

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

การทดสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากต้นและเปลือกหมาก เมื่อใช้โมลาสเป็นตัวประสาน

Quality Testing of Betel Nuts Briquette Using Molasses as Binder

ยุทธชัย เกียวสันเทียะ^{*1}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล จ.นครราชสีมา 30000

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 0814706007, โทรสาร: 044 203785-6

E-mail: keawsa2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ Bomb Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM D3286 ปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173 และค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากต้นหมากและเปลือกหมากโดยใช้โมลาสเป็นตัวประสาน จากผลการทดสอบแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากต้นหมากโดยมีโมลาสเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 7:3, 6:4 และ 5:5 พบว่า เชื้อเพลิงให้ค่าความร้อน 6,276.66 cal/g, 5,862.69 cal/g และ 4,052.98 cal/g ตามลำดับ ปริมาณความชื้น 1.58, 1.93 และ 2.32 ตามลำดับ ความหนาแน่น 0.96 g/cm³, 0.75 g/cm³ และ 0.63 g/cm³ ตามลำดับ และจากการทดสอบแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเปลือกหมากโดยมีโมลาสเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 7:3, 6:4 และ 5:5 พบว่า เชื้อเพลิงให้ค่าความร้อน 2,191.16 cal/g, 1,999.26 cal/g และ 1,681.46 cal/g ตามลำดับ ปริมาณความชื้น 2.19, 2.73 และ 3.6 ตามลำดับ ในขณะที่ความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างจากแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากต้นหมากโดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

คำหลัก: เชื้อเพลิงอัดแท่ง ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ต้นหมาก

Abstract

The aims of this research are to study the quality testing of the heating value by using bomb calorimeter in accordance with method ASTM D3286, moisture quantity according to ASTM D3173 and density of betel nuts briquette using molasses as binder. The briquette was produced from the betel nut tree and the betel nut fruit mixed to molasses at the mass ratio 7:3, 6:4 and 5:5 respectively. The results from the test run of briquette with mass ratio between the betel nut tree and molasses of 7:3, 6:4 and 5:5, the heating value of 6,276.66 cal/g, 5,862.69 cal/g and 4,052.98 cal/g respectively, moisture quantity of 1.58, 1.93 and 2.32 respectively, and the density of 0.96 g/cm³, 0.75 g/cm³ and 0.63 g/cm³ respectively. The results from the test run of briquette with mass ratio between the betel nut fruit and molasses of 7:3, 6:4, and 5:5, the heating value of 2,191.16 cal/g, 1,999.26 cal/g and 1,681.46 cal/g respectively, moisture

quantity of 2.19, 2.73 and 3.6 respectively, while the density of briquette are not different when compare with the betel nuts tree briquette using molasses as binder

Keyword: Briquette, Heating value, Betel nuts

1. บทนำ

ปัจจุบันพลังงานได้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากพลังงานได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศ รวมถึงใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ จากรายงานสถิติการใช้พลังงานของประเทศไทยปี พ.ศ. 2552 [1] พบว่า ภาพรวมการใช้พลังงานของประเทศไทยนั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การใช้พลังงานได้ใช้ในหลายส่วน เช่น ภาคอุตสาหกรรมการผลิตและภาคครัวเรือน ถ่านไม้หรือฟืนเป็นเชื้อเพลิงประเภทหนึ่งที่มีใช้ในภาคอุตสาหกรรมครัวเรือน โดยในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีความต้องการใช้ถ่านไม้ (Charcoal) ถ่านอัดแท่ง (Briquettes) และฟืน (Fuel wood) รวมกันประมาณ 20.8 ล้านตัน แต่มีการนำเข้าเพียง 8.53 ล้านตัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับใช้งานในประเทศ การที่จะจัดหาฟืนและถ่านไม้ให้เพียงพอกับความต้องการนั้นนับว่าเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก แต่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรคือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กาก ใบ และทะลายปาล์ม เป็นต้น จากรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี พ.ศ. 2551 [2] พบว่า ศักยภาพเชิงพลังงานของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีทั้งหมดประมาณ 33,557.96 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ หากมีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นพลังงานหรือเชื้อเพลิงได้หมดก็จะช่วยแบ่งเบาภาระด้านพลังงานลงได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาต้นหมากและเปลือกหมากซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ทดแทน แกลบ ชี้อ้อย ฟืนและถ่านไม้ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้โมลาสเป็นตัวประสาน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาด

แคลนพลังงานของฟืนและถ่านไม้ โดยทำการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และค่าความร้อนของต้นหมากและเปลือกหมากอัดแท่งที่ส่วนผสมต่างกัน แล้วนำผลคุณสมบัติที่ได้มาเปรียบเทียบกับ แกลบ ชี้อ้อย ฟืนและถ่านไม่ว่ามีค่าใกล้เคียงหรือไม่ เพราะถ้าหากมีคุณสมบัติใกล้เคียงก็สามารถที่จะใช้ทดแทน แกลบ ชี้อ้อย ฟืนและถ่านไม้ได้

2. การทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิง

ในการทดสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากต้นและเปลือกหมากเมื่อใช้โมลาสเป็นตัวประสานนี้ ได้นำเอาต้นหมากและเปลือกหมากที่หั่นย่อยแล้วมาอัดเป็นแท่งให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เท่ากับ 1 และ 2.5 เซนติเมตรตามลำดับ และ สูง 6 เซนติเมตร ด้วยวิธีการอัดเย็น โดยมีโมลาสเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนระหว่างต้นหมากต่อโมลาสและเปลือกหมากต่อโมลาสดังนี้ 7:3, 6:4, 5:5 เพื่อทำการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทดสอบดังนี้

2.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

ในการหาปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 [3] โดยให้ความร้อนกับตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 104-110 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของแท่งเชื้อเพลิงที่ลดลงดังสมการที่ 1

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad \dots (1)$$

เมื่อ

A= น้ำหนักตัวอย่างทดสอบก่อนอบ (กรัม)

B= น้ำหนักตัวอย่างทดสอบหลังอบ (กรัม)

ขั้นตอนการทดสอบหาปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงมีดังนี้

- 1) เตรียมตัวอย่างทดสอบ
- 2) อบถ้วยทนไฟพร้อมฝา ที่อุณหภูมิในช่วง 104-110 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที นำออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงออกมาชั่งน้ำหนัก
- 3) นำตัวอย่างทดสอบใส่ลงในถ้วยทนไฟแล้วนำเข้าไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 104-110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 4) นำถ้วยทนไฟออกจากตู้อบและปิดฝา แล้วปล่อยให้เย็นในเครื่องดูดความชื้น จากนั้นจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก

2.2 การหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

ในการทดสอบหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงได้ใช้สมการที่ 2 ในการคำนวณดังนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots (2)$$

โดยที่ $V = \pi(R^2 - r^2)h \quad \dots (3)$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่น

m คือ มวล

V คือ ปริมาตร

R คือ รัศมีภายนอกของแท่งเชื้อเพลิง

r คือ รัศมีภายในของแท่งเชื้อเพลิง

2.3 การทดสอบหาค่าความร้อน (Heating Value)

ในการทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ใช้ Bomb Calorimeter ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D3286 [4] โดยนำตัวอย่างของสาร เผาไหม้ อย่างสมบูรณ์ในตัว Bomb ที่มีออกซิเจนอยู่ปริมาณเกินพอ ความร้อนของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของ Jacket สูงขึ้น และสามารถคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ขั้นตอนการทดสอบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงมีดังนี้

- 1) อัดตัวอย่างสารลงในถ้วยโลหะ

2) ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดของตัวอย่างที่ได้ใส่ในถ้วยโลหะ

3) ผูกลวด 10 เซนติเมตรไว้กับเครื่องมือให้แน่นโดยให้ส่วนของเส้นลวดแตะกับตัวอย่าง

4) อัดออกซิเจนใน Bomb ให้มีความดันประมาณ 25-30 บรรยากาศ

5) ใส่ น้ำลงใน Jacket ประมาณ 2,000 ml

6) นำ Bomb ใส่ลงใน Jacket ปิดฝาและเปิดเครื่องกววน บันทึกอุณหภูมิคงที่

7) กดปุ่ม Ignite จับเวลาและบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิคงที่

8) นำ Bomb ออกมาปล่อยออกซิเจนให้หมดและล้างภายใน Bomb ด้วยน้ำกลั่นที่ใส่ Methyl Orange จนหมดกรด แล้วนำน้ำล้างนี้ไป Titrate กับสารละลาย Na_2CO_3

9) วัดส่วนของลวดที่เหลือที่ไม่เผาไหม้สำหรับใช้ในการคำนวณ
การหาค่าความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4 ดังนี้

$$Q = [t(E) - e_1 - e_2] / g \quad \dots (4)$$

เมื่อ Q คือ ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Cal)

t คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและสุดท้าย (องศาเซลเซียส)

B คือ มวลของสารตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (กรัม)

e_1 คือ ค่าการเผาไหม้ของฟิวส์ มีค่าเท่ากับ $2.3 \text{ cal/cm} \times \text{ความยาวของฟิวส์ที่ละลาย}$

e_2 คือ ค่าความร้อนของการเกิดซัลฟูริก (H_2SO_4) จาก Nitric acid (HNO_3) มีค่าเท่ากับ $13.7 \times \text{มวลตัวอย่าง} \times \text{เปอร์เซ็นต์ของซัลเฟอร์}$ ในการคำนวณได้ให้ค่า e_2 เท่ากับศูนย์เนื่องจากมีค่าน้อยมาก

