

สมบัติทางกายภาพและต้นทุนต่อหน่วยของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอริน

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

ปราณี หนูทองแก้ว¹ จอมภพ แววงศ์² พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร³ ชูลีรัตน์ คงเรือง⁴ ยุทธนา ฐิระวณิชกุล⁵
กำพล ประทีปชัยกูร⁶

Pranee Nutongkaew¹, Jompob Waewsak², Pongsak Jittabut³, Chuleerat Kongruang⁴,
Yutthana Tirawanichakul⁵, Gumpon Prateepchaikul⁶

Received: 15 October 2012 ;Accepted: 10 December 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินบริสุทธิ์ร้อยละ 47 ที่ผ่านกระบวนการอัดร้อนในอัตราส่วนผสมแกลบ 3 kg ต่อกลีเซอริน 0 100 200 300 400 และ 500 ml ตามลำดับ โดยทำการศึกษาค้นสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ค่าความร้อนสูงและค่าความต้านทานแรงกด จากผลการวิเคราะห์แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบผสมกลีเซอรินที่ 6 อัตราส่วนผสม พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีค่าความร้อนสูงอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m³ และค่าความต้านทานแรงกด 6.35-26.40 MPa โดยแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินที่อัตราส่วน 3 kg : 500 ml มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 2.62 บาท/กิโลกรัม

คำสำคัญ: แท่งเชื้อเพลิง แกลบ กลีเซอริน 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/m³ 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, ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ³นิสิตปริญญาโท, 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 โดยอาจนำมาดัดเป็นผงแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ วัสดุที่นำมาใช้มีหลากหลายชนิด เช่น ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว แกลบ ชี้อยู่ ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หนุ่ยคา ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เป็นต้น ที่ผ่านมามีการศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือทิ้งหลายชนิดด้วยกัน เช่น ผักตบชวาซึ่งให้ค่าความร้อนประมาณ 2,800-3,000 kcal/kg ชี้อยู่เหลือทิ้งจากถั่วพาะเห็ด¹ ให้ค่าความร้อนประมาณ 3,500 kcal/kg การผลิตแท่งเชื้อเพลิงเขียวจากกากกาแฟ² ซึ่งให้ค่าความร้อนโดยเฉลี่ย 5,000-5,400 kcal/kg ค่าความทนทานต่อแรงกดเฉลี่ย 0.025-0.089 MPa และได้มีผู้ศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากเปลือกทุเรียนชะนีและหมอนทอง³ โดยใช้การอัดร้อนและอัดเย็น ผลการศึกษาพบว่าค่าความร้อนที่ได้จากการอัดทั้งสองแบบมีค่า 3,610-3,840 kcal/kg

สำหรับวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการทางการเกษตรเป็นชีวมวลที่น่าสนใจในการนำมาผลิตแท่งเชื้อเพลิง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีศักยภาพทางด้านพลังงานชีวมวลสูง และแกลบเป็นหนึ่งในชีวมวลที่เป็นผลผลิตพลอยได้จากการสีข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณสูงเช่นกัน ปัจจุบันได้มีการคิดค้นนำเอาแกลบไปใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายเพื่อเพิ่มมูลค่ารวมทั้งการนำเอาแกลบไปผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็ง แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการอัดแกลบนี้สามารถนำไปเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง⁴ หรือผลิตเชื้อเพลิงก๊าซ⁵ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งมีค่าความร้อนเฉลี่ยสูงถึง 3,880 kcal/kg แต่เนื่องจากแกลบมีความหนาแน่นต่ำการใช้เป็นเชื้อเพลิงจึงอยู่ในขอบเขตจำกัด ทางหนึ่งที่จะทำให้แกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงและมีความเป็นไปได้ในทางการค้าคือการนำแกลบมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ โดยนำแกลบดิบไปผสมคลุกเคล้ากับกลีเซอรินซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล⁶ เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่แท่งเชื้อเพลิงแข็ง

หลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

กระบวนการอัดแท่งหรือทำให้เป็นก้อนเป็นเทคโนโลยีของการอัดโดยอาศัยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิงโดยการให้ความดันเพื่อกดวัตถุดิบให้แน่น วัสดุเมื่อถูกอัดทำให้มีค่าความหนาแน่นสูงขึ้น

