หรือ C1, A2, C2, C3 และ C4 มีค่าความร้อนเท่ากับ 5411.0 ± 3.3 , 5199.5 ± 1.5 , 5388.4 ± 4.4 , 5188.0 ± 1.6 และ 5011.9 ± 1.0 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สมบัติเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงอัดแท่งสัดส่วนต่าง ๆ

ตัวอย่าง	สัดส่วน	ความร้อน (cal/g)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคง ตัว (%)
การทดลองที่ 1 ถ่านไม้ : ถ่านเปลือกกล้วย						
A1	100 : 0	5411.0 ± 3.3	4.10 ± 0.24	13.86 ± 0.45	38.36 ± 0.71	43.67 ± 0.44
A2	80 : 20	5199.5 ± 1.5	4.25 ± 0.45	15.70 ± 0.62	43.17 ± 0.05	36.87 ± 0.74
A3	60 : 40	4766.0 ± 3.1	5.26 ± 0.32	18.25 ± 0.73	54.91 ± 0.26	21.58 ± 0.59
A4	40 : 60	4677.3 ± 4.2	4.96 ± 0.12	19.60 ± 0.64	53.58 ± 0.75	21.86 ± 0.55

ตัวอย่าง	สัดส่วน	ความร้อน (cal/g)	ความชื้น (%)	เถ้า (%)	สารระเหย (%)	คาร์บอนคง ตัว (%)
A5	20 : 80	4233.7±2.3	5.50±0.30	22.21±0.91	58.27±0.89	14.03±0.94
A6	0 : 100	3977.1±1.9	5.91±0.29	24.72±0.91	56.42±0.11	12.96±0.27
การทดลองที่ 2 ถ่านเปลือกกล้วย : ถ่านตะไคร้						
B1	100 : 0	3977.1±1.9	5.91±0.29	24.72±0.91	56.42±0.11	12.96±0.27
B2	80 : 20	4088.0±4.2	3.97±0.98	12.38±0.36	38.38±0.12	45.27±0.45
B3	60 : 40	4255.1±6.3	3.87±0.41	11.73±0.89	49.48±0.41	34.92±0.44
B4	40 : 60	4444.2±3.9	3.51±0.67	10.88±0.78	52.13±0.64	33.48±0.74
B5	20 : 80	4577.4±1.8	4.35±0.81	9.30±0.41	58.68±0.77	27.67±0.71
B6	0 : 100	4888.2±5.4	4.51±0.15	10.10±0.06	63.80±0.98	22.60±0.23
การทดลองที่ 3 ถ่านไม้ : ถ่านตะไคร้						
C1	100 : 0	5411.0±3.3	4.10±0.24	13.86±0.45	38.36±0.71	43.67±0.44
C2	80 : 20	5388.4±4.4	6.53±0.72	16.91±0.50	51.75±0.43	19.81±0.68
C3	60 : 40	5188.0±1.6	6.01±0.99	15.01±0.04	56.35±0.88	19.63±0.92
C4	40 : 60	5011.9±1.0	5.75±0.97	14.54±0.92	56.93±0.63	22.78±0.69
C5	20 : 80	4922.6±7.7	5.30±0.19	12.57±0.36	61.26±0.20	20.87±0.32
C6	0 : 100	4888.2±5.4	4.51±0.15	10.10±0.06	63.80±0.98	22.60±0.23

ปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย และคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งในสัดส่วนต่างๆแสดงผลดังตารางที่ 6 ผลวิเคราะห์แสดงว่า ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งในทุกชุดการทดลอง มีค่าไม่เกินร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547

ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านตะไคร้ (C6) มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 10.10±0.06 และปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกกล้วย (A6 และ B1) มีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 24.72±0.91 เห็นได้ว่า ตะไคร้มีปริมาณเถ้าต่ำเมื่อเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ปริมาณสารระเหยของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านตะไคร้ (C6) มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 63.80±0.98 ซึ่งถ้าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณสารที่ระเหยในปริมาณสูงจะมีแนวโน้มค่าความร้อนที่สูงตามไปด้วย จากการทดลองที่ 2 ถ่านเปลือกกล้วย : ถ่านตะไคร้ สังเกตผลได้ว่า ถ่านเปลือกกล้วยที่มีปริมาณสารระเหย เท่ากับร้อยละ 56.42±0.11 เมื่อเพิ่มปริมาณถ่านตะไคร้ร้อยละ 20 ในตัวอย่างที่ B2 พบว่า ปริมาณสารระเหยลดลง และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณตะไคร้ แสดงดังตัวอย่างที่ B3-B6

ปริมาณคาร์บอนคงตัวของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ (A1) ถ่านกล้วย (B1) และถ่านตะไคร้ (C6) เท่ากับร้อยละ 43.67 ± 0.44 , 12.96 ± 0.27 และ 22.60 ± 0.23 ตามลำดับ โดยเชื้อเพลิงที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงจะมีช่วงเวลาในการลุกไหม้ยาวนาน ดังนั้นควรมีการผสมเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่เหมาะสม

จากตารางที่ 7 แสดงการคัดเลือกสัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งเฉพาะจากตะไคร้และเปลือกกล้วย เนื่องจากงานวิจัยต้องการศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมในการนำเศษตะไคร้และเปลือกกล้วยมาใช้ประโยชน์ ซึ่งดำเนินการโดยเทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 และลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหมาะสมนำมาผลิตด้วยเครื่องอัดแท่ง

ตารางที่ 7 การคัดเลือกสัดส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะไคร้และเปลือกกล้วย

ตัวอย่าง	สัดส่วน	ความร้อน (cal/g)	ความชื้น (%)	ลักษณะทางกายภาพของ เชื้อเพลิงอัดแท่ง
การทดลองที่ 1 ถ่านไม้ : ถ่านเปลือกกล้วย				
A2	80 : 20	ผ่าน	ผ่าน	เหมาะสม
A3	60 : 40	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
A4	40 : 60	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
A5	20 : 80	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
A6	0 : 100	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
การทดลองที่ 2 ถ่านเปลือกกล้วย : ถ่านตะไคร้				
B1	100 : 0	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
B2	80 : 20	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
B3	60 : 40	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
B4	40 : 60	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
B5	20 : 80	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
B6	0 : 100	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
การทดลองที่ 3 ถ่านไม้ : ถ่านตะไคร้				
C2	80 : 20	ผ่าน	ผ่าน	เหมาะสม
C3	60 : 40	ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
C4	40 : 60	ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
C5	20 : 80	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม
C6	0 : 100	ไม่ผ่าน	ผ่าน	ไม่เหมาะสม

หมายเหตุ: เทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547

จากการวิจัยของ นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล (2557) ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและครีวรีออน กล่าวว่ากรรมวิธีในการจะนำของเหลือใช้ทางการเกษตร และทางครีวรีออน มาผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิง จะต้องมีการประเมินคุณสมบัติทางเชื้อเพลิง อันได้แก่ ค่าความร้อน ปริมาณสารระเหย เถ้า ความชื้น คาร์บอนคงตัว และต้องมีการประเมินการคัดเลือกรูปแบบขั้นตอนและเครื่องมือที่ต้องใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิง และการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันขึ้นกับความหนาแน่น และความชื้นของการจับตัวกันของเนื้อวัสดุเหลือใช้ ดังนั้นงานวิจัยเชื้อเพลิงอัดแท่งจากตะไคร้หอมและเปลือกกล้วย จึงเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งดังกล่าวโดยคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงที่ได้ สมบัติของเชื้อเพลิง และปริมาณวัตถุดิบมีความเหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ดังนั้นเมื่อคัดเลือกสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษตะไคร้และเปลือกกล้วยเมื่อเทียบกับมาตรฐานถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547 และลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิง รวมถึงการนำวัตถุดิบมาใช้กับเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิง จึงได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ตัวอย่างที่ A2 และ C2