E คือ Energy Equivalent of Calorimeter ในการหาค่า E เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อน ได้ใช้

สาร Benzoic acid เป็นสารเชื้อเพลิงตัวอย่างในการทดสอบ ซึ่งให้ค่าพลังงาน 1854.73 แคลอรีต่อกรัม

3. ผลการทดสอบ

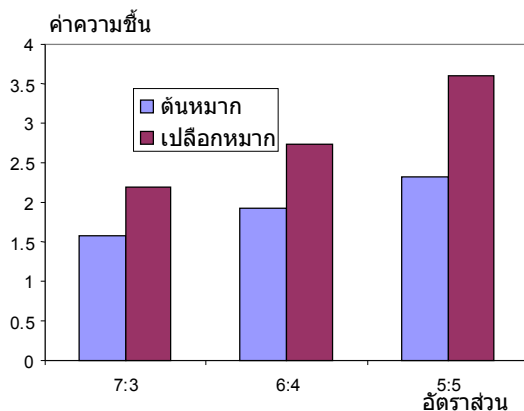
จากการทดสอบคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากต้นและเปลือกหมากเมื่อใช้โมลาสเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสม 7:3, 6:4 และ 5:5 โดยทดสอบปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน ASTM D3173 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงและทดสอบคุณสมบัติค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ Bomb Calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM D3286 สามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังนี้

3.1 ผลการทดสอบค่าความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบค่าความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ตามมาตรฐานในหัวข้อ 2.1 สามารถแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ชนิดของเชื้อเพลิง อัดแท่ง	อัตราส่วน หมาก:โมลาส		
	7:3	6:4	5:5
ต้นหมาก	1.58	1.93	2.32
เปลือกหมาก	2.19	2.73	3.60



รูปที่ 1 ค่าความชื้นของแท่งเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 1 พบว่า เมื่อเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนของโมลาสที่เพิ่มขึ้น ค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยที่อัตราส่วนระหว่างต้นหมากต่อโมลาส เท่ากับ 7:3, 6:4 และ 5:5 มีค่าความชื้นเท่ากับ

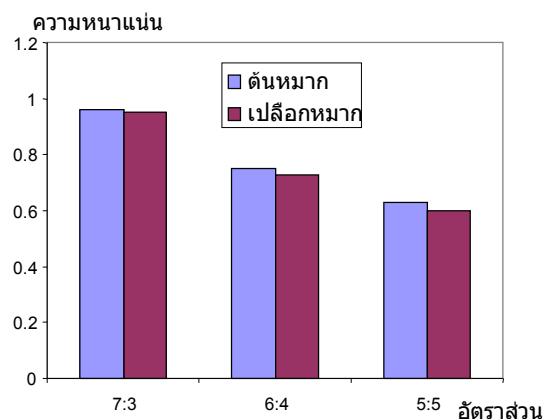
1.58, 1.93 และ 2.32 ตามลำดับ ส่วนเชื้อเพลิงแท่งที่ผลิตจากเปลือกหมากและโมลาสที่อัตราส่วนระหว่างเปลือกหมากต่อโมลาส เท่ากับ 7:3, 6:4 และ 5:5 มีค่าความชื้นเท่ากับ 2.19, 2.73 และ 3.60 ตามลำดับ

3.2 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

จากการทดสอบหาความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากต้นหมากและเปลือกหมากโดยใช้โมลาสเป็นตัวประสานเมื่อแท่งเชื้อเพลิงมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.5 เซนติเมตร และสูง 6 เซนติเมตร ได้แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 2 และ รูปที่ 2

(หน่วย: g/cm³)

ชนิดของเชื้อเพลิง อัดแท่ง	อัตราส่วน หมาก:โมลาส		
	7:3	6:4	5:5
ต้นหมาก	0.96	0.75	0.63
เปลือกหมาก	0.95	0.73	0.60



รูปที่ 2 ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง

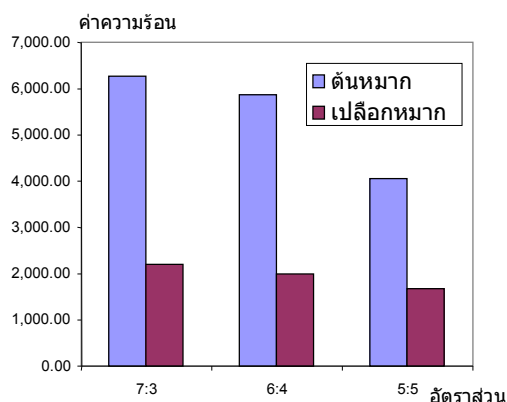
จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนของโมลาสเพิ่มขึ้นแท่งเชื้อเพลิงมีค่าความหนาแน่นลดลง โดยแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนระหว่างต้นหมากต่อโมลาส เท่ากับ 7:3, 6:4 และ 5:5 มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.96, 0.75 และ 0.63 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงแท่งที่ผลิตได้จากเปลือกหมากนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

