

สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของถ่านเปลือกมังคุด Fuel Properties of Mangosteen Pericarp Charcoal

ธเนศ ไชยชนะ^{1*} จอมภพ แวศักดิ์² จตุพร แก้วอ่อน² และอุษา อันทอง³
Tanate Chaichana^{1*}, Jompob Waewsak², Jatuporn Kaew-On² and Usa Onthong³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดโดยทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ปริมาณขี้เถ้า อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ น้ำ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงองค์ประกอบของธาตุและโครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุด มีค่าเฉลี่ย 0.71 ± 0.30 และ 0.50 ± 0.05 kg/h ตามลำดับ อัตราการเกิดขี้เถ้าของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุด มีค่าอยู่ในช่วง 1-3% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของน้ำที่ต้มโดยใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง $2.67 - 3.04$ °C/min นอกจากนี้ พบว่าเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน $19,583.50 \pm 111.25$ kJ/kg และถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน $26,745.75 \pm 1,076.64$ kJ/kg เมื่อเปลี่ยนเปลือกมังคุดเป็นถ่านเปลือกมังคุด พบว่าปริมาณของคาร์บอนเพิ่มขึ้นจาก 55.30% เป็น 61.94% โดยน้ำหนัก ซิลิกาสูงขึ้นจาก 0.22% เป็น 0.29% โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียมก็มีค่าสูงขึ้นจาก 2.02% เป็น 10.69% โดยน้ำหนัก แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ความสามารถในการติดไฟ และความเป็นปฏิกิริยาของถ่านเปลือกมังคุดดีขึ้น รวมถึงความเป็นรูพรุนที่น้อยลง หรือความหนาแน่นที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกมังคุด

คำสำคัญ : เปลือกมังคุด ถ่านเปลือกมังคุด อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ค่าความร้อน

¹ อ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² ผศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ ผศ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

* Corresponding author: e-mail: Tanatecha@hotmail.com Tel. 0815406768

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

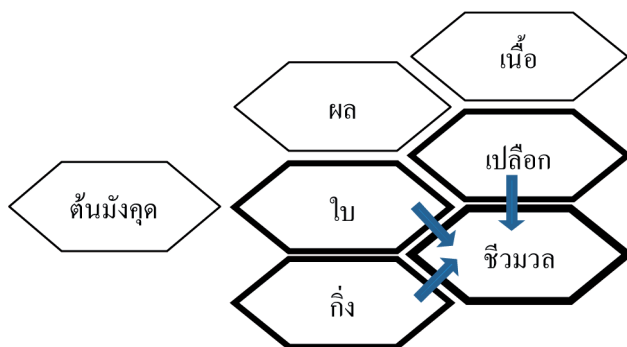
Abstract

The objective of this research was to study the fuel properties of mangosteen pericarp (MP) and mangosteen pericarp charcoal (MPC). The rate of fuel consumption, ash content, water heating rate, heating value of fuel, elemental composition and structure were investigated. The results showed that the rate of fuel consumption of MP and MPC were 0.71 ± 0.30 and 0.50 ± 0.05 kg/h in average, respectively. Ash content of MP and MPC approximately was 1-3% by weight. The water heating rate of the fuels is similar in the range 2.67 - 3.04 °C/min. Furthermore, the heating value of MP and MPC was $19,583.50 \pm 111.25$ kJ/kg and $26,745.75 \pm 1,076.64$ kJ/kg, respectively. Use of MPC gave appreciable increase in the content of carbon, silica and potassium from 55.30 to 61.94%, 0.22% to 0.29% and 2.02% to 10.69% by weight, respectively. Therefore, the fuel property, flammability and fertilize property of MPC was improved. Also, the MPC showed lower porosity (Higher density) than that of MP.

