

กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา และการถ่ายทอด
ผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก

The Process of Producing Compressed Charcoal from Waste Materials in Rubber Plantations and Transferring through Infographic Technology

วิชชุดา ภาโสสม¹ และ แพรตะวัน จารุตัน^{2*}

Witchuda Phasom¹ and Praetawan Jarutan^{2*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

²สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

¹Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

²Department of Computer, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University,
Sakon Nakhon Province, 47000

*Corresponding author E-mail: praetawan9925@snru.ac.th

Received 12 January 2024, Accepted 15 May 2024, Published 21 May 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อผลิตและทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งจากสวนยางพารา และทำการวิเคราะห์ห่อถักแบบการถ่ายเทความร้อนการผลิตถ่านอัดแท่งผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ในการผลิตถ่านอัดแท่งนั้นจะใช้เศษกิ่งไม้ยางพารา และเปลือกผลยางพาราที่ตากแห้งแล้ว จากนั้นเผาจนเป็นถ่านและบดให้ละเอียด นำไปผสมกับแป้งมันและน้ำทั้งหมด 3 สูตร คือ สูตรที่ 1 กิ่งไม้ยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 2 kg : 250 g : 1,400 ml, สูตรที่ 2 เปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 2 kg : 250 g : 1,000 ml, และสูตรที่ 3 กิ่งไม้ยางพารา : เปลือกผลยางพารา : แป้งมัน : น้ำ ในอัตราส่วน คือ 1 kg : 1 kg : 250 g : 1,200 ml, ตามลำดับ แล้วอัดขึ้นรูป นำถ่านที่ได้ไปตากแดดให้แห้ง และทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนต่างๆ คือ ค่าความร้อน ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า อุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย และระยะเวลาการเผาไหม้ ผลการทดสอบพบว่า สูตรที่ 1 คือ มีค่าความร้อน 6,853.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.804% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 250.63 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 160 นาที สูตรที่ 2 มีค่าความร้อน 8,127.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.37% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 270.2 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที สูตรที่ 3 มีค่าความร้อน 7,657.40 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.485% มีปริมาณเถ้า 26.641% มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 258 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที จะเห็นได้ว่าสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ดีที่สุด จากทั้ง 3 อัตราส่วนที่ผลิตขึ้นมา เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) สามารถใช้หุงต้มได้ดี ไม่มีการแตกประทุ ติดไฟได้ดี มีเขม่า และควันเล็กน้อย หลังจากนั้นผู้วิจัยทำการออกแบบการถ่ายทอดองค์ความรู้ผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก สำหรับผู้สนใจสามารถเรียกดูได้ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย โดยมีการประเมินประสิทธิภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน พบว่า

ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพสื่ออยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ค่าเฉลี่ย 4.93 คะแนน และนำสื่อที่ได้ไปประเมินความพึงพอใจโดยผู้
ที่สนใจ จำนวน 30 คน ปรากฏว่า ผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.48 คะแนน

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง เชื้อเพลิงอัดแท่ง เปลือกเมล็ดยางพารา อินโฟกราฟิก

ABSTRACT

The purpose of this research was to produce and test the thermal efficiency of charcoal briquettes made from waste from rubber plantations and analyzing, designing, and transferring the production process of charcoal briquettes through infographic technology. In the production of charcoal briquettes, scraps of rubber tree branches are used and rubber seed shells by using oily flour as a binder. Bring rubber tree branches and rubber seeds to dry in the sun. Then burn until charcoal and grind thoroughly. Mixed with tapioca starch and water, all 3 formulas are formula 1, rubber tree branches : tapioca starch : water in a ratio of 2 kg : 250 g : 1,400 ml, formula 2 rubber seed husks : tapioca starch : water in a ratio of 2 kg : 250 g : 1,000 ml, and formula 3, rubber tree branches : Rubber seed husk : tapioca starch : water in the ratio of 1 kg : 1 kg : 250 g : 1,200 ml, respectively, then extruded. Bring the charcoal to dry in the sun and testing for various thermal properties, namely calorific value, moisture content, ash content, average combustion temperature and burning time. The test results showed that formula 1 had a calorific value of 6,853.21 kcal/kg, a moisture content of 4.804%, an ash content of 26.250%, an average burning temperature of 250.63, and an average burning time of 160 minutes. formula 2 had calorific value 8,127.21 kcal/kg, moisture content 4.370%, ash content 26.250%, average combustion temperature 270.2, and average combustion time 180 minutes. Formula 3, heat value 7,657.40 kcal/kg, moisture content 4.485% with ash content of 26.641%, average burning temperature of 258 and average burning time of 180 minutes. It can be seen that formula 2 has the best thermal efficiency from all 3 ratios produced. Complies with community product standards (MCU 238/2547) in every aspect can be used to cook well no crackling, good flammability, little soot and smoke. After that, the researcher designs knowledge transfer through infographic technology. To those who are interested can browse and browse in the form of multimedia media. The media efficiency was evaluated by 5 experts, divided into 1 person for content, 2 for media design, and 2 for media presentation. It was found that the total media efficiency evaluation was at the highest level in all aspects 4.93 and take the media to evaluate satisfaction by 30 interested people. It appears that the total satisfaction assessment of users averages 4.48.