3.3 ผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ผลการทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM 3286 โดยใช้ Bomb Calorimeter และใช้วิธีการตามหัวข้อ 2.3 ได้แสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และรูปที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง (หน่วย: แคลอรีต่อกรัม)

ชนิดของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	อัตราส่วน หมากร:โมลาส		
	7:3	6:4	5:5
ต้นหมาก	6,276.66	5,862.69	4,052.98
เปลือกหมาก	2,191.16	1,999.26	1,681.46



รูปที่ 3 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

จากตารางที่ 3 และรูปที่ 3 พบว่า เมื่อแท่งเชื้อเพลิงมีอัตราส่วนผสมของโมลาสเพิ่มขึ้นค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงนั้นมีค่าลดลง โดยแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนระหว่างต้นหมากต่อโมลาส เท่ากับ 7:3, 6:4 และ 5:5 แท่งเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนเท่ากับ 6,276.66, 5,862.69 และ 4,052.98 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ในส่วนแท่งเชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนระหว่างเปลือกหมากต่อโมลาส มีความร้อน 2,191.16, 1,999.26 และ 1,681.46 แคลอรีต่อกรัม ที่อัตราส่วน 7:3, 6:4 และ 5:5 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ได้จากต้นหมากและเปลือกหมากเมื่อใช้โมลาสเป็นตัวประสาน พบว่า ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากต้นหมากนั้นสูงกว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากเปลือกหมาก

3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าความร้อนกับเชื้อเพลิงแท่งชนิดอื่น

ในการเปรียบเทียบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งผลิตได้จากต้นหมากและเปลือกหมากเมื่อใช้โมลาสเป็นตัวประสานกับเชื้อเพลิงอื่น เช่น ชีล้อย แกลบ และถ่านไม้ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว โดยใช้ข้อมูลของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลังงาน ฝ่ายวิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย [5] จากการเปรียบเทียบโดยใช้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากต้นหมากและเปลือกหมากที่อัตราส่วนต่อโมลาส คือ 7 ต่อ 3 ซึ่งให้ค่าความร้อนสูงสุด ได้แสดงผลในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง (หน่วย: แคลอรีต่อกรัม)

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน
ต้นหมากกับโมลาส	6,276.66
เปลือกหมากกับโมลาส	2,191.16
ชีล้อย	4990
แกลบ	3860
ต้นมันสำปะหลัง	4300
เหง้ามันสำปะหลัง	4050
ถ่านกะลามะพร้าว	7760
กะลามะพร้าว	4830

จากตารางที่ 4 พบว่า เชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากต้นหมากโดยใช้โมลาสเป็นตัวประสานที่อัตราส่วน 7:3 มีค่าความร้อนสูงกว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากแกลบ ชีล้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง กะลามะพร้าว แต่มีค่าน้อยกว่าถ่านที่ผลิตได้จากกะลามะพร้าว ส่วนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากเปลือกหมากกับโมลาสมีค่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น

4. สรุป

จากการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้จากต้นหมากและเปลือกหมากโดยใช้โมลาสเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนผสมต่างกัันดังนี้ 7:3, 6:4, 5:5 พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากต้นหมากที่อัตราส่วนผสมกับโมลาส 7:3 นั้นให้ค่าความร้อนสูงสุดซึ่ง

สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน แทนการใช้
แก๊ส ชี๊ยะถ่านไม่ได้ เนื่องจากมีค่าความ
ร้อนสูงกว่าแก๊ส ชี๊ยะถ่าน และใกล้เคียงกัน ฟืนและ
ถ่าน

5.เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน (2553). รายงานสถิติพลังงานของ
ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552.
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน (2553). รายงานพลังงานทดแทน
ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551.
- [3] ASTM D3173. *Standard Test Method for
Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke.*
- [4] ASTM D3286. *Standard Test Method for Gross
Calorific Value of Coal and Coke by the Isoperibol
Bomb Calorimeter.*
- [5] บริษัทไทยภูมิจำกัด (2553). การวิเคราะห์ค่าความ
ร้อน ค่าคงตัวของถ่าน ค่าของสารระเหย ค่ากำมะถัน
ของวัสดุต่างๆ , [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา
[http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/
hot.php](http://www.charcoal.snmcenter.com/charcoalthai/hot.php) เข้าดูเมื่อวันที่ 10/02/2553.