Keywords: Mangosteen Pericarp, Mangosteen Pericarp Charcoal, Rate of Fuel Consumption, Heating Value

บทนำ

มังคุดเป็นผลไม้สำคัญของประเทศไทยซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากในภาคใต้และภาคตะวันออกโดยเฉพาะในจังหวัดจันทบุรี ชุมพรและนครศรีธรรมราช และมังคุดจะออกผลผลิตเป็นจำนวนมากในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง สิงหาคม มีอัตราผลผลิต ประมาณ 400 – 600 กิโลกรัม/ไร่ และจากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่าในปี พ.ศ.2553 [1] มีผลผลิต มังคุดออกมาเท่ากับ 250,508 ตัน มังคุดเป็นพืชที่ไม่มีการตัดแต่งกิ่ง เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบที่จะนำมาใช้เป็นพลังงาน ทดแทนได้ก็จะประกอบด้วย ใบ และเปลือกของมังคุด โดยเฉพาะเปลือกมังคุด โดยประมาณว่าในมังคุดสด 1 กิโลกรัมจะมี เปลือกประมาณ 50% ของน้ำหนัก นั่นคือกว่า 0.5 กิโลกรัม (เปียก) ซึ่งหากพิจารณาจากปริมาณของมังคุด เกิดขึ้น 250,508 ตัน ในปี พ.ศ.2553 ก็จะทำให้มีศักยภาพของเปลือกมังคุดสูงถึงกว่า 175,000 ตันโดยประมาณ แต่อย่างไรก็ตามเปลือกมังคุด มีอัตราส่วนของน้ำที่สูงและมีความเป็นรุกรุนสูงดังนั้นเมื่อทำให้แห้งก็พบว่าน้ำหนักจะลดลงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการพัฒนา เปลือกมังคุดเพื่อเป็นพลังงานทดแทนต้องทำการพิจารณาอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ส่วนประกอบสำคัญของมังคุดที่สามารถ นำมาใช้เป็นพลังงานแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 8 แสดงส่วนประกอบสำคัญของมังคุดที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงาน

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

ได้มีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตถ่านและถ่านอัดแท่งโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ [2] กะลามะพร้าว เหง้ามันสำปะหลัง เปลือกทุเรียน [3-5] วัสดุจากปาล์มน้ำมัน [6] เศษวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ [7] และยังมี การผสมส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงเช่นกลีเซอรินหรือการผสมส่วนผสมของถ่านหลายชนิดเข้าด้วยกันในอัตราส่วนต่าง ๆ [2-3,8] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงองค์ประกอบที่ติดไฟได้และค่าความร้อนของถ่านไม้อัดแท่งต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง [9] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการดำเนินการเพื่อหาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุด ประกอบด้วยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ปริมาณขี้เถ้า อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ น้ำ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง องค์ประกอบของธาตุและโครงสร้าง ซึ่งจะเป็แนวทางในการใช้เปลือกมังคุดซึ่งเป็นชีวมวลชนิดหนึ่งมาเป็นพลังงานโดยรูปแบบการผลิตเป็นถ่านเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการนำเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ เสริมกิจกรรมเดิมที่มีอยู่เช่น การผลิตเป็นปุ๋ย การนำมาเป็นส่วนผสมของอิฐ [10]

วิธีการวิจัย

1. รวบรวมเปลือกมังคุด (ดังแสดงในภาพที่ 2)
2. ศึกษาสมบัติเบื้องต้นของเปลือกมังคุดประกอบด้วย ความชื้น ความหนาแน่น น้ำหนักแห้ง
3. จัดหาอุปกรณ์สำหรับการทำการวิจัย ประกอบด้วย
 - เครื่องลดความชื้น ใช้เครื่องลดความชื้นแบบไฟฟ้า
 - เครื่องผลิตถ่าน ใช้แบบเตาเผาถ่านที่ผลิตจากถัง 200 ลิตร แบบตั้ง (ดังแสดงในภาพที่ 3)
 - เตาและชุดประกอบสำหรับทดสอบการเผาไหม้ (ดังแสดงในภาพที่ 4)
4. ทดสอบค่าอัตราการเผาไหม้ในสภาวะการเผาไหม้สมบูรณ์
5. ทดสอบค่าปริมาณเถ้าในสภาวะการเผาไหม้สมบูรณ์
6. ทดสอบอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเมื่อใช้เชื้อเพลิงเปลือกมังคุดโดยใช้วิธีการต้มน้ำ Water boiling Test
7. ทดสอบค่าความร้อน โดยใช้วิธีการต้มน้ำ Water boiling Test และการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3173-11 และ ASTM D5865-11a
8. ทดสอบสมบัติองค์ประกอบธาตุโดยวิธี SEM (Scanning Electron Microscope)
9. ถ่ายภาพดูความพรุนโดยวิธี EDX (Energy Dispersive X-ray)