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากลักษณะทางกายภาพและสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้งสามชุดการทดลอง และเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มผช.238/2547 จะเห็นว่า ทุกตัวอย่างมีลักษณะทั่วไปเป็นไปตามมาตรฐานรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน สีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง สูตรที่มีค่าความร้อนและปริมาณความชื้นสูตรเป็นไปตามมาตรฐาน ได้แก่ ตัวอย่างที่ A2, C2, C3 และ C4 แต่ในการผลิตเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดเชื้อเพลิงแบบสกรูอัด ควรเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต จึงได้ตัวอย่างที่เหมาะสม ได้แก่ ตัวอย่างที่ A2 และ C2 โดยเลือกใช้ถ่านไม้เป็นวัตถุดิบหลัก ร้อยละ 80 และผสมถ่านตะไคร้ หรือ ถ่านกล้วย ไม่เกินร้อยละ 20

เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุทางการเกษตรเช่นเดียวกัน เช่น เปลือกมังคุด หรือเปลือกทุเรียน พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุดหรือเปลือกทุเรียนมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 3,400 - 4,348 แคลอรีต่อกรัม (อัจฉรา อัครจุลชัย, 2554) เศษวัสดุดังกล่าวไม่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยไม่ต้องผสมกับวัตถุดิบอื่น เนื่องจากค่าความร้อนยังไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.238/2547 จึงต้องนำมาผสมกับวัตถุดิบที่มีความร้อนสูงกว่าเช่นเดียวกัน ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาใช้เศษเปลือกกล้วยหรือเศษตะไคร้มากขึ้น ต้องมีการต่อยอดงานวิจัยในการผสมกันระหว่างสามวัตถุดิบ เนื่องจากแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการพัฒนาศักยภาพและความเข้มแข็งแบบยั่งยืนสำหรับผลิตภัณฑ์จากตะไคร้และกล้วยของวิสาหกิจชุมชนเป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2555). *คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน*. โครงการพัฒนาศักยภาพการใช้ประโยชน์กากของเสีย ประจำปี 2554. การนำร่องการใช้ประโยชน์ของเสีย. สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม.
- กรรณิการ์ มิ่งเมือง. (2560). *เชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะย่อยสลายได้ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ “ท้องถิ่นก้าวหน้า” ครั้งที่ 2. วันที่ 10 สิงหาคม 2560 (หน้า 1-8). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- กรมวิชาการเกษตร. (2561). การปรับปรุงพันธุ์กล้วย. <https://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/>
- กฤษฎา บุญชม และคณะ. (2563). สมบัติทางกายภาพและอัตราการดูดซับความชื้นของถ่านผลไม้. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 15(2), 77-89. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/vrurdistjournal/article/download/241636/165518/>
- นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล. (2557). การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรและครัวเรือน. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 6(11), 66-77. <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/SWUJournal/article/view/4488>
- พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติสำนักงาน. (2554). *ถ่าน: การผลิตที่ถูกต้องและประโยชน์*. กรุงเทพฯ.
- ลักขมิ สุทธิวิไลรัตน์ ประภัสสร ภาคอรธ และ ขวัญพี สิริตรีสะอาด. (2560). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวล เอกสารทางวิชาการ. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้. ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้.
- สัมฤทธิ์ ไม้พวง และคณะ. (2549). *การผลิตถ่านและถ่านกัมมันต์จากเปลือกกล้วยและก้านเครือกล้วย*. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- สำนักงานพลังงานเชียงใหม่ กระทรวงพลังงาน (2563) *คู่มือการผลิตและการใช้งานเตาเผาผลิตถ่านแบบถัง 200 ลิตร ชนิดลดควัน*, เอกสารประกอบการอบรมโครงการเตาเผาถ่าน 200 ลิตร ชนิดลดควัน. สำนักงานพลังงานเชียงใหม่ กระทรวงพลังงาน. เชียงใหม่.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.). (2562). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง มผช. 238/2547*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- อัญรา อัครจุฑิกลชัย และคณะ. (2554). *การนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง*. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. 2554 (หน้า 162-168).