Keywords: Charcoal Briquettes, Fuel Briquettes, Rubber Seed Shells, Infographic

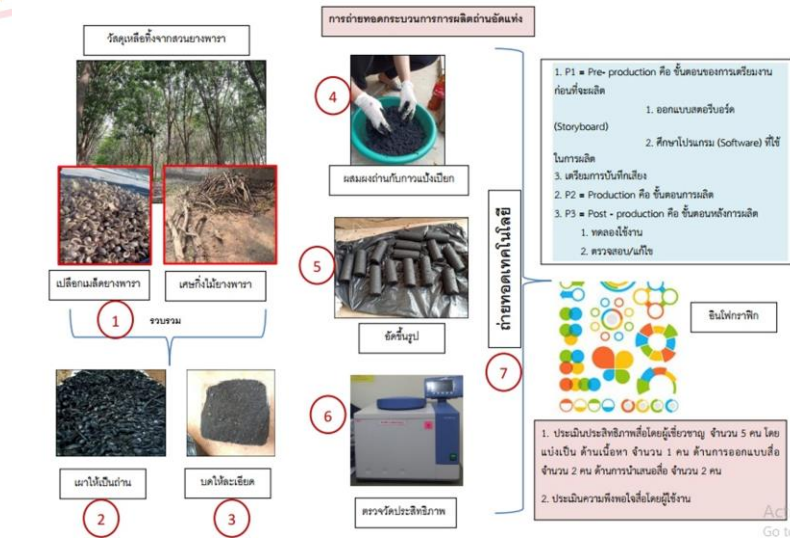
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งพลังงานในประเทศมีการผลิตไม่เพียงพอกับการใช้ จึงมีความจำเป็นในการนำเข้าพลังงาน (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2556) ดังนั้นควรมีแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนการนำเข้า พลังงานจากต่างประเทศ โดยพลังงานทดแทนจากชีวมวลเป็นทางเลือกหนึ่งที่ประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิต (กรมพลังงาน ทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) การให้ความสำคัญกับสมดุลคาร์บอน และการลดการปลดปล่อยปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ เป็นประเด็นที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก (Hu et al., 2021) การใช้ พลังงานที่มาจากวัตถุดิบทางชีวมวลถือว่าเป็นอีกทางเลือกที่สามารถช่วยในเรื่องการรักษาสมดุลทางคาร์บอนได้ (Wang et al., 2023) และจากภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศไทย (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2564) ความต้องการใช้พลังงานในทุกภาคส่วนที่เพิ่มสูงขึ้นของประเทศไทย รวมถึงการใช้พลังงานความร้อนเพื่อการประกอบ อาหารทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร หรืออุตสาหกรรม ดังนั้นการสรรหาแหล่งพลังงานทดแทน พลังงานชีวมวลจึงเป็นทางเลือกที่ สำคัญและน่าสนใจ (จิรดา และจิตเรขา, 2561) และจากการสำรวจพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกยางพาราเป็นอันดับสองรอง จากประเทศอินโดนีเซีย โดยมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 23.113 ล้านไร่ (ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยาง การยางแห่งประเทศไทย, 2563) จึงมีวัสดุเหลือทิ้งที่เกิดจากต้นยางพารา ทั้งเศษกิ่งยางพารา และเปลือกเมล็ดยางพารา ซึ่งยางพาราสร้างรายได้ให้กับ ประเทศไทยเป็นจำนวนมากในรูปแบบของยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง นอกจากการนำยางพาราซึ่งเป็นผลผลิตโดยตรงแล้ว ส่วนต่างๆ ของต้นยางพาราก็ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ เช่น ใช้เป็นไม้แบบก่อสร้าง ลังไม้ เครื่องเรือน เยื่อกระดาษและใช้เป็นเชื้อเพลิง ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในส่วนของเมล็ดจะมีบางส่วนที่จะถูกนำมาเพาะเป็นกล้ายางพารา โดยมีสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตดังนี้ กิ่งไม้ยางพารา 5 ตัน/ไร่ ปลายไม้ และเปลือกไม้ยางพารา 12 ตัน/ไร่ (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, 2556) เปลือกผลยางพารายัง ไม่พบข้อมูลการสำรวจปริมาณและการนำมาใช้ประโยชน์ จึงถือว่าเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจ

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเปลือกเมล็ดยางพารา และเศษกิ่งไม้ยางพารามาผลิตเป็นเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่ง เพื่อใช้ ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและทดแทนถ่านไม้ในการใช้หุงต้มในครัวเรือน และถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการ ผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลยางพาราผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก สำหรับผู้ที่สนใจสามารถเรียกดูได้ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย ผ่านโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อื่นๆ ตามที่สะดวกได้อย่างง่าย

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ในกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวน ยางพาราผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ดังนั้นเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และจะช่วยให้ผู้ที่สนใจเข้าถึงสื่อความรู้ได้ง่าย เข้าใจกระบวนการและสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้จากวัสดุใกล้ตัวช่วยลดต้นทุนด้านเชื้อเพลิงในการหุงต้มในครัวเรือน นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ทางผู้วิจัยจึงต้องมีการออกแบบดำเนินการ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน หลักๆ คือ 1. การผลิตและทดสอบประสิทธิภาพถ่านอัดแท่ง 2. การวิเคราะห์ออกแบบการถ่ายทอดกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง ผ่านเทคโนโลยีอินโฟกราฟิก ตามกรอบการดำเนินการต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินการวิจัย

รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

1. นำเปลือกผลยางพารา กิ่งไม้ยางพาราไปตากแดดให้แห้ง จนกว่าน้ำหนักวัตถุดิบจะคงที่ เพื่อลดความชื้นเนื่องจากวัตถุดิบที่มีความชื้นเมื่อนำไปเผาจะใช้เวลาในการเผาไหม้นาน
2. นำเปลือกผลยางพารา กิ่งไม้ยางพารามาชั่งน้ำหนักก่อนเผา ประมาณ 5 กิโลกรัม
3. จากนั้นนำวัตถุดิบที่ทราบน้ำหนักใส่ในเตาเผาชีวมวลไร้ควัน ที่ใช้เผาเศษขยะมูลฝอยจากธรรมชาติ ในการเผาเปลือกผลยางพารา จะใช้เวลาในการเผา 1 ชั่วโมง 30 นาที เมื่อเผาเสร็จต้องรอให้เตาเย็นประมาณ 4-5 ชั่วโมง จึงจะนำออกจากเตาเผาได้
4. เตาชีวมวลสามารถบรรจุไม้ยางพาราและเปลือกผลยางพาราได้ 5 กิโลกรัม หลังจากเผาไหม้เสร็จ น้ำหนักของเปลือกผลยางพาราเหลือ 1.4 กิโลกรัม น้ำหนักของไม้ยางพาราเหลือ 1 กิโลกรัม
5. นำเปลือกผลยางพาราและกิ่งไม้ยางพาราที่เผาแล้วไปบด โดยใช้เครื่องบด ผงถ่านที่ได้มีความละเอียดสม่ำเสมอ

2. ขั้นตอนการอัดถ่านอัดแท่ง

1. นำกิ่งไม้ยางพารา และเปลือกเมล็ดยางพาราที่ผ่านการเผาและบดให้ละเอียดแล้ว ไปชั่งน้ำหนักตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ แล้วนำมาผสมกับน้ำแปะมันสำปะหลัง ในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ทั้ง 3 สูตร สูตรที่ 1 ผงถ่านกิ่งไม้ยางพารา : แปะมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 2 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,400 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 2 ผงถ่านเปลือกผลยางพารา : แปะมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 2 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,200 มิลลิลิตร
- สูตรที่ 3 ผงถ่านกิ่งไม้ยางพารา : ผงถ่านเปลือกผลยางพารา : แปะมัน : น้ำ ในอัตราส่วน 1 กิโลกรัม : 1 กิโลกรัม : 250 กรัม : 1,200 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากัน ถ้าเนื้อผสมเกาะติดกันแสดงว่าสามารถนำไปขึ้นรูปได้
2. นำส่วนผสมไปเข้าเครื่องอัดขึ้นรูป

3. นำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปตากแดดให้แห้งจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ เพื่อลดความชื้น แล้วนำไปทดสอบหาค่าคุณสมบัติเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งต่อไป

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่ง

3.1 การหาค่าความหนาแน่น

วิธีการหาค่าความหนาแน่น

นำตัวอย่างเชื้อเพลิงมาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร ในขณะที่ปริมาตรคำนวณได้จาก $p_h (R^2 - r^2)$ โดยการวัดความสูงและรัศมีภายนอกภายในของถ่านอัดแท่งโดยใช้เวอร์เนียสคาลิปเปอร์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความหนาแน่น

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (g/cm^3)

m = มวลของถ่านอัดแท่ง (g)

V = ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง (cm^3)

3.2 การหาค่าความร้อน (Heating Value) ASTM D5865

ทำการทดสอบหาค่าความร้อนโดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ IKA รุ่น C1

วิธีการหาค่าความร้อน

1. บดถ่านอัดแท่งให้เป็นผงละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 0.3 กรัม อัดเป็นเม็ด
2. นำถั่วเยื่อเพลิงใส่ในลูกบอมบ์ ผูกเส้นด้ายกับลวดด้านบนของตัวบอมบ์ ใส่เชื้อเพลิงให้วางทับเส้นด้าย โดยไม่ให้เส้นด้ายสัมผัสกับถั่วเยื่อเพลิง แล้วปิดฝาบอมบ์ให้แน่น
3. นำลูกบอมบ์ใส่ในตัวเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ปิดฝาเครื่องให้แน่นสนิท
4. เมื่อเครื่องทำงานเสร็จอ่านค่าความร้อนที่แสดงบนหน้าจอในตัวเครื่อง ซึ่งค่าความร้อนที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูง (High Heating Value, HHV) และทำอัตราส่วนที่สองและสาม ตามลำดับ โดยเครื่องจะแสดงค่าความร้อนของเชื้อเพลิงในหน่วย กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/kg)

3.3 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) ASTM D3173

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์โดยให้ความร้อนคงที่ในเตาอบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง

วิธีการหาปริมาณความชื้น

1. นำถั่วเยื่อครุชชีเบลที่สะอาดไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วพักให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าของถั่วเยื่อครุชชีเบลก่อนนำตัวอย่างใส่
2. ใส่ตัวอย่าง 2 กรัม ลงในถั่วเยื่อครุชชีเบลแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_1 น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ
3. นำไปอบในเตาอบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-12 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าเป็น W_2 น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)

3.4 การหาปริมาณเถ้า (Ash Content)

1. นำตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว ไปชั่งน้ำหนักก่อนเผา (B) แล้วไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง

2. นำตัวอย่างออกจากเตาเผาไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนักหลังเผา (A)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$W = \frac{(A)}{B} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังเผา (g)

B คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนเผา (g)

3.5 ทดสอบอัตราการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง

โดยการนำถ่านไปเผาและจับเวลา เพื่อทำการเปรียบเทียบระยะเวลาการติดไฟ และเวลาที่เผาไหม้จนเป็นเถ้าของถ่านแต่ละอัตราส่วน

วิธีการทดสอบอัตราการเผาไหม้

1. นำถ่านอัดแท่งไปชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักประมาณ 200 กรัม ทุกอัตราส่วน จากนั้นทำการจุดไฟให้ติดเพื่อจับเวลาในการติดไฟ

2. นำถ่านที่จุดติดไฟแล้วไปเผาไหม้ในเตา และวัดอุณหภูมิในการเผาไหม้ภายในเตา โดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล ทุกๆ 20 นาที จนกว่าถ่านเผาไหม้กลายเป็นเถ้าทั้งหมด

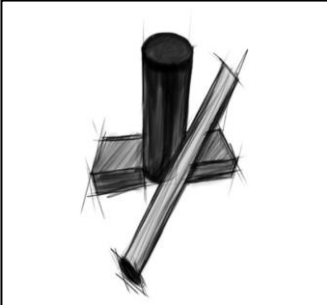
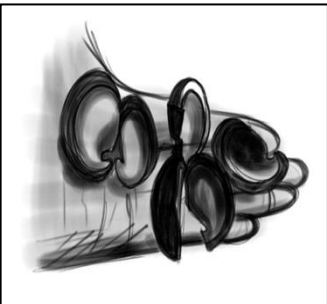
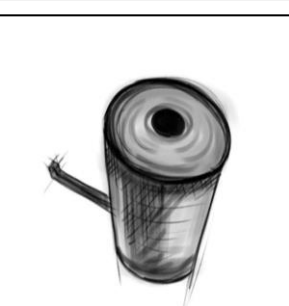
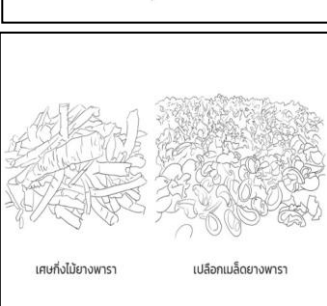
4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ออกแบบสื่ออินโฟกราฟิก

1. วิเคราะห์เนื้อหาในการสร้างสื่ออินโฟกราฟิก พร้อมเลือกประเภทของอินโฟกราฟิกที่เหมาะสมกับ เนื้อหาสื่อที่ต้องการนำเสนอ โดยเลือกเป็นแบบภาพเคลื่อนไหว (Motion graphic) ถือเป็นอินโฟกราฟิกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะสามารถดึงดูดให้ผู้ชมรู้สึกมีส่วนร่วมได้มากกว่าแบบภาพนิ่ง

2. ออกแบบ พัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก ด้วยหลักการ 3P ประกอบด้วย

1. P1 = Pre - production คือ ขั้นตอนของการเตรียมงานก่อนที่จะผลิต

1. ออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard)

	Scene : ฉากที่ 1 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เปลือกเมล็ดยางพารา Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 5 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : ตัวบล็อกอัดขึ้นรูป Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เศษกิ่งไม้ยางพารา Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 6 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : นำเปลือกเมล็ดยางพาราและเศษกิ่งไม้ยางพาราไปตากแดดให้แห้ง Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 3 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : กาวแป้งเปียก Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 7 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : นำไปเผาให้เป็นถ่านด้วยเตาเผาชีวมวล ที่มีความจุประมาณ 4 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเผา 1 ชั่วโมง 30 นาที Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ
	Scene : ฉากที่ 4 การเตรียมวัตถุดิบ เวลา : คำอธิบาย : เตาเผาชีวมวล Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ		Scene : ฉากที่ 8 ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่ง เวลา : คำอธิบาย : รอให้เย็นประมาณ 5 ชั่วโมง จึงจะเอาออกจากเตาเผาได้ Sound Effect : เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ

ภาพที่ 2 การออกแบบสตอรี่บอร์ด (Storyboard)

2. ศึกษาโปรแกรม (Software) ที่ใช้ในการผลิตสื่ออินโฟกราฟิก

3. เตรียมการบันทึกเสียง

2. P2 = Production คือ ขั้นตอนการผลิต



ภาพที่ 3 สื่ออินโฟกราฟิกที่ผลิตขึ้นแสดงขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมอุปกรณ์ไปจนถึงกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง

3. P3 = Post - production คือ ขั้นตอนหลังการผลิต

1. ทดลองใช้งานสื่ออินโฟกราฟิก
2. ตรวจสอบ/แก้ไข

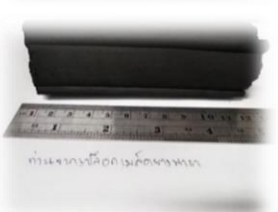
3. ประเมินประสิทธิภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน

4. ประเมินความพึงพอใจสื่อโดยผู้ใช้งาน จำนวนอาสาสมัครที่ใช้เพื่อประเมินการใช้งานกราฟิกกระบวนการทำถ่านอัดแท่งโดยอาสาสมัครจะมาจากชาวสวนที่มีการปลูกยางพารา ณ บ้านนาเดื่อ ตำบลนาเดื่อ หมู่ที่ 1 ที่มีความสนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยได้รับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เรื่อง กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพาราและการถ่ายทอดผ่านเทคโนโลยี อินโฟกราฟิก (Charcoal Briquette Production Process From Rubber Plantation Waste And Transfer Via Infographic Technology) เป็นที่เรียบร้อยตามหมายเลข HE 66 – 063

1. ผลทางกายภาพของถ่านที่ผลิตได้

จากการทดลองผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกผลยางพารา และเศษกิ่งไม้ยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน พบว่าสามารถผลิตถ่านอัดแท่งขึ้นรูปได้เป็นอย่างดีโดยมีลักษณะทางกายภาพดังที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

สูตรที่	ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง
1	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี มีรอยร้าวเล็กน้อย ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก
2	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี ไม่มีรอยร้าว ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก
3	 ผิวของถ่านอัดแท่งมีลักษณะเรียบแน่น เนื้อประสานกันดี มีรอยร้าวเล็กน้อย ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก

จะเห็นว่าลักษณะทางกายภาพภายนอกของถ่านอัดแท่งทั้ง 3 สูตร มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก โดยมีลักษณะผิวเรียบ เนื้อแน่น เนื้อประสานกันได้ดี ยึดติดกันเป็นแท่งตามรูปทรงได้ดีมาก และมีรอยร้าวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

จากนั้นนำถ่านอัดแท่งไปทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ยี่ห้อ IKA รุ่น C1 ได้ผลดังแสดง ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านความร้อนของเชื้อเพลิง

สูตรที่	ค่าความร้อน (kcal/kg)
1	6,853.21
2	8,127.21
3	7,657.40

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบหาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงทางด้านความร้อน จะเห็นได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีอัตราส่วนผสมของถ่านจากเปลือกเมล็ดยางพารา จะมีค่าความร้อนที่สูง และมีระยะเวลาเผาไหม้ที่นานกว่าสูตรอื่นๆ เนื่องจากเปลือกเมล็ดยางพารา ที่มีลักษณะคล้ายไม้เนื้อแข็ง มีความแข็งแรง

จากการทดลองหาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทั้ง 3 สูตร โดยการหาค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณความร้อน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของตัวอย่างเชื้อเพลิงที่ดี

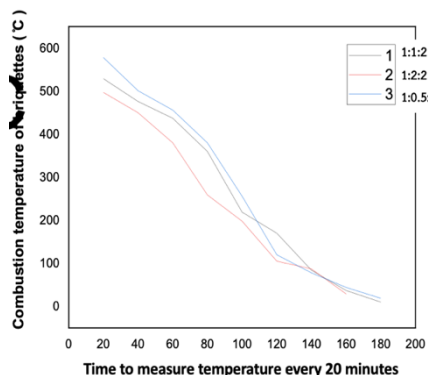
ลำดับที่	คุณสมบัติ	หน่วย	สูตรที่		
			1	2	3
1	ค่าความหนาแน่น	g/cm ³	1.102	1.117	1.102
2	ปริมาณความชื้น (Moisture Content)	%	4.804	4.37	4.485
3	ปริมาณเถ้า (Ash Content)	%	26.250	22.171	26.641
4	ปริมาณความร้อน(Heating Value)	kcal/kg	6,853.21	8,127.21	7,657.40

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา โดยใช้แ่งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน จะเห็นว่าสูตรที่ 2 มีค่าความร้อนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นๆ จึงกล่าวได้ว่าถ่านอัดแท่งที่มีปริมาณเปลือกเมล็ดยางพารา จะทำให้ปริมาณค่าความร้อนเพิ่มขึ้น และพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งทั้ง 3 สูตร มีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน 4.80%, 4.37% และ 4.48% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนน้ำที่ใส่ในการผสมผงถ่าน ที่ได้จากกิ่งไม้ยางพาราที่มีความฟุ้งกระจายสูงและจับตัวกันไยากกว่าสูตรอื่นจึงมีการเติมน้ำที่มากกว่าสูตรอื่นจึงจะสามารถบีบอัด และขึ้นรูปได้ ในขณะที่ปริมาณแ่งมันสำปะหลังคงที่ทุกอัตราส่วน ทั้ง 3 สูตรมีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกันเท่ากับ 26.250%,

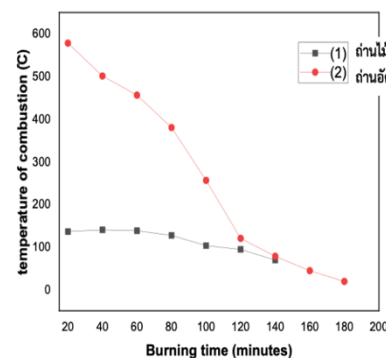
22.171% และ 26.641% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในอัตราส่วนที่มีถ่านเปลือกเมล็ดยางพาราจะมี ปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุด และ ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณความร้อนเท่ากับ 6,853.21 kcal/kg, 8,127.21 kcal/kg และ 7,657.40 kcal/kg ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณความร้อนของสูตรที่มีเปลือกผลยางพารา จะมีค่าปริมาณความร้อนที่สูงกว่า เมื่อนำถ่านที่ได้มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนพบว่า (มผช. 638/2547) ค่าความร้อนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ต้องมีค่าความร้อนมากกว่า 5000 kcal/kg และจากถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น ทั้ง 3 สูตร มีปริมาณความร้อนเท่ากับ 6,853.21 kcal/kg, 8,127.21 kcal/kg และ 7,657.40 kcal/kg ตามลำดับ

เมื่อนำถ่านทั้ง 3 สูตร มาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผาไหม้เทียบกับเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งทั้ง 3 สูตร ที่ทำการวัดทุกๆ 20 นาที โดยอุณหภูมิการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่ง ในช่วงเริ่มการเผาไหม้จนถึง 60 นาทีแรก จะเห็นได้ว่า สูตรที่ 2 มีอุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่าสูตรที่ 1 กับสูตรที่ 3 ในขณะที่อุณหภูมิการเผาไหม้ของสูตรที่ 1 กับ 3 มีค่าใกล้เคียงกันและ อุณหภูมิค่อนข้างคงที่ในช่วง 80-100 นาทีแรก และลดลงเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง จนสิ้นสุดระยะเวลาการเผาไหม้ จากการทดสอบ การเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งทั้งสามสูตร พบว่ามีอุณหภูมิการเผาไหม้ในช่วงเริ่มต้นจนถึง 80 นาที อุณหภูมิของทั้ง 3 สูตร มีค่าสูง ตั้งแต่ประมาณ 259-578 °C ซึ่งถือได้ว่าอุณหภูมิและเวลาสามารถใช้ประกอบอาหารได้ และมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 250.63 °C, 270.2 °C และ 258 °C, ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพที่ 4 (ก)

จากการทดลองประสิทธิภาพของถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น พบว่าถ่านอัดแท่งในสูตรที่ 2 ที่ได้จากผงถ่านเปลือกเมล็ด ยางพาราที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายไม้เนื้อแข็งมากที่สุด ส่งผลให้มีอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงที่สุด และเนื่องจากมีความหนาแน่นสูงส่งผลให้ระยะเวลาการเผาไหม้นานกว่าอัตราส่วนอื่นด้วย ถือได้ว่าเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุดจากการทดลองทั้งสาม อัตราส่วน จึงนำสูตรที่ 2 มาพิจารณาเปรียบเทียบกับถ่านไม้ตามท้องตลาด ผลการทดลองที่ได้ในปริมาณตัวอย่างละ 500 กรัม พบว่า ถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราจุดติดไฟได้ง่ายกว่า มีระยะเวลาในการเผาไหม้ที่ยาวนานกว่า และมีอุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่า เมื่อเทียบกับถ่านไม้ตามท้องตลาด ดังที่แสดงในภาพที่ 4 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเผาไหม้เทียบกับเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา ทั้ง 3 สูตร (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากถ่านเปลือกเมล็ดยางพารา เมื่อเทียบกับถ่านไม้ตามท้องตลาด

4. ผลการประเมินการออกแบบและถ่ายทอดผ่านสื่ออินโฟกราฟิก

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพสื่อ ทางผู้วิจัยได้นำสื่อที่ผลิตได้ส่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยแบ่งเป็น ด้านเนื้อหา จำนวน 1 คน ด้านการออกแบบสื่อ จำนวน 2 คน ด้านการนำเสนอสื่อ จำนวน 2 คน ได้ผลการประเมิน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมินประสิทธิภาพ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านการออกแบบสื่อ	5.00	0.00	มากที่สุด
ด้านเสียงบรรยายประกอบสื่อ	4.95	0.22	มากที่สุด
ด้านการนำเสนอสื่อ	4.85	0.36	มากที่สุด
ผลรวม	4.93	0.25	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด

5. ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นชาวบ้านที่มีส่วนยางพาราหรือผู้ที่สนใจในการผลิตถ่านอัดแท่ง และมีความพร้อมในการให้ข้อมูลและมีโทรศัพท์มือถือ จำนวน 30 คน ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.	ผลการประเมิน
ด้านเนื้อหา	4.43	0.56	มาก
ด้านการออกแบบ	4.47	0.58	มาก
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.55	0.58	มากที่สุด
ผลรวม	4.48	0.58	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก หากจำแนกตามรายละเอียดการประเมินทุกด้านอยู่ในระดับมาก ยกเว้นด้านประโยชน์ที่ได้รับอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการทดลองหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือทิ้งในสวนยางพารา นำมาตากแดด หลังจากนั้นนำมาเผาและบดให้เป็นผงถ่าน โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน และใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย นำมาอัดขึ้นรูปเป็น ถ่านอัดแท่งทั้ง 3 สูตร สามารถอัดขึ้นรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ และสามารถจุดติดไฟได้ มีอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผาไหม้ที่เพียงพอต่อการประกอบอาหาร ผลจากการทดสอบหาประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้น ได้ผลดังต่อไปนี้

สูตรที่ 1 มีค่าความร้อน 6,853.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.804% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีค่าความหนาแน่น 1.102 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 250.63 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 160 นาที

สูตรที่ 2 มีค่าความร้อน 8,127.21 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.37% มีปริมาณเถ้า 26.250% มีค่าความหนาแน่น 1.117 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 270.2 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที

สูตรที่ 3 มีค่าความร้อน 7,657.40 kcal/kg มีปริมาณความชื้น 4.485% มีปริมาณเถ้า 26.641% มีค่าความหนาแน่น 1.102 g/cm³ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 258 °C และระยะเวลาการเผาไหม้จนเป็นเถ้าเฉลี่ย 180 นาที