ภาพที่ 2 เปลือกมังคุด

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557



ภาพที่ 3 เต้าเผาถ่าน 200 ลิตร แบบตั้ง



ภาพที่ 4 ห้องป้องกันลมสำหรับทดสอบ WBT

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ความชื้นความหนาแน่นของเปลือกมังคุดและการสูญเสียน้ำหนัก

สัดส่วนโดยน้ำ น้ำหนักของเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ $69.07 \pm 4.12\%$ โดยน้ำ น้ำหนักของมังคุดทั้งผล ที่ความชื้น $67.62 \pm 1.19\%wb$ และ น้ำหนักของเปลือกเฉลี่ยเท่ากับ $22.32 \pm 0.48\%$ โดยน้ำน้ำหนักของมังคุดทั้งผลที่ความชื้น 0%

นำเปลือกมังคุดสดที่ความชื้นเฉลี่ย $67.62 \pm 1.19\%wb$ มาทำการศึกษาค่าความหนาแน่น และทำการศึกษาการสูญเสียน้ำหนักเมื่อทิ้งไว้ในที่ร่มเงาของต้นไม้ (จำลองมังคุดที่อยู่ใต้โคนต้น) พบว่าที่ความชื้นเฉลี่ย $67.62 \pm 1.19\%wb$ เปลือกมังคุดมีความหนาแน่นเฉลี่ย $443.69 \pm 3.77 \text{ kg/m}^3$

การสูญเสียน้ำหนักเมื่อทิ้งไว้ในที่ร่มเงาของต้นไม้ โดยใช้เวลา 196 ชั่วโมง พบว่า จากน้ำหนักเริ่มต้นคิดเป็น อัตราส่วนน้ำหนัก 100% พบว่าในช่วงแรก (24 ชั่วโมงแรก) มีอัตราการการสูญเสียน้ำหนักหรือการลดลงของน้ำหนักสูงเฉลี่ย 3.8 กรัม/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 5.7% ของน้ำหนักในชั่วโมงก่อนหน้า และในช่วงหลังอัตราการการสูญเสียน้ำหนักหรือการลดลงของน้ำหนักสูงเฉลี่ย 1.3 กรัม/ชั่วโมง หรือคิดเป็น 3.1% ของน้ำหนักในชั่วโมงก่อนหน้า

2. การผลิตถ่านเปลือกมังคุด

ทำการผลิตถ่านมังคุดโดยใช้เต้าเผาถ่าน 200 ลิตร จำนวน 3 ครั้งพบว่าเมื่ออัตราการเกิดถ่าน 30.25% โดยมวล ของเปลือกมังคุดที่นำมาผลิตถ่านดังแสดงได้ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการผลิตถ่านมังคุด

ปริมาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	SD
มวลเปลือกมังคุดก่อนเผา (kg)	21.1	24.4	15	20.17	4.77
มวลถ่าน (kg)	5.2	8.6	4.5	6.1	2.19
ปริมาตรน้ำส้มควันไม้ (mL)	145	224	-	184.5	55.86
อัตราการเกิดถ่าน (%)	24.64	35.25	30.00	30.25	5.30

