สมบัติทางกายภาพและต้นทุนต่อหน่วยของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน
Physical Property and Unit Cost of Mixed Rice Husk-Glycerol Briquette

ปราณี หนูทองแก้ว[1] จอมภพ แววศักดิ์[2] พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร[3] ชูลีรัตน์ คงเรือง[4] ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล[5] กำพล ประทีปชัยกูร[6]

Pranee Nutongkaew[1], Jompob Waewsak[2], Pongsak Jittabut[3], Chuleerat Kongruang[4], Yutthana Tirawanichakul[5], Gumpon Prateepchaikul[6]

Received: 15 October 2012 ;Accepted: 10 December 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนบริสุทธิ์ร้อยละ 47 ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนในอัตราส่วนผสมแกลบ 3 kg ต่อกลีเซอรีน 0 100 200 300 400 และ 500 ml ตามลำดับ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าความร้อนสูงและค่าความต้านทานแรงกด จากผลการวิเคราะห์แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบผสมกลีเซอรีนที่ 6 อัตราส่วนผสม พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนสูงอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 และค่าความต้านทานแรงกด 6.35-26.40 MPa โดยแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วน 3 kg : 500 ml มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.62 บาท/กิโลกรัม

คำสำคัญ: แท่งเชื้อเพลิง แกลบ กลีเซอรีน ต้นทุน

Abstract

The main objective of this research was to study the characteristics of mixed rice husk-pured glycerol 47% briquettes with mixing ratios of rice husk-glycerol 3 kg:0, 100, 200, 300, 400, and 500 ml respectively. Results showed that the high heating value of mixed rice husk-glycerol briquettes was in the range of 3,585-3,916 cal/g. The density of mixed rice husk-glycerol briquettes was in the range of 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 and the compressive strength was in the range of 6.35-26.40 MPa. For the total cost of briquette production without externalities is about 2.62 Baht/kg.

Keywords: briquette, rice husk, glycerol, cost

---

[1] นิสิตปริญญาเอก, [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, [3]นิสิตปริญญาโท, หน่วยวิจัยพลังงานลม-แสงอาทิตย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ (วิทยาเขตพัทลุง) ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93110

[4] ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

[5] รองศาสตราจารย์, ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[6] รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Solar and Wind Energy Research Unit, Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Ban Prao, Pa Payom District, Phatthalung, 93110, Thailand.

[4] School of Management, Walailak University, Thasala District, Nakhonsithammarat, 80161, Thailand.

[5] Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla 90110, Thailand.

[6] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai District, Songkhla 90110, Thailand.

** Corresponding author; Pranee Nutongkaew, Solar and Wind Energy Research Unit, Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Ban Prao, Pa Payom District, Phatthalung, 93110, Thailand. nutongkaew19@hotmail.com*

บทนำ

แท่งเชื้อเพลิงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเผาจนเป็นถ่าน โดยอาจนำมาบดเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ วัสดุที่นำมาใช้มีหลากหลายชนิด เช่น ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ขี้เลื้อย ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หญ้าคา ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เป็นต้น ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งหลายชนิดด้วยกัน เช่น ผักตบชวาซึ่งให้ค่าความร้อนประมาณ 2,800-3,000 kcal/kg ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากถุงเพาะเห็ด[1] ให้ค่าความร้อนประมาณ 3,500 kcal/kg การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากกากกาแฟ[2] ซึ่งให้ค่าความร้อนโดยเฉลี่ย 5,000-5,400 kcal/kg ค่าความทนทานต่อแรงกดเฉลี่ย 0.025-0.089 MPa และได้มีผู้ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียนชะนีและหมอนทอง[3] โดยใช้การอัดร้อนและอัดเย็น ผลการศึกษาพบว่าค่าความร้อนที่ได้จากการอัดทั้งสองแบบมีค่า 3,610-3,840 kcal/kg

สำหรับวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการทางการเกษตรเป็นชีวมวลที่น่าสนใจในการนำมาผลิตแท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีศักยภาพทางด้านพลังงานชีวมวลสูง และแกลบเป็นหนึ่งในชีวมวลที่เป็นผลิตผลพลอยได้จากการสีข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณสูงเช่นกัน ปัจจุบันได้มีการคิดค้นนำเอาแกลบไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายเพื่อเพิ่มมูลค่ารวมทั้งการนำเอาแกลบไปผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็ง แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการอัดแกลบนี้สามารถนำเอาไปเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง[4] หรือผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ[5] เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งมีค่าความร้อนเฉลี่ยสูงถึง 3,880 kcal/kg แต่เนื่องจากแกลบมีความหนาแน่นต่ำการใช้เป็นเชื้อเพลิงจึงอยู่ในขอบเขตจำกัด ทางหนึ่งที่จะทำให้แกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงและมีความเป็นไปได้ในทางการค้าคือการนำแกลบมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ โดยนำแกลบดิบไปผสมคลุกเคล้ากับกลีเซอรีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนผลิตไบโอดีเซล[6] เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่แท่งเชื้อเพลิงแข็ง

หลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

กระบวนการอัดแท่งหรือทำให้เป็นก้อนเป็นเทคโนโลยีของการอัดโดยอาศัยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มค่าความหนาแน่นของเชื้อเพลิงโดยการให้ความดันเพื่อกดวัตถุดิบให้แน่น วัสดุเมื่อถูกอัดทำให้มีค่าความหนาแน่นสูงขึ้น มีปริมาณของความชื้นลดลง มีขนาดรูปร่างและคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน การอัดเป็นก้อนสามารถทำได้โดยใช้ตัวประสานหรือไม่ใช้ก็ได้ โดยมีกรรมวิธีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งโดยการอัดแท่ง 2 รูปแบบ คือการอัดเย็นและการอัดร้อน การจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในกระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

การอัดเย็น สามารถทำได้โดยการนำวัสดุชีวมวลต่างๆ มาเผาให้เป็นถ่านก่อน จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือตัวประสานอื่นๆ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นวิธีค่อนข้างยุ่งยาก

การอัดร้อน ทำได้โดยการนำวัสดุต่างๆ ที่ต้องการนำมาอัดแท่ง เช่น วัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร มาอัดเป็นแท่งโดยเครื่องอัดแท่ง วิธีการนี้ไม่ต้องใช้ตัวประสานแต่จะใช้ความร้อนจากเครื่องอัดแท่งทำให้สารที่เป็นสารเหนียวในวัสดุทำหน้าที่เป็นตัวประสานทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งขึ้นมา แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้นี้จะมีความหนาแน่นค่อนข้างสูงและมีลักษณะเหมือนแท่งฟืน หากต้องการทำเป็นถ่านอัดแท่งสามารถทำได้โดยการนำไปเผาในตัวเผาถ่านโดยตรง

แกลบเป็นวัสดุชีวมวลที่สามารถใช้ได้ทั้งวิธีการอัดร้อนและอัดเย็น แต่ส่วนมากนิยมใช้วิธีการอัดร้อนเนื่องจากรวดเร็วและให้ค่าความร้อนสูงกว่าวิธีการอัดเย็น[7]

การวิเคราะห์สมบัติของแท่งเชื้อเพลิง

การประเมินคุณภาพและวิเคราะห์สมบัติของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบผสมกลีเซอรีนจะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลัก ในการประเมินคุณภาพโดยการวิเคราะห์ ASTM (American Society for Testing and Materials) โดยทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้

(1) ค่าความร้อน (Heating Value) มีวิธีการวัด 3 แบบคือ

- ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value; LHV) หมายถึงการนำชีวมวลหนัก 1.0 kg มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น kcal/kg หรือ kJ/kg

- ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value; HHV) หมายถึง การนำชีวมวลหนัก 1.0 kg มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็น kcal/kg หรือ kJ/kg

- ค่าความร้อนแห้ง (Dry Heating Value) หมายถึง การนำชีวมวลจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 kg เพื่อนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนแห้งต่อกิโลกรัม และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูง

(2) ความหนาแน่น (Density) เป็นปริมาณที่คำนวณได้จากมวลต่อปริมาตร เป็นค่าแสดงคุณลักษณะความร่วนของแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

(3) ความต้านทานแรงกด (Compressive Strength) เป็นปริมาณบ่งชี้ถึงความแข็งของแท่งเชื้อเพลิงแข็งซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น

วิธีดำเนินการวิจัย

(1) การเตรียมตัวอย่างและส่วนผสม โดยการนำแกลบที่ได้จากโรงสีข้าวในพื้นที่จังหวัดพัทลุงที่มีค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 มาชั่งน้ำหนักครั้งละ 3 กิโลกรัม และผสมกับกลีเซอรีนในอัตราส่วน 100 ml 200 ml 300 ml 400 ml และ 500 ml ตามลำดับ

โดยแสดงขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนดัง Figure 1

ส่วนผสม: แกลบ (kg) + กลีเซอรีน(ml)

อัตราส่วน: 3 kg: 0 ml / 3 kg: 100 ml / 3 kg: 200 ml / 3 kg: 300 ml / 3 kg: 400 ml และ 3 kg: 500 ml

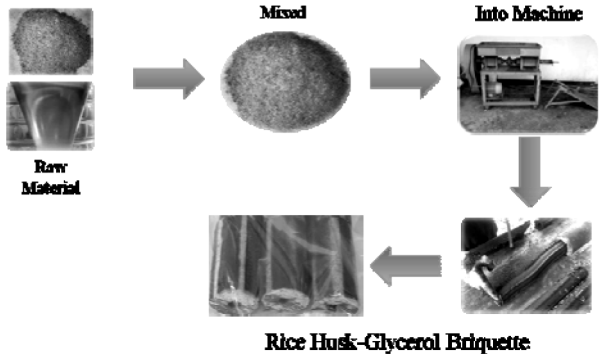

Figure 1 Briquette production process

(2) นำวัตถุดิบที่ผสมแล้วไปทำการอัดร้อนด้วยเครื่องอัดร้อนแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งมีอุณหภูมิการอัดร้อนในช่วง 250-350 องศาเซลเซียส โดยมีสายเทอร์โมคัปเปิ้ลเป็นเซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิให้กับตู้ควบคุมอุณหภูมิ มอเตอร์ที่ใช้มีขนาด 32 แรงม้า

(3) นำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนไปตัดให้มีความยาว 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเชื้อเพลิงมีขนาดคงที่ 5 เซนติเมตร ซึ่งจะได้แท่งเชื้อเพลิงที่มีน้ำหนักประมาณ 0.5 กิโลกรัม แสดงดัง Figure 2 แล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์โดยใช้วิธีการตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ได้แก่ ค่าความร้อน การทดสอบแรงกด และค่าความหนาแน่น

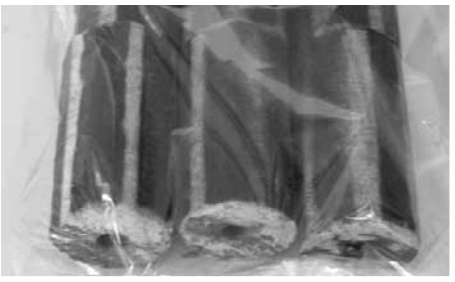

Figure 2 Rice Husk-Glycerol Briquette

ผลการศึกษา

สมบัติแท่งเชื้อเพลิง

ผลการวิเคราะห์สมบัติแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g แสดงดัง Figure 3 โดยแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วน 3:500 ให้ค่าความร้อนสูงสุด

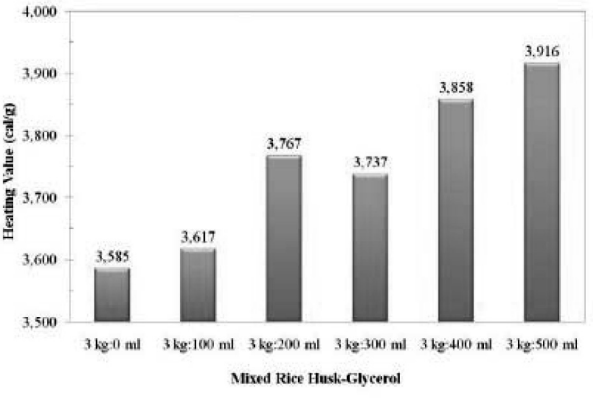

Figure 3 Heating Value of Mixed Rice Husk- Glycerol

ผลการนำแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนในอัตราส่วนต่างๆ ไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ผลจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนผสม 3:200 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 1,167.17 kg/m^3 และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนมีค่าอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 แสดงดัง Figure 4

ส่วนการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนที่อัตราส่วนแกลบต่อ กลีเซอรีน 3:0 จะให้ค่าความต้านแรงกดสูงสุดประมาณ 26.4 MPa และค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนจะอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa แสดงดัง Figure 5

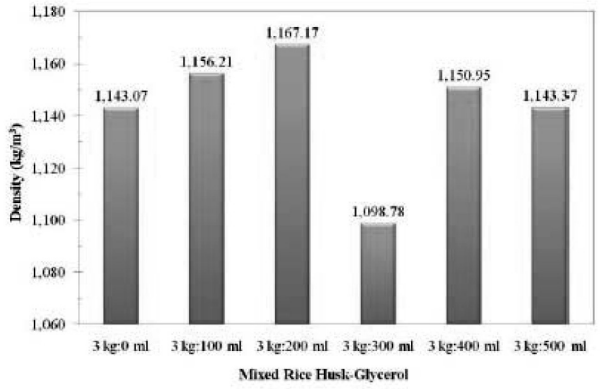

Figure 4 Density of Mixed Rice Husk-Glycerol

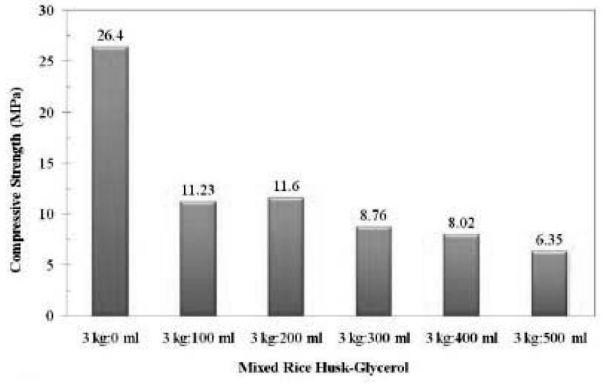

Figure 5 Compression strength of Mixed Rice Husk-Glycerol

ต้นทุนการผลิต

การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนจะพิจารณาถึงต้นทุนอันได้แก่ ต้นทุนคงที่ ต้นทุนดำเนินการ ต้นทุนในการซ่อมบำรุงเพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องจักรได้ตลอดอายุการใช้งาน โดยในการศึกษาได้ทำการคำนวณหาต้นทุนรวมตลอดอายุการใช้งานของเครื่องอัดร้อนแท่งเชื้อเพลิงซึ่งกำหนดให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งาน 10 ปี พิจารณาค่าใช้จ่ายเทียบเป็นปีปัจจุบันที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 6.7 โดย 1 ปีสามารถผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้ 240,000 กิโลกรัม

ผลการศึกษาแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุการผลิตแท่งเชื้อเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีน ดัง Table 1

Table 1 Life Cycle Costing of Mixed Rice Husk Glycerol

Live **Cycle Cost (10 Years)**	
Fix Cost	160,000.00
Operation Cost	4,791,377.99
Maintenance Cost	66,224.61
Electricity Cost	1,335,739.14
	6,353,301.74
Salvage Value	55,262.53
Total Cost	**6,298,039.21**
Cost per Unit (baht/kg)	**2.62**

สรุป

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนมีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m^3 และการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรีนจะอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa โดยมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.62 บาท/กิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี พ.ศ. 2553 และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี พ.ศ. 2551

เอกสารอ้างอิง

1. โครงการส่วนพระองค์ฯ สวนจิตรดา. การผลิตเชื้อ เพลิงเขียว. สืบค้นจาก www.forest.go.th/ reserch/ res/energy.htm; 2532.
2. Wiyoke K., Sangroj N., Wongchai W. and Sampattagul S. Eco&energy engineering design of green charcoal from coffee waste. Energy Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University; 2010.
3. ประลอง ดำรงไทย. การศึกษาวิจัยพลังงานเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียนในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. สืบค้นจาก www.forest.go.th/reserch/res/energy.htm; 2542.
4. Ahiduzzaman, M. Rice husk energy technologies in bangladesh. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal: Invited Overview; 2007;9(1):
5. Natarajan E. and Ganapathy Sundaram E. Pyrolysis of rice husk in a fixed bed reactor. Worid Academy of Science, Engineering and Technology; 2009;56.
6. พนัส งามกนกวรรณ. เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม; 2549. หน้า 1-8.
7. พจนีย์ วิเศษศรี และ ศิรินาฏ แสงสุริยา. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ค่าพลังงานความร้อน พลังงาน และต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเครื่องอัดเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนและอัดเย็น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโลยี สถาบันราชภัฏมหาสารคาม; 2545.