สำหรับการออกแบบการถ่ายทอดกระบวนการขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเทคโนโลยีอินโฟกราฟิกได้มีการ ประเมิน 2 กลุ่ม คือ ประเมินประสิทธิภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และ ประเมินการใช้งาน โดยผู้ใช้งานจริงที่สนใจการผลิตถ่านอัดแท่ง จำนวน 30 คน ได้ผลดังนี้ ผลรวมการประเมินประสิทธิภาพของสื่ออินโฟกราฟิกทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด และผลรวมการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร เป็นไปตามข้อกำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) คือ รูปทรงของถ่านอัดแท่งมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำนี้อาจแตกต่างกันเล็กน้อย อาจแตกหักได้บ้าง ปริมาณความชื้นไม่เกิน 8% แต่มีบางค่าที่ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มผช. 238/2547) คือมีปริมาณเถ้ามาก ถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร มีค่าความชื้น คือ 4.804%, 4.37% และ 4.485% ตามลำดับ ทั้ง 3 สูตรมีค่าความชื้นไม่เกินมาตรฐาน คือ ไม่เกิน 8% ส่งผลทำให้ค่าความร้อนที่ได้สูง และค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งที่ผลิตขึ้นทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 6,853.21 kcal/kg, 8,127.21 kcal/kg และ 7,657.40 kcal/kg ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ ค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 kcal/kg และค่าความหนาแน่น คือ 1.102 g/cm³, 1.102 g/cm³ และ 1.117 g/cm³ ถ่านที่มีความหนาแน่นมาก จะทำให้ผิวเรียบ ไม่แตก อัตราการเผาไหม้นานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า มีประสิทธิภาพการให้ความร้อนที่ดี เมื่อติดไฟไม่มีการเกิดสะเก็ดไฟ กระเด็น และยังสามารถให้ความร้อนเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และมีค่าความร้อนที่สูงกว่าละอุนสมบัติอื่นๆ ใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราผสมกับกากน้ำตาล อัตราส่วน 1 : 2 คืออัตราส่วนที่ดีที่สุด ได้ค่าความร้อน 5,330 kcal/kg มีปริมาณเถ้า 33.85% เวลาในการจุดติดไฟ 1 นาที อุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ย 242.8 °C และระยะเวลาในการเผาไหม้เฉลี่ย 190 นาที (สินีนานู และวิชชุดา, 2562)

จึงสามารถสรุปได้ว่า วัสดุเหลือทิ้งจากสวนยางพารา เช่น กิ่งไม้ยางพารา และเปลือกผลยางพารา สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ใช้สำหรับการหุงต้มในครัวเรือนได้ ที่สำคัญเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน พลังงานที่มีอย่างจำกัดต่อไปได้

การถ่ายทอดกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งผ่านสื่ออินโฟกราฟิกถือเป็นสื่อที่ทำให้ผู้ที่สนใจในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ เข้าถึงได้ และเข้าใจง่าย ผ่านสมาร์ตโฟน ใช้เป็นแนวทางในการผลิตถ่านอัดแท่งจากวัสดุอื่นๆ ต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

1. วัตถุดิบที่จะนำมาทำถ่านอัดแท่งควรตากแดดให้แห้งสนิท เพื่อลดปริมาณความชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเผาไหม้ที่ดี และช่วยให้ระยะเวลาในการเผาไหม้เป็นถ่านไม่ใช้เวลานาน
2. หลังจากเผาถ่านเสร็จแล้วควรปล่อยให้เตาเผาเย็นสนิท ค่อยนำถ่านที่เผาออกจากเตาเผา เพื่อป้องกันการสัมผัสอากาศและเกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องจะทำให้ถ่านที่เผาเสียหายกลายเป็นเถ้า
3. ในการอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง โดยมากใช้แบริ่งสำหรับหลังผสมผงถ่านในสัดส่วนประมาณ 10% โดยน้ำหนัก และใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้แบริ่งเกิดความเหนียวอีกประมาณ 8% โดย น้ำหนัก แบริ่งช่วยให้การยึดเกาะตัวของผงถ่านในการขึ้นรูป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นของวัตถุดิบ และลักษณะของเครื่องอัดแท่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยพื้นฐาน สำหรับบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2564). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย มกราคม 2564. ค้นจาก <https://www.dede.go.th/download/stat63/>
- กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564). กระทรวงพลังงาน. กรุงเทพฯ: 15.
- ธิดา รอดเสียงลั้ง และจิตเรขา ปากสมุทร. (2561). การบ่อนเครดิตอีกหนึ่งบทบาทของพลังงานชีวมวล. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 14(1), 86-101.
- ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยาง การยางแห่งประเทศไทย. (2563). สถานการณ์ยางพาราปี 2564 และแนวโน้มปี 2564. ค้นจาก <http://www.raot.co.th/>
- พัชรา วาณิชวิน. (2558). ศักยภาพของอินโฟกราฟิก (Infographic) ในการเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้. วารสารปัญญาภิวัฒน์, 7(ฉบับพิเศษ), 227-240.
- สินีนางู กางทอง และวิชชุดา ภาโส. (2562). สมบัติด้านความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพาราและกากน้ำตาล (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน. (2556). รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2013. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน

- Hu, K. et al. 2021. The effect of energy resources on economic growth and carbon emissions: A way forward to carbon neutrality in an emerging economy, **Journal of Environmental Management**, 15, 113448. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113448>
- Wang, Z. et al. 2023. Research on the improvement of carbon neutrality by utilizing agricultural waste: Based on a life cycle assessment of biomass briquette fuel heating system, **Journal of Cleaner Production**, 140365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140365>