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

3. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ทำการเผาไหม้โดยตรงในเตาอั้งโล่ประสิทธิภาพสูง (กระทรวงพลังงาน) และทดสอบในห้องทดสอบที่ป้องกันลม พบว่ากรณีของเปลือกมังคุดมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงไม่คงที่ในแต่ละครั้ง (ทดสอบ 5 ครั้ง) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.4-1.0 kg/h และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 ± 0.30 kg/h ดังแสดงค่าในตารางที่ 2 เปลือกมังคุดที่นำมาใช้ได้ทำการกำจัดความชื้นออกเพียงอย่างเดียวและยังไม่ผ่านการเพิ่มความหนาแน่น (อัดแท่ง) หรือการทำให้เป็นถ่าน ดังนั้นความหนาแน่นของเปลือกมังคุดจึงไม่เหมาะสม จึงได้ผลการทดสอบที่สรุปได้ยาก ทั้งนี้ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงข้อเสียประการหนึ่งของเชื้อเพลิงชนิดนี้และเชื้อเพลิงชีวมวลต่าง ๆ ด้วย นั่นคือ ความหนาแน่นไม่มีความสม่ำเสมอ

กรณีถ่านเปลือกมังคุดพบว่ามีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงคงที่กว่ากรณีเปลือกมังคุดโดย 0.44-0.58 kg/h ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.05 kg/h ดังแสดงค่าในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านกระบวนการเผาถ่านอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าคงที่มากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งสำหรับการเพิ่มคุณภาพของเชื้อเพลิง



เปลือกมังคุด



ถ่านเปลือกมังคุด

ภาพที่ 5 เปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดที่ผ่านการอบไล่ความชื้นสำหรับทดสอบการเผาไหม้โดยตรง

4. ชี้อัด

จากการทดสอบการเผาไหม้โดยตรงพบว่าปริมาณชี้อัดของเปลือกมังคุดมีค่าในลักษณะเดียวกับอัตราการสิ้นเปลือง เนื่องจากเหตุผลเดียวกัน โดยมีค่าระหว่าง 1-3% โดยน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.51 \pm 0.4\%$ โดยน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ ส่วนของถ่านเปลือกมังคุดพบว่ามีปริมาณชี้อัดเฉลี่ยเท่ากับ $3.02 \pm 0.92\%$ โดยน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งนี้ลักษณะของการติดไฟของเชื้อเพลิงแสดงดังภาพที่ 6



เปลือกมังคุด



ถ่านเปลือกมังคุด

ภาพที่ 6 ลักษณะการติดไฟของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุด

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

5. อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ

ทำการทดสอบโดยวิธีการต้มน้ำ WBT พบว่า อุณหภูมิของน้ำที่ต้มโดยใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ย 3.04 ± 2.53 °C/min และ 2.67 ± 0.43 °C/min สำหรับเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดตามลำดับ โดยลักษณะของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิขณะทำการทดสอบแสดงดังภาพที่ 7

6. ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

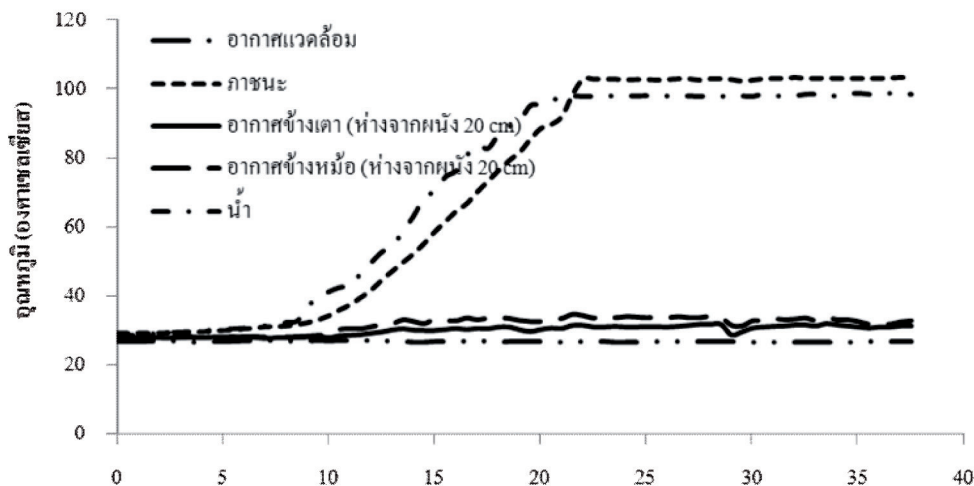
ผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงโดยวิธีการต้มน้ำ (WBT) พบว่าเปลือกมังคุดมีค่าความร้อนเฉลี่ย $14,781.30 \pm 1,393.76$ kJ/kg ส่วนถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อนสูงกว่าโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $23,573.32 \pm 1,997.57$ kJ/kg สำหรับการทดสอบโดยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D3173-11 และ ASTM D5865-11a โดยส่งทดสอบ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่าเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน $19,583.50 \pm 111.25$ kJ/kg และถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน $26,745.75 \pm 1,076.64$ kJ/kg ดังแสดงผลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติด้านเชื้อเพลิงบางประการของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุด

ค่าทดสอบ		เปลือกมังคุด		ถ่านเปลือกมังคุด	
		ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD
อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (kg/h)		0.71	0.30	0.50	0.05
ขี้เถ้า (% โดยน้ำหนัก)		2.51	0.40	3.02	0.94
อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (°C/min)		3.04	2.53	2.67	0.39
ค่าความร้อน (kJ/kg)	WBT ¹	14,781.30	1,393.76	23,573.32	1,997.57
	ASTM D3173-11 และ ASTM D5865-11a	19,583.50 ²	111.25	26,745.75 ³	1,076.64

หมายเหตุ ¹ ความชื้น 0% ทดสอบ 3 ครั้ง

² ความชื้นเฉลี่ย 7.1%wb (3 ตัวอย่าง), ³ ความชื้นเฉลี่ย 7.7%wb (3 ตัวอย่าง)



ภาพที่ 7 อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ระหว่างการทดสอบค่าความร้อนโดยการต้มน้ำ

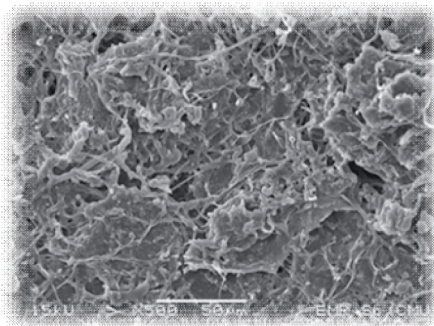
จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

7. องค์ประกอบของธาตุของเปลือกมังคุด

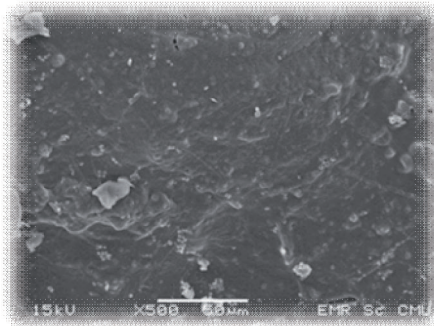
ทำการทดสอบ SEM (Scanning Electron Microscope) และ EDX (Energy Dispersive X-ray) เพื่อดูองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ในตัวอย่างโดยเฉพาะคาร์บอนซึ่งเป็นส่วนสำคัญของเชื้อเพลิง โดยผลการทดสอบ EDX แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าเมื่อเปลี่ยนเปลือกมังคุดเป็นถ่านปริมาณของคาร์บอนเพิ่มขึ้นจาก 55.30% เป็น 61.94% โดยน้ำหนัก ซิลิกาสูงขึ้นจาก 0.22% เป็น 0.29% โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียมก็มีค่าสูงขึ้นจาก 2.02% เป็น 10.69% โดยน้ำหนัก นั่นคือคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ความสามารถในการติดไฟ และความเป็นปฏิกิริยา และเมื่อเปลี่ยนเปลือกมังคุดเป็นถ่านความเป็นรุกรานน้อยลง หรือความหนาแน่นสูงขึ้นซึ่งเป็นสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงที่ดีขึ้นดังแสดงในภาพที่ 8