มีปริมาณของความชื้นลดลง มีขนาดรูปร่างและคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน การอัดเป็นก้อนสามารถทำได้โดยใช้ตัวประสานหรือไม่ใช้ก็ได้ โดยมีกรรมวิธีการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งโดยการอัดแท่ง 2 รูปแบบ คือการอัดเย็นและการอัดร้อน การจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในกระบวนการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง

การอัดเย็น สามารถทำได้โดยการนำวัสดุชีวมวลต่างๆ มาเผาให้เป็นถ่านก่อน จากนั้นนำมาดัดให้ละเอียดแล้วนำมาผสมกับแป้งมันหรือตัวประสานอื่นๆ ตามสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งเป็นวิธีค่อนข้างยุ่งยาก

การอัดร้อน ทำได้โดยการนำวัสดุต่างๆ ที่ต้องการนำมาอัดแท่ง เช่น วัสดุเหลือทิ้งจากเกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร มาอัดเป็นแท่งโดยเครื่องอัดแท่ง วิธีการนี้ไม่ต้องใช้ตัวประสานแต่จะใช้ความร้อนจากเครื่องอัดแท่งทำให้สารที่เป็นสารเหนียวในวัสดุทำหน้าที่เป็นตัวประสานทำให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็งขึ้นมา แท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ได้นี้จะมีความหนาแน่นค่อนข้างสูงและมีลักษณะเหมือนแท่งฟืน หากต้องการทำเป็นถ่านอัดแท่งสามารถทำได้โดยการนำไปเผาในตูเผาถ่านโดยตรง

แกลบเป็นวัสดุชีวมวลที่สามารถใช้ได้ทั้งวิธีการอัดร้อนและอัดเย็น แต่ส่วนมากนิยมใช้วิธีการอัดร้อนเนื่องจากรวดเร็วและให้ค่าความร้อนสูงกว่าวิธีการอัดเย็น⁷

การวิเคราะห์สมบัติของแท่งเชื้อเพลิง

การประเมินคุณภาพและวิเคราะห์สมบัติของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบผสมกลีเซอรินจะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลัก 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) เป็นปริมาณบ่งชี้ถึงความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงแข็งซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่น

วิธีดำเนินการวิจัย

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

โดยแสดงขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินดัง Figure 1

ส่วนผสม: แกลบ (kg) + กลีเซอริน(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

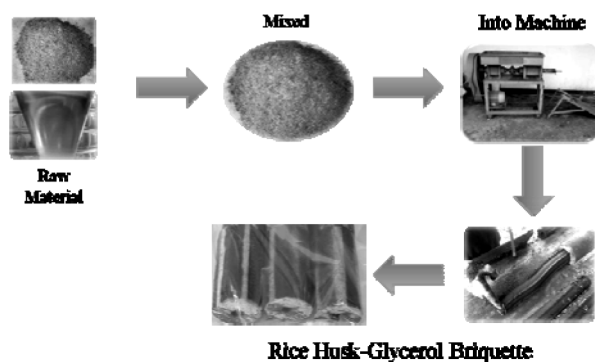


Figure 1 Briquette production process

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

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

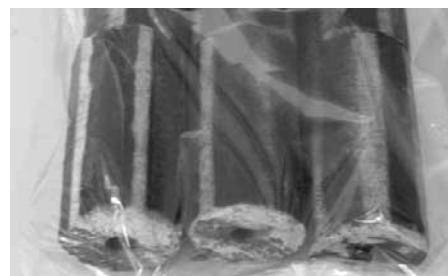


Figure 2 Rice Husk-Glycerol Briquette

ผลการศึกษา

สมบัติแท่งเชื้อเพลิง

ผลการวิเคราะห์สมบัติแท่งเชื้อเพลิงผสมกลีเซอรินในอัตราส่วนต่างๆ ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินพบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g แสดงดัง Figure 3 โดยแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินในอัตราส่วน 3:500 ให้ค่าความร้อนสูงสุด