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของธาตุของเปลือกมังคุด

Element		C	O	Si	K	Ca
เปลือกมังคุด	Weight %	55.3	39.2	0.22	2.02	3.26
	Atomic %	63.99	34.05	0.11	0.72	1.13
ถ่านเปลือกมังคุด	Weight %	61.94	27.07	0.29	10.69	-
	Atomic %	72.3	23.72	0.15	3.83	-



เปลือกมังคุด



ถ่านเปลือกมังคุด

ภาพที่ 6 ภาพถ่าย SEM (Scanning Electron Microscope)

สรุปผลการวิจัย

จากจุดประสงค์ของการศึกษาเพื่อวิเคราะห์สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดสามารถสรุปได้ดังนี้

- มีอัตราการในการเกิดถ่าน 30.25% โดยมวลของเปลือกมังคุดที่นำมาผลิตถ่าน
- อัตราการสันเปลืองเชื้อเพลิงของเปลือกมังคุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 ± 0.30 kg/h และของถ่านเปลือกมังคุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.05 kg/h
- ปริมาณซีเถ้าของเปลือกมังคุดมีค่าใกล้เคียงกับถ่านเปลือกมังคุดโดยมีค่าระหว่าง 1-3% โดยน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $2.51 \pm 0.4\%$ สำหรับเปลือกมังคุด และ $3.02 \pm 0.92\%$ สำหรับถ่านเปลือกมังคุด

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557

- อุณหภูมิของน้ำที่ต้มโดยใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 3.04 ± 2.53 °C/min และ 2.67 ± 0.43 °C/min สำหรับเปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดตามลำดับ
- เปลือกมังคุดและถ่านเปลือกมังคุดมีค่าความร้อน $19,583.50 \pm 111.25$ และ $26,745.75 \pm 1,076.64$ kJ/kg ตามลำดับ
- เมื่อเปลี่ยนเปลือกมังคุดเป็นถ่านเปลือกมังคุดจะทำให้ คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ความสามารถในการติดไฟ และ ความเป็นปฏิกิริยาความหนาแน่น ดีขึ้น

คำขอบคุณ

- ห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานทางเลือกเพื่อการพัฒนาเกษตรและอุตสาหกรรมชุมชน ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
- สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
- สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
- งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยทักษิณ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2553). รายงานข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553.
- [2] ปราณี หนูทองแก้ว จอมภพ แววศักดิ์ พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร ชูลีรัตน์ คงเรือง ยุทธนา ภูริวัฒนชัยกุล และกำพล ประทีปชัยกุล. (2556). สมบัติทางกายภาพและต้นทุนต่อหน่วยของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอริน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 32(4). 399-403.
- [3] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล. (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้จ้ำมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [4] ประสาน สติยเรืองศักดิ์ ฐานิตย์เมธิยานนท และสมชาติ โสภณธณฤทธิ์. (2547). “การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้ไมลาสเป็นตัวประสาน”, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, วันที่ 18-20 ตุลาคม 2547 ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด ขอนแก่น. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [5] อัจฉรา อัครจุลชัย. (2555). ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเชื้อเพลิงอัดแท่ง. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2556.
- [6] Husain, Z., Zainac., Z. and Abdullah., Z. (2002). Briquetting of plam fiber and shell from the processing of plam nut to plam Oil. Biomass and Bioenergy, 22, 505-509
- [7] พุทธิธรร แสงรุ่งเรือง และคณะ. (2549). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ พื้นที่จังหวัดนนทบุรี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- [8] อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ ทิปรุณ คุณาพรวิวัฒน์ พิสุทธ์ รัตนแสนวงษ์ จักรพันธ์ กัณหา และวรพจน์ พันธุ์คง. (2551). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขี้เถ้าแกลบผสมขี้ข้าวโพดและกะลามะพร้าวด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน. ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายการวิจัยของสถาบันอุดมศึกษา. วันที่ 17-19 มกราคม 2551. ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด จ.ขอนแก่น. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.