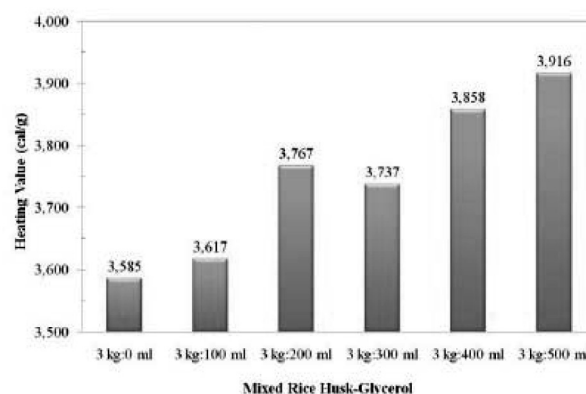


Figure 3 Heating Value of Mixed Rice Husk- Glycerol

ผลการนำแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินในอัตราส่วนต่างๆ ไปทำการวิเคราะห์คุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 ผลจากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินที่อัตราส่วนแกลบผสมกลีเซอรินที่อัตราส่วนผสม 3:200 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดประมาณ 1,167.17 kg/m³ และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินมีค่าอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m³ แสดงดัง Figure 4

ส่วนการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินที่อัตราส่วนแกลบต่อ กลีเซอริน 3:0 จะให้ค่าความต้านแรงกดสูงสุดประมาณ 26.4 MPa และค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินจะอยู่ในช่วง 6.35-26.4 MPa แสดงดัง Figure 5

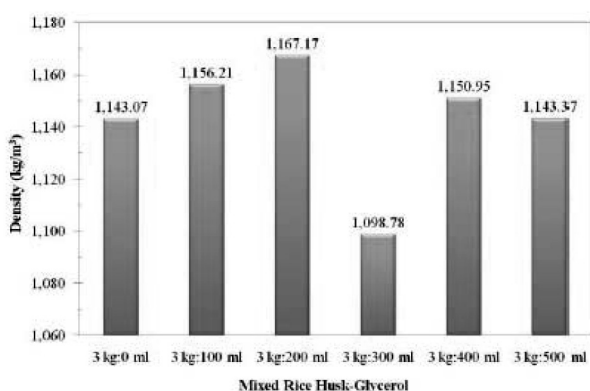


Figure 4 Density of Mixed Rice Husk-Glycerol

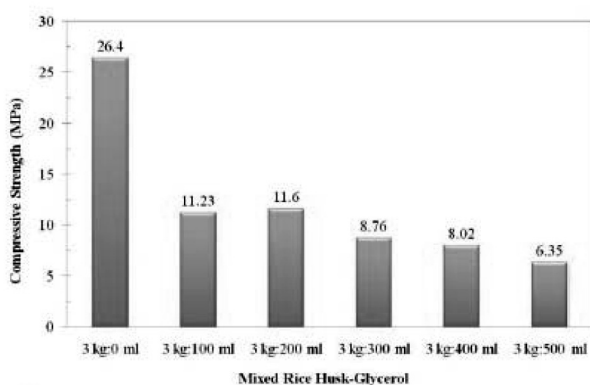


Figure 5 Compression strength of Mixed Rice Husk-Glycerol

ต้นทุนการผลิต

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

ผลการศึกษาแสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอริน 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

จากการศึกษาผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนในแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินมีค่าอยู่ในช่วง 3,585-3,916 cal/g ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินอยู่ในช่วง 1,098.78-1,167.17 kg/m³ และการวิเคราะห์ค่าความต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงแกลบผสมกลีเซอรินจะอยู่ในช่วง 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. การผลิตเชื้อเพลิงชีว. สืบค้นจาก www.forest.go.th/research/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/research/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. World Academy of Science, Engineering and Technology; 2009;56.
6. พันธุ์ งามกนกวรรณ. เทคโนโลยีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม; 2549. หน้า 1-8.
7. พงษ์วิทย์ วิเศษศรี และ ศิรินาฏ แสงสุริยา. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ค่าพลังงานความร้อน พลังงานและต้นทุนที่ใช้ในกระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากเครื่องอัดเชื้อเพลิงแบบอัดร้อนและอัดเย็น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันราชภัฏมหาสารคาม; 2545.