TJ807.9.T5
N41Y
ร49

354183

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว

(Production of fuel briquettes from rice husk and straw)

ร49 2549

โดย

นางศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2549

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบและฟางข้าว แทนการใช้ไม้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม แกลบและฟางข้าวจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส และ 400 องศาเซลเซียส ซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 120 ถึง 180 ไมโครเมตร ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิดได้แก่ โมลาส และน้ำแป้ง ในสัดส่วน 1:1 1:0.5 และ 1:0.3 แล้วอัดแท่งด้วยวิธีอัดแบบอัดเย็น สมบัติทางกายภาพที่ทดสอบได้แก่ค่าพลังงานความร้อน ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าต้านทานแรงกด ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยจากการทดลองพบว่าจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแข็งที่มีความแข็งแรงและมีค่าความร้อนสูงสุดได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน โดยสามารถให้ค่าต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.29 กิโลปาสคาล และความร้อนสูงสุดประมาณ 21.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง/ ฟางข้าว/ แกลบ/ โมลาส

Production of fuel briquettes from rice husk and straw

ABSTRACT

The aim of this study is to prepare a solid fuel from Rice Husk and Straw, instead of the wood of forest, which is less available and its exploitation is negative for the environment. The Rice Husk and Straw was partially pyrolyzed at temperature about 300°C and 400°C with grain side about 120-180 μm. Paste was used as binder with varied ratios of 1:1 , 1:0.5 and 1:0.3. Two types of binder are used in this study namely: molasses and cassava starch by cold press method. The physical properties of extruded fuel were investigation such as heating value, density, moisture, compressive strength, ash value, volatile matter and fixed carbon. From our studies, it was shown that the briquette compressed rice husk and molass which the ratio of 1:0.3 give the maximum heating value and compressive strength with 25.15 MJ/kg and 1.29 kPa respectively.

Key word: Solid fuel/ Rice husk/ Straw/ Molass

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต เครื่องอัดไฮโดรลิก และเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็น และคำแนะนำต่างๆในการทำวิจัย

ขอขอบคุณนางสาวชุติมา รุ่งกาญจนาพร และนางสาวสุนันทา นิธากรณ์ นิสิตชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยเก็บข้อมูล

ขอขอบพระคุณ โรงสีข้าวสินอุดม จังหวัดนครนายก และ บริษัท N.E. INDUSTRY จังหวัดนครราชสรีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปี 2549

ศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.1.1 ฟางข้าว	3
2.1.2 แกลบ	4
2.1.3 เชื้อเพลิง	5
2.1.4 กากน้ำตาล	7
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
3.1 อุปกรณ์	12
3.2 สารเคมี	12
3.3 วิธีการทดลอง	12
3.4 วิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.3.1 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง	13
3.3.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น	13
3.3.3 การหาปริมาณเถ้า	14
3.3.4 การหาค่าสารระเหย	14
3.3.5 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว	14
3.3.6 การหาค่าต้านทานแรงกด	14
3.3.7 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง	14
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	17
4.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง	17
4.1.1 ความหนาแน่น	18
4.1.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้น	20
4.1.3 ปริมาณเถ้า	21
4.1.4 ปริมาณสารระเหย	22
4.1.5 แรงกด	23
4.1.6 ปริมาณความร้อน	24
4.2.7 ปริมาณคาร์บอนคงตัว	24
4.2.8 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	28
5.1 สรุปผลการทดลอง	28
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32
ประวัติผู้วิจัย	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	องค์ประกอบของแกลบ	4
2.2	ส่วนประกอบของกากน้ำตาล	8
4.1	อัตราส่วนการผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง	17
5.1	คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง	28

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
4.1	ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้	18
4.2	ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	19
4.3	ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	19
4.4	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	20
4.5	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	20
4.6	ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	21
4.7	ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	21
4.8	ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	22
4.9	ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	22
4.10	ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	23
4.11	ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	23
4.12	ค่าปริมาณความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	24
4.13	ค่าปริมาณความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	24
4.14	ปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน	25
4.15	ปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน	25
4.16	การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกะลามะพร้าว	26
4.17	การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ	26
4.18	การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าว	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
ภาคผนวก		
ก1	เตาเผา	32
ก2	เครื่องเขย่าไฟฟ้าและตะแกรงร่อนแยกขนาด	32
ก3	เตาอบ	33
ก4	เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์	33
ก5	เครื่องวัดแรงกด	34
ก6	ครูซิเบิลแบบมีฝาปิด	34
ก7	เครื่องอัด	35
ก8	แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง	35
ข1	แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 300 เซลเซียส ต่อแป้งเปียกที่อัตราส่วนต่างๆ	36
ข2	แแท่งเชื้อเพลิงจากกลบเผาที่อุณหภูมิ 300 เซลเซียส ต่อโมลาส ที่อัตราส่วนต่างๆ	36
ข3	แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 400 เซลเซียส ต่อแป้งเปียกที่อัตราส่วนต่างๆ	37
ข4	แท่งเชื้อเพลิงจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 400 เซลเซียส ต่อโมลาส ที่อัตราส่วนต่างๆ	37
ข5	แท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 300 เซลเซียส ต่อแป้งเปียกที่อัตราส่วนต่างๆ	38
ข6	แท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 300 เซลเซียส ต่อโมลาส ที่อัตราส่วนต่างๆ	38
ข7	แท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 400 เซลเซียส ต่อแป้งเปียกที่อัตราส่วนต่างๆ	39
ข8	แท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 400 เซลเซียส ต่อโมลาสที่อัตราส่วนต่างๆ	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันมีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีการนำทรัพยากรที่เหลือใช้กลับมาแปรสภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประกอบกับประเทศไทยเข้าสู่ช่วงวิกฤตของพลังงานได้หันกลับมามองถึงผลประโยชน์จากแกลบ หรือเปลือกข้าวมากขึ้น โดยนำแกลบมาแปรสภาพโดยเข้ากระบวนการอัดแท่งเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแข็งใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และในปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของร้านอาหารประเภทย่างและปิ้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมากมาย และมีการเล็งเห็นถึงอันตรายจากการใช้แก๊สในการย่างหรือปิ้งอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้ถ่านในการประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้น ความต้องการในการใช้ถ่านก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นการใช้เป็นเชื้อเพลิงตามร้านอาหารต่างๆหรือใช้ภายในบ้านพักอาศัย หรือโรงงานต่างๆเป็นต้น

แท่งเชื้อเพลิงแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปได้อย่างสมบูรณ์ และเป็นการตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้อย่างคุ้มค่า ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจและตื่นตัวพยายามหาพลังงานทดแทนมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานที่หมุนเวียนได้ และสามารถหาได้ในท้องถิ่น เนื่องจากวัตถุดิบที่นำมาผลิตคือ ฟางข้าวและแกลบ เนื่องจากประเทศไทยมีการพัฒนาและเร่งรัดให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้มีการใช้ทรัพยากรกันอย่างสิ้นเปลืองและไม่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศเสื่อมโทรมตามลำดับ และจากสภาพความเป็นจริงเกี่ยวกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของประชาชนโดยเฉพาะในชนบทยังนิยมใช้ฟืนและถ่านในการในการหุงต้ม ซึ่งกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้รายงายว่า ปี 2539 ประเทศไทยใช้ฟืนและถ่านคิดเป็น 16.7 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานอื่นๆ ประกอบกับพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับฟืนและถ่านได้ลดลงเหลือเพียง 25.26 % ในปี 2539 ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานทดแทนอื่นๆมาใช้ให้เป็นประโยชน์จึงเป็นสิ่งจำเป็นและเร่งด่วน และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นจึงมีวัสดุชีวมวลที่เป็นของเสีย(Waste) หรือ ของเหลือใช้ (Residues)จำนวนมากจากภาคการเกษตร เช่น แกลบ ฟางข้าว ซังข้าวโพด หรือ ชานอ้อย ที่เหลือใช้จากการสีข้าว การ

เก็บเกี่ยวข้าว การเกษตรกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในแง่ของพลังงานทดแทนฟืนและถ่าน โดยเฉพาะสำหรับประชาชนในชนบทก็จะทำให้ได้มีพลังงานเชื้อเพลิงใช้ได้ในราคาถูกและเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยรักษาและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของชาติที่เหลือน้อยลงทุกวัน งานวิจัยนี้มุ่งเน้นทำการศึกษาถึงผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว โดยทำการศึกษาในแง่ของปริมาณความร้อน การขึ้นรูปที่เหมาะกับการใช้งาน ความทนทานในการกระแทกและการเก็บรักษา โดยในการขึ้นรูปอาจจำเป็นต้องเติมตัวประสานเพื่อมีการขึ้นรูปได้และทนทาน การทดสอบคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐานASTM เช่น ปริมาณ ความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถันรวม และค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้พลังงานความร้อน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวและแกลบ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการนำฟางข้าวและแกลบไปใช้เป็นพลังงานทดแทน

1.3 ขอบเขตโครงงานวิศวกรรม

ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวและแกลบได้แก่ ค่าพลังงานความร้อน ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณเถ้า ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง และหาตัวประสานที่เหมาะสม

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวและแกลบ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานำฟางข้าวและแกลบมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนจากถ่านไม้และฟืน
3. เป็นการส่งเสริมการใช้วัตถุดิบที่เหลือใช้มาเพิ่มมูลค่าและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
3. สามารถแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม อันเกิดจากการใช้ทรัพยากรป่าไม้
4. เป็นการสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสามารถพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ฟางข้าว [1]

ฟางข้าว หมายถึง ส่วนที่เกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการใช้เคียวตัดส่วนที่เป็นลำต้นเหนือพื้นดินขึ้นมาประมาณ 1 ฟุต ซึ่งประกอบด้วย ลำต้นส่วนที่เหลือเหนือขึ้นมา ใบ รวงข้าว และเมล็ดข้าวแล้วนำมามัดรวมกัน ก่อนนำไปทำการนวดข้าว เพื่อแยกส่วนที่เป็นเมล็ดข้าวออกไป ส่วนที่เหลือเรียกว่า "ฟางข้าว"

ฟางข้าวเป็นส่วนที่เหลือจากการเพาะปลูกข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย ประเทศไทยมีฟางข้าวเหลือปีละมากกว่า 60 ล้านตันต่อปี จากข้อมูลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟางข้าวหนัก1ตันพบว่ามีธาตุไนโตรเจน 5.7 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1.5 กิโลกรัมและโพแทสเซียม 18.3 กิโลกรัม ฟางข้าวจึงเป็นเศษวัสดุที่จะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินนาได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นฟางข้าวที่ปกคลุมผืนนาจะช่วยรักษาความชื้นในดินและป้องกันการงอกและการเจริญเติบโตของวัชพืชบางชนิดด้วยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่อยู่ ใกล้แหล่งน้ำหรืออยู่ในเขตชลประทานพยายามปลูกข้าวให้ได้2ถึง3ครั้งในรอบหนึ่งปีทั้งนี้ก็เพื่อช่วยให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้นการปฏิบัติของเกษตรกรภาย หลังการเก็บเกี่ยวข้าวนั้น เกษตรกรในบางพื้นที่จะเผาฟางข้าวทันทีเพื่อให้ฟางข้าวเหลือน้อยลงไม่เป็นอุปสรรคต่อการเตรียมดินด้วยรถไถเดินตามหลัง จากนั้นปล่อยน้ำเข้าแปลงนาแล้วจึงไถดะและตามด้วยคราดแต่ในบางท้องที่จะใช้รถไถเดินตามพ่วงอีพลุกหรือลูกทุบ2 ถึง 3 รอบให้ตอซังฟางข้าวและวัชพืช คลุกเคล้ากับดินและน้ำและระบายน้ำจากแปลงนาก่อนจึงหว่านข้าวงอก การจุดไฟเผาฟางข้าวของเกษตรกรดังกล่าวทำให้ดินนาเกิดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุและก่อให้เกิดมลภาวะ เนื่องจากควันไฟเพื่อเป็นการหาแนวทางในขั้นตอนการปฏิบัติในการเตรียมดินปลูกข้าวโดยไม่ต้องมีการเผาฟางข้าวภายหลังการ เก็บเกี่ยวข้าวแต่จะใช้ฟางข้าวเหล่านี้กลับคืนสู่แปลงนาเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินนา และขณะเดียวกันยังใช้ฟางข้าวเป็นประโยชน์ในการควบคุมวัชพืชได้อีกด้วย

2.1.2 แกลบ (Rice husk) [2]

แกลบ คือ เปลือกข้าวที่ได้จากกระบวนการสีข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร (Rice Oryza Sativa) สำหรับการบริโภคของมนุษย์ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่ง ในการสีข้าวจะได้ปริมาณของแกลบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณข้าวเปลือก โดยในข้าวเปลือกมีแกลบประมาณร้อยละ 25.92 ถึง 26.28 โดยน้ำหนัก ซึ่งแกลบส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยโรงสีข้าวและโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท แต่ต่อมาได้มีการหันมาใช้กระแสไฟฟ้าแทน ทำให้เหลือแกลบเหลือใช้เป็นปริมาณมากที่ถูกทิ้งไว้โดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์และมีปัญหาในการกำจัด ทั้งนี้เพราะโดยธรรมชาติของแกลบแล้วเป็นสารที่มีองค์ประกอบของเถ้าสูง เมื่อเผาแล้วต้องการเนื้อที่มากในการกำจัดและการจัดเก็บ นอกจากนี้เถ้าแกลบยังถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติได้ยาก ซึ่งเป็นการสูญเสียที่ดินอันมีค่าไปอย่างเปล่าประโยชน์ องค์ประกอบของแกลบแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแกลบ [2]

สมบัติ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
ความชื้น	8.1-11.5
เถ้า	16.4-18.3
สารระเหย	61.1-64.4
กำมะถัน	0.1-0.2
เซลลูโลส	42.1-46.6
ลิกนิน	22.1-22.8
เพนโทแซน	13.9-18.3
แป้ง	7.6-7.9
เส้นใย	39.1-41.1
โปรตีน	1.8-1.9
ไขมัน	0.28-0.31

- **ประโยชน์ของแกลบ**

ปัจจุบันแกลบส่วนใหญ่จะนำมาใช้ประโยชน์โดยตรง เช่นใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยจะให้พลังงานความร้อนประมาณ 3,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับถ่านไม้ (4,500 ถึง 5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม) จึงใช้แกลบแทนถ่านไม้ได้ ใช้ผสมกับดินเหนียวทำอิฐ ซึ่งจะได้อิฐที่ได้แข็งและสามารถตัดเจาะรูหรือตอกตะปูได้ ใช้ผสมกับดินทำให้ดินร่วนซุยไม่แน่นทึบและช่วยให้ดินอุ้มน้ำดีขึ้น ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น ไก่หรือสุกร โดยใช้แกลบลองพื้น ทำให้พื้นไม่แฉะและไม่มีกลิ่นเหม็น ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ วัว ควาย เพื่อลดต้นทุน เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช โดยใช้ผสมกับปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต ช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยอย่างเดียวร้อยละ 5 ถึง 24 ใช้เป็นฉนวนความร้อน เช่น คลุมน้ำแข็งไม่ให้ละลายง่าย แกลบที่ใช้งานแล้วสามารถนำไปใช้คลุมโคนต้นไม้ เพื่อช่วยให้ความชุ่มชื้น และช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำจากดินได้ ใช้เป็นสารตัวเติมและเป็นสารเติมแต่ง ใช้ทำกระดาษ แต่ไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากเส้นใยมีขนาดสั้นเกินไปทำให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพไม่ดี ใช้เป็นตัวพาและสารดูดซับสำหรับวิตามิน ยาฆ่าแมลง ยาปฏิชีวนะ และแร่ธาตุได้ และเป็นแหล่งของซิลิกา ซึ่งในแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นซิลิกาที่มีสารปนเปื้อนต่ำ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี

2.1.3 เชื้อเพลิง [3]

เชื้อเพลิง คือ สารใด ๆ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงคือ คาร์บอน(C) และไฮโดรเจน (H) เมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ ธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน แล้วเกิดพลังงานความร้อน น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือในบางครั้งอาจจะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือ เขม่า

- **เชื้อเพลิง แบ่งตามสถานะได้เป็น 3 ประเภท คือ**

- **เชื้อเพลิงก๊าซ** เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้องเชื้อเพลิงประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซหุงต้ม ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

- **เชื้อเพลิงเหลว** เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันปิโตรเลียม แอลกอฮอล์ น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ เป็นต้น

- **เชื้อเพลิงแข็ง** เป็นเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น ถ่านหิน ฟืนถ่านไม้ แกลบ ขี้เลื่อย ชานอ้อย ฟางอ้อย เศษวัสดุต่าง ๆ เป็นต้น

- **เชื้อเพลิง แบ่งตามแหล่งกำเนิด ได้เป็น 2 ประเภท คือ**

- เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ หมายถึง เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากพืช สัตว์ หรือจากการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ เป็นเวลานานนับล้าน ๆ ปี (fossil fuel) เชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่ต้องแปรรูปก็ได้ เช่น ฟืน ถ่าน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หินน้ำมัน ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น

- เชื้อเพลิงแปรรูป หมายถึง เชื้อเพลิงที่ต้องผ่านกระบวนการในการผลิตก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาแปรสภาพโดยเข้ากระบวนการอัดแท่งเพื่อเป็นถ่านอัดแท่งใช้ประโยชน์ต่างๆ

- **ลักษณะของถ่านอัดแท่งสำเร็จรูปมีคุณสมบัติพิเศษคือ**

ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่แตกประทุ ขี้เถ้าน้อยไม่ฟุ้งกระจาย ไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอและทนทานใช้งานได้มากกว่า ถ่านไม้ธรรมดาอย่างน้อย2.5เท่า โดยผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งมีการผลิตเพื่อจำหน่ายในขนาด มาตรฐาน 2 ขนาดดังนี้

- ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอก มีรูกลวง ขนาด 4 X 4.5 เซนติเมตร
- ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอก มีรูกลวง ขนาด 20 X 4.5 เซนติเมตร

ราคาจำหน่ายสินค้าถ่านอัดแท่งอยู่ที่ กิโลกรัมละ 12 ถึง 15 บาท โดยบรรจุใส่กระสอบพลาสติกน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ตลาดถ่านอัดแท่งภายในประเทศไทยมีความต้องการเพื่อใช้เป็นเชื้อฟืนในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งภัตตาคารใหญ่ ประกอบกับปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของร้านอาหารประเภทย่างและปิ้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมากมาย และมีการเล็งเห็นถึงอันตรายจากการใช้แก๊สในการย่างหรือปิ้งอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้ถ่านในการประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้น ความต้องการในการใช้ถ่านก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

- **ประโยชน์ของถ่านอัดแท่ง**

- การดูดซับกลิ่น รูพรุนและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านจะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี

- ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านจะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านป่นลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็วช่วยลดการใช้ปุ๋ยเพราะสมบัติต่าง ๆ ของจุลธาตุที่มีอยู่หลายชนิดในแท่งถ่านจะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

- **ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น** ผักและผลไม้จะมีกลไกผลิตก๊าซเอธิลีน เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นโดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม

- **ใช้ผสมอาหารสัตว์** นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืดเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

- **ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ** นำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้องกับประมาณแหล่งน้ำ) ไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูพรุนของถ่านจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้

2.1.3 กากน้ำตาล (Molasses) [4]

เป็นของเหลวสีดำที่เหนียวข้น ซึ่งไม่สามารถจะตกผลึกน้ำตาลได้อีกด้วยเครื่องจักรของโรงงานน้ำตาลธรรมดา กากน้ำตาลเป็นเนื้อของสิ่งที่มิใช่น้ำตาลที่ละลายปนอยู่ในน้ำอ้อย ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ท (Invert sugar) และสารเคมีเช่น ปูนขาว ซึ่งใช้ในการตกตะกอนให้น้ำอ้อยใส ส่วนประกอบของกากน้ำตาลจะปรวนแปรไม่แน่นอน แล้วแต่ว่าได้มาจากอ้อยพันธุ์ไหนและผ่านกรรมวิธีอย่างไร แต่มักจะหนีไม่พ้นน้ำตาลซูโครส น้ำตาลอินเวอร์ทกับน้ำ

ปัจจุบันนี้ โรงงานน้ำตาลทันสมัยมีความสามารถในการสกัดน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลได้มากที่สุด แต่ก็ไม่หมดเสียทีเดียว เพราะถ้าสกัดให้ออกหมดจริงจะสิ้นค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงมีน้ำตาลซูโครสบางส่วนที่สูญเสียไปกับกากน้ำตาล ซึ่งมักจะสูญเสียไปมากที่สุดกว่าที่สูญเสียไปทางอื่น โดยทั่วๆ ไปจะมีซูโครสปนอยู่ในกากน้ำตาลเฉลี่ย 7.5 เปอร์เซ็นต์ สิ่งสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของกากน้ำตาลก็ คือ น้ำตาลที่ใช้หมักเชื้อได้ทั้งหมด ซึ่งมีอยู่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กากน้ำตาลจากบางโรงงานมีส่วนประกอบนี้ ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง 2 ใน 3 เป็นน้ำตาลชนิดอินเวอร์ท

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของกากน้ำตาล **[4]**

ส่วนประกอบของกากน้ำตาล	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
น้ำ	20.65
ซูโครส	36.60
รีดิวซิงชูการ์	13.00
น้ำตาลที่ใช้หมักเชื้อได้ทั้งหมด	50.50
เถ้าของซัลเฟต	15.10
ยางและแป้ง (gum &starch)	3.01
แป้ง	0.42
ขี้ผึ้ง	0.38
ไนโตรเจนทั้งหมด	0.95
ซิลิกาในรูป SO_2	0.46
ฟอสเฟตในรูป P_2O_5	0.12
โพแทสในรูป K_2O	4.19
แคลเซียมในรูป CaO	1.35
แมกนีเซียมในรูป MgO	1.12

- **ประโยชน์ของกากน้ำตาล**

- ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล้าและแอลกอฮอล์ ผลผลิตที่ได้จากการหมักกากน้ำตาลได้แก่เอทิลแอลกอฮอล์ บิวธิลแอลกอฮอล์ อาซีโตน กรดซิตริก กลีเซอรอล และยีสต์

- ทำอาหารสัตว์ ใช้กากน้ำตาลผสมลงในอาหารสัตว์เพราะช่วยทำให้รสชาติดีขึ้น

- ใช้ทำปุ๋ยหรือปรับคุณภาพดิน กากน้ำตาลมีส่วนประกอบของโพแทสเซียม อินทรียวัตถุ และธาตุรองอื่น ๆ อีกมาก นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับปรับสภาพดินทราย หรือดินเลวที่ไม่มีการเกาะตัว เนื่องจากขาดอินทรียวัตถุอีก

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศกนก และวิทวัส [5] นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อนำมาทำถ่านชีวภาพ วัสดุที่นำมาใช้คือ ชานอ้อย ลำต้นมันสำปะหลัง และกาบมะพร้าว โดยใช้มูลสัตว์เป็นตัวประสาน อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน 4:1:1 และอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน 3ต่อ1ต่อ1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต เมื่อพิจารณาผลการทดลองจากค่าความร้อนการต้มน้ำ ปริมาณควัน และลักษณะของถ่าน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคือ อัตราส่วน 2:1:1 ทั้งชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง และชานอ้อยผสมกาบมะพร้าว

จินดาพรและคณะ [6] ทำการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลผสม 2 คู่คือ แกลบ-ผักตบชวา และ ชานอ้อย-ฟางข้าว โดยนำชีวมวลทั้ง 4 ชนิดไปตากแดด แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นชีวมวลแต่ละคู่ไปผสมกันที่อัตราส่วน 20:80 40:60 60:40 และ 80: 20 (โดยมวล) โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้ากระบวนการอัดแท่ง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 เซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมรรถนะในการเผาไหม้ จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้อยู่ในช่วง 185 ถึง 223 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดสอบการเผาไหม้ พบว่า ชีวมวลผสมระหว่าง แกลบและผักตบชวา ที่อัตราส่วนผสม 60 : 40 ให้อุณหภูมิก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงที่สุด สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วง 1 ต่อ 15 หนึ่งส่วนในส่วนล้าน

ฐานิตย์และคณะ [7] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผงถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในสัดส่วน 8:100 10:100 และ 12:100 โดยศึกษาถึงการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมแป้งเปียกทำให้ความหนาแน่น การต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงและพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าความร้อนและอัตราการผลิตจะลดลงตามปริมาณสัดส่วนของแป้งเปียก โดยจากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 6 ถึง 7.7 กิโลกรัมต่อนาที และการต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.35 เมกะปาสคาล ซึ่งมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ ส่วนพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดมีค่าน้อยมากในทุกสัดส่วน

ทิพาวรรณและอัญชริการ์ [8] ศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยการนำเปลือกทุเรียนมาผสมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกทุเรียนกับกากตะกอนตั้งแต่ 4:1 ถึง 7:1 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น จะอัดขึ้นรูปได้ยากขึ้น ความหนาแน่น และดัชนีการแตกร่วนจะลดลง

พัชฎาภรณ์ และอรชุมา [9] ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ โดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวเชื่อมประสานพร้อมทั้งศึกษาหาค่าความร้อน อัตราการให้ค่าความร้อน และก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนฟางข้าวต่อผักตบชวา และแกลบต่อผักตบชวา ในอัตราส่วน 1: 3 โดยน้ำหนักทำให้แท่งเชื้อเพลิงอยู่ตัวไม่แตกเปราะสามารถยึดเกาะได้ดีและให้ค่าความร้อน 3,956 กิโลเคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และ 2,358 กิโลเคลลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สดับพรและคณะ [10] ผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากต้นโสนซึ่งเป็นวัชพืช แทนการใช้ไม้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม ต้นโสนจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียสตัวประสานที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิดได้แก่ โมลาส มันสำปะหลังดิบ และแป้งมันสำปะหลังหยาบ ส่วนผสมระหว่างผงถ่านไม้โสนกับตัวประสานจะถูกอัดให้เป็นแท่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 40 และ 45 มิลิเมตร โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกูร สมบัติทางกลที่ทดสอบได้แก่ความหนาแน่น ความต้านแรงกด และดัชนีค่าต้านการตกกระแทก จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแท่งที่มีความแข็งแรงและมีค่าความร้อนสูงสุดได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้มันสำปะหลังดิบเป็นตัวประสาน

สุวิทย์และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากทลายปาล์มซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ แล้วอัดแท่งโดยวิธีอัดแบบอัดเย็น ที่ระดับความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ ด้วยแรงอัด 10 เมกะปาสคาล นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้นี้มาศึกษาสมบัติทางกายภาพ และค่าศักยภาพทางพลังงานความร้อนจากวัสดุปาล์มในภาคใต้ ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิงทั้ง 8 สูตรผสม มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 267.13±17.9 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ถึง 546.9±31.2 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความร้อนอยู่ระหว่าง 8.54± 0.36 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ถึง 11.81± 0.42 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง14.0 ±1.1 เปอร์เซ็นต์ ถึง 60.1± 5.5เปอร์เซ็นต์ โดยแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ด้วยสูตรผสมเส้นใย ทะลายปาล์ม แกลบ และเปียกแป้งเป็นตัวประสาน ด้วยอัตราส่วน 3:2:3:2 ตามลำดับ สามารถให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด และเมื่อนำทลายและเส้นใยปาล์มในภาคใต้ที่มีอยู่ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปี จะได้ค่าศักยภาพพลังงานความร้อนประมาณ 411.8 เมกะวัตต์

Sathitruangsak, P. et al [14] ได้ศึกษาการออกแบบสกรูอัดรีดสำหรับผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในกระบนการอัดรีดเย็นและศึกษาผลของสัดส่วนโมลาส ซึ่งใช้เป็นตัวประสานและขนาดของมุมรีดอัดต่ออัตรการผลิตและสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงที่อัดได้ โดยวัตถุดิบที่ใช้ศึกษาคือผงถ่านกะลามะพร้าวผสมกับผงถ่านใยกะลามะพร้าวในสัดส่วน 40:60 โดยทำการปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมของโมลาสต่อมวลวัตถุดิบเป็น 10:100 15:100 และ 20:100 และมุมอัดรีดของแม่พิมพ์เป็น 1.0 1.1 1.2 และ 1.3องศาตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสกรูที่ออกแบบไว้ใช้งานได้ดีมีอัตราส่วนการผลิตอยู่ในช่วง 0.75 – 0.90 กก./นาที ซึ่งใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ สำหรับผลของโมลาสพบว่ามวลของโมลาสที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลดีต่ออัตราการผลิตและความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิง ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของมุมอัดรีดจะทำให้ทั้งการผลิตและความแข็งแรงลดลง ในทุกๆ เงื่อนไขการทดลองค่าต้านทานแรงกดมีค่าระหว่าง 2.49-2.78 MPa ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในทางอุตสาหกรรม นอกจากนี้เชื้อเพลิงแท่งที่อัดได้ยังมีความสามารถต้านทานแรงกระแทกได้อย่างดีเยี่ยม สำหรับพลังงานที่ใช้ในการอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงพบว่ามีค่าน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.040-0.079 กิโลวัตต์-ชม./กก.

Z. Husian et al.[16] ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงแข็งจากเศษเส้นใยปาล์มและกะลาปาล์มที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม โดยใช้กากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 50 และ 60 มิลลิเมตรมาอัดโดยใช้hydraulic press ที่มีความดัน 5-13.5 MPa แล้วทำการศึกษาความหนาแน่นการทนต่อแรงกดและแรงกระแทก และการเก็บไว้ใช้งาน สมบัติทางความร้อน ลักษณะการเผาไหม้ เถ้า ความชื้น พบว่าเชื้อเพลิงแข็งที่ได้มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 1100-1200 กิโลกรัม/ลบม. มีค่าทนทานทางกลดี และทนต่อความชื้น ค่าความร้อน(Gross calorific value) ประมาณ 16.4 MJ/kg และเถ้าประมาณ 6% ความชื้นประมาณ 12 %

S. Yaman et al. [17,18] ได้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุชีวมวลผสมกับลิกไนต์ โดยชีวมวลที่ใช้ได้แก่ กากน้ำตาล (molasses) pine cone, olive refuse, sawdust, paper mill waste และcotton refuse โดยทำการอัดของผสมให้เป็นแผ่นใช้ความดัน 50-250 MPa และอัตราส่วนของวัสดุชีวมวลต่อลิกไนต์มีค่าเป็น 0-30% โดยน้ำหนัก ค่าความแข็งเชิงกล(mechanical strength)ของแผ่นเชื้อเพลิงพิจารณาจากค่า shatter index และcompressive strength จากการศึกษาพบว่าค่าความแข็งเชิงกลของเชื้อเพลิงแข็งที่ผสมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติม สารชีวมวลบางชนิด โดยการเติมการ paper mill waste จะทำให้ค่า shatter index เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน sawdust และ paper mill waste จะเพิ่มค่า compressive strength ส่วนการเติม olive refuse pine cone, paper mill waste และ cotton refuseจะทนต่อน้ำต่อน้ำได้ดีขึ้น

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น Autobomb-Automatic Adiabatic Bomb Calorimeter บริษัท Sanyo Gallenkamp ประเทศอังกฤษ

3.1.2 เครื่องอัดรุ่น Model HP-30 บริษัท TMC ประเทศไทย

3.1.3 เครื่องวัดแรงกดรุ่น Serial No. E160*5*01 บริษัท Matest Srl Brembate Sopr ประเทศอิตาลี

3.1.4 เครื่องคัดขนาดรุ่น AS200 control 'g' บริษัท Retch ประเทศเยอรมันนี

3.1.5 เตาอบรุ่น Lenton Thermal Designs บริษัท Lenton ประเทศอังกฤษ

3.1.6 เตาเผารุ่น Isotemp Muffle Furnace บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.7 แม่พิมพ์

3.1.8 ครูซิเบิล

3.1.9 กระบอกตวง

3.2 สารเคมีและวัตถุดิบ

3.2.1 โทลูอีน (C_7H_8) บริษัท J.K. BAKER ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2 ฟางข้าวและแกลบ ตลาดกลางค้าข้าว จังหวัด นครนายก

3.2.3 แป้งมัน บริษัท N.E. INDUSTRY จังหวัด นครราชสีมา

3.2.4 โมลาส บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด จังหวัด สุพรรณบุรี

3.3 วิธีการทดลอง [7, 12, 13]

3.3.1 นำแกลบไปเผาด้วยความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 300 400 เซลเซียส จากนั้นนำแกลบที่ได้ไปผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้ได้ขนาดระหว่าง 120 ถึง 180 ไมโครเมตร

3.3.2 นำน้ำแป้งที่เตรียมไว้มาผสมคลุกเคล้ากับแกลบที่ผ่านการเผาให้เข้ากันตามอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวเชื่อมประสาน 1: 1 1: 0.5 และ 1: 0.3 โดยน้ำหนัก

3.3.3 จากนั้นนำเข้าเครื่องอัดแท่ง อัดให้ได้แท่งเชื้อเพลิงมีขนาดความสูง 6 เซ็นติเมตร

3.3.4 นำแกลบที่ทำการอัดแท่งแล้วมาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 105 เซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.3.5 ทำเช่นเดียวกับข้อที่ 3.3.1 ถึง 3.3.4 แต่ทำการผสมมีคู่ผสมระหว่างวัตถุดิบต่อตัวประสานดังนี้ แกลบต่อโมลาส ฟางข้าวต่อน้ำแป้ง ฟางข้าวต่อโมลาส (ทำการเผาแกลบและฟางข้าวที่อุณหภูมิ 300 400 เซลเซียส) ผสมตามอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวประสาน 1: 1 1: 0.5 และ 1: 0.3

3.3.6 หาตัวประสานที่เหมาะสมและทำการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง

3.3.7 หาค่าพลังงานความร้อน ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณคาร์บอนคงตัว ขี้เถ้า ปริมาณสารระเหย

3.4 วิธีการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.1 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง [14]

นำแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่เตรียมได้ขนาดประมาณ 2 x 3 เซนติเมตร และผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 เซลเซียสจนแห้งแล้วมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (M) แล้วนำไปใส่ในหลอดวัดปริมาตรที่มีทูโลอีนที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน หลังจากนั้นอ่านค่าปริมาตรของทูโลอีนที่เพิ่มขึ้น (ΔV) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (D) ดังสมการที่ (3-1)

$$D = \frac{M}{\Delta V} \tag{3-1}$$

3.4.2 การหาร้อยละความชื้น [14]

นำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่จะนำมาวิเคราะห์มาชั่งน้ำหนัก (M_0) จากนั้นนำไปเข้าเตาอบซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105 เซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง(หรือ จนน้ำหนักคงที่) จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก (M_1) และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากร้อยละของน้ำหนักที่หายไปดังสมการที่ (3-2)

$$\text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \tag{3-2}$$

3.4.3 การหาร้อยละเถ้า [19]

ชั่งนำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม (B) (ซึ่งผ่านการอบ 105 เซลเซียสจนน้ำหนักคงที่มาชั่ง)ใส่ลงในครูซิเบิลและปิดฝา จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 เซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก(C)และคำนวณหาปริมาณเถ้าจากร้อยละของน้ำหนักที่ยังคงเหลืออยู่ดังสมการที่ (3-3)

$$\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า} = \frac{C}{B} \times 100 \qquad (3\text{-}3)$$

3.4.4 การหาร้อยละสารระเหย [19]

นำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบ 105เซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ มาชั่งประมาณ 1 กรัม (B) ใส่ลงในครูซิเบิลและปิดฝา จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 เซลเซียส นาน 15 นาที นำครูซิเบิลออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก (C) และคำนวณหาร้อยละของน้ำหนักที่หายไปลบด้วยความชื้นดังสมการที่ (3-4)

$$\text{ร้อยละของสารระเหย} = \left(\frac{(B-C)}{B} \times 100\right) - \text{ร้อยละความชื้น} \qquad (3\text{-}4)$$

3.4.5 การหาร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว [19]

การทดสอบหาปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เผาไหม้ของถ่านหิน หลังจากที่กำจัดความชื้น สารระเหยและเถ้าออกแล้ว ซึ่งหาได้โดยนำร้อยละความชื้น ร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหยลบออกจาก 100 ดังสมการที่ (3-5) และทุกค่าต้องอยู่ในสภาวะความชื้นเดียวกัน

ร้อยละคาร์บอนคงตัว = 100 – (ร้อยละความชื้น + ร้อยละเถ้า + ร้อยละสารระเหย) (3-5)

3.4.6 การหาค่าต้านทานแรงกด [7, 14]

การทดสอบการต้านทานแรงกดทำโดยการใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีตนำแท่งถ่านที่ผลิตได้และผ่านกระบวนการอบแล้ว นำมาวางบนผิวสัมผัสที่เรียบของแผ่นกดบนเครื่องเครื่องกระทำการกดลงบนแท่งเชื้อเพลิง จนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหักแล้วทำการบันทึกผลของน้ำหนักกดที่สูงสุดที่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหัก

3.4.7 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง [2, 19]

การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งในการวิจัยนี้ได้เลือกหาค่าความร้อนโดยจะใช้อุปกรณ์ในการทดสอบคือ บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ทุบถ่านอัดแท่งให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

- ตัดเส้นด้ายและลวดโลหะให้ยาว 10 เซนติเมตร แล้วชั่งและบันทึกน้ำหนักคล้องลวด (นิกเกิล – โครเมียม มีค่าความร้อน 1400 แคลอรี่ต่อกรัม) เชื่อมระหว่างขั้วทั้ง 2 แล้วขึงให้ตึง ทำการมัดด้ายกับแท่งเชื้อเพลิง แล้วนำไปมัดได้กับลวดที่ขึงไว้

- ปิดฝาเครื่องให้สนิท แล้วเติมออกซิเจนให้ได้ความดัน 30 บาร์

- นำบอมบ์บอดี้จุ่มลงในวอเตอร์แจ็คเก็ตซึ่งภายในจะมีน้ำอยู่แล้ว แล้วต่อเครื่องบอมบ์ให้ครบวงจร

- กดปุ่ม test ถ้าไฟติด แสดงว่าใช้ได้ กดปุ่ม Fire ค้างไว้สักครู่แล้วกด test ถ้าไฟไม่ติดแสดงว่าได้ทำการสันดาปแล้ว

- จับเวลา และอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทุกนาที ตั้งแต่นาทีที่ศูนย์จนกว่าอุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิคงที่ให้ปิดเครื่องและนำบอมบ์บอดี้ออกจากวอเตอร์แจ็คเก็ต

- ปล่อยอากาศออกจากบอมบ์บอดี้แล้วเปิดฝาครอบออก

- นำเศษลวดที่เหลือจากการสันดาปไปทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง

- ทำการคำนวณหาค่าสมมูลย์ความร้อนของแคลอริมิเตอร์ ดังสมการที่ (3-6)

$$W = \frac{[(Q \times G) + E_1 + E_2 + E_3 + E_4]}{\Delta T} \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ W = สมมูลย์ความร้อนของแคลอริมิเตอร์(เมกกะจูลต่อเซลเซียส)

Q = ค่าความร้อนของการสันดาปของกรดเบนโซอิกมาตรฐาน

= 26,441.6 จูลต่อกรัม

ΔT = อุณหภูมิสูงสุดหลังจากจุดระเบิด – อุณหภูมิที่เริ่มต้นจุดระเบิด

= $T_f - T_a$ (เซลเซียส)

G = น้ำหนักของกรดเบนโซอิกมาตรฐาน(กรัม)

E_1 = ตัวปรับแก้ในหน่วยเมกกะจูลสำหรับความร้อนของการเกิดไนตริก

= 25.02 เมกกะจูล (สำหรับกรดเบนโซอิกมาตรฐาน)

E_2 = ตัวปรับแก้ในหน่วยเมกกะจูลสำหรับความร้อนของการเกิดกรดซัลฟิวริก

= (58.6) x (%กำมะถันในสารตัวอย่าง) x (มวลของสารตัวอย่าง) / 10^6

E_3 = ตัวปรับแก้ในหน่วยเมกกะจูลสำหรับความร้อนของการเผาไหม้ลวดฟิวส์

= 1401.64 จูลต่อกรัม

= 2.092 จูลต่อเซนติเมตร

E_4 = ตัวปรับแก้ในหน่วยเมกกะจูลสำหรับความร้อนของการเผาไหม้ของ Pressure Sensitive or Capsule and Mineral Oil

= มวล Tape or Capsule Oil x Heat of Combustion of Tape or Capsule Oil

- ทำการคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง ดังสมการที่ (3-7)

$$Q_g = \left[\frac{(\Delta T x W) - E_1 - E_2 - E_3 - E_4}{G x 10^{-3}} \right] \quad (3\text{-}7)$$

เมื่อ Q_g = ปริมาณความร้อนที่ปล่อยออกมาเมื่อสารเชื้อเพลิง 1 หน่วยน้ำหนัก

ΔT = อุณหภูมิสูงสุดหลังจากจุดระเบิด – อุณหภูมิที่เริ่มต้นจุดระเบิด

= $T_f - T_a$ (เซลเซียส)

W = สมมูลย์ความร้อนของแคลอริมิเตอร์(เมกกะจูลต่อเซลเซียส)

G = น้ำหนักของสารตัวอย่าง(กรัม)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง

จากการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากผงถ่านที่ได้จากการเผาแกลบและฟางข้าวที่อุณหภูมิ 300 และ 400 เซลเซียส โดยใช้น้ำแป้งและโมลาสเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวประสานเป็น 1:1 1:0.5 และ1:0.3 โดยทำการทดลองทั้งหมด 8 ชุดการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนการผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง

วัตถุดิบ	ตัวประสาน	อัตราส่วน	อุณหภูมิ (เซลเซียส)
แกลบ	โมลาส	1:1 1:0.5 1:0.3	300
	น้ำแป้ง	1:1 1:0.5 1:0.3	300
	โมลาส	1:1 1:0.5 1:0.3	400
	น้ำแป้ง	1:1 1:0.5 1:0.3	400
ฟางข้าว	โมลาส	1:1 1:0.5 1:0.3	300
	น้ำแป้ง	1:1 1:0.5 1:0.3	300
	โมลาส	1:1 1:0.5 1:0.3	400
	น้ำแป้ง	1:1 1:0.5 1:0.3	400

เพื่อศึกษาหาตัวประสานที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง จะมีลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วจะนำมาทดสอบลักษณะทางกายภาพต่างๆคือ ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย

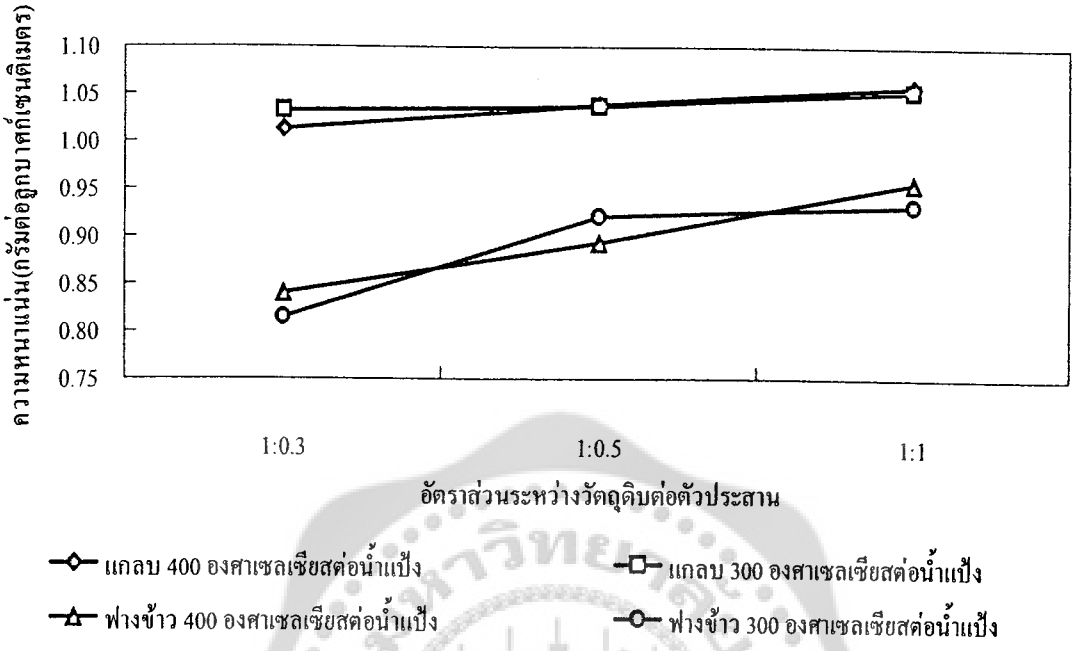
ปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าต้านทานแรงกด และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ได้นำไปทดสอบการเผาไหม้จริงภาพในเตาซึ่งพบว่าเชื้อเพลิงสามารถคงลักษณะการเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ตลอดการเผาไหม้และใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ประมาณ 1.5 ชั่วโมง

รูปที่ 4.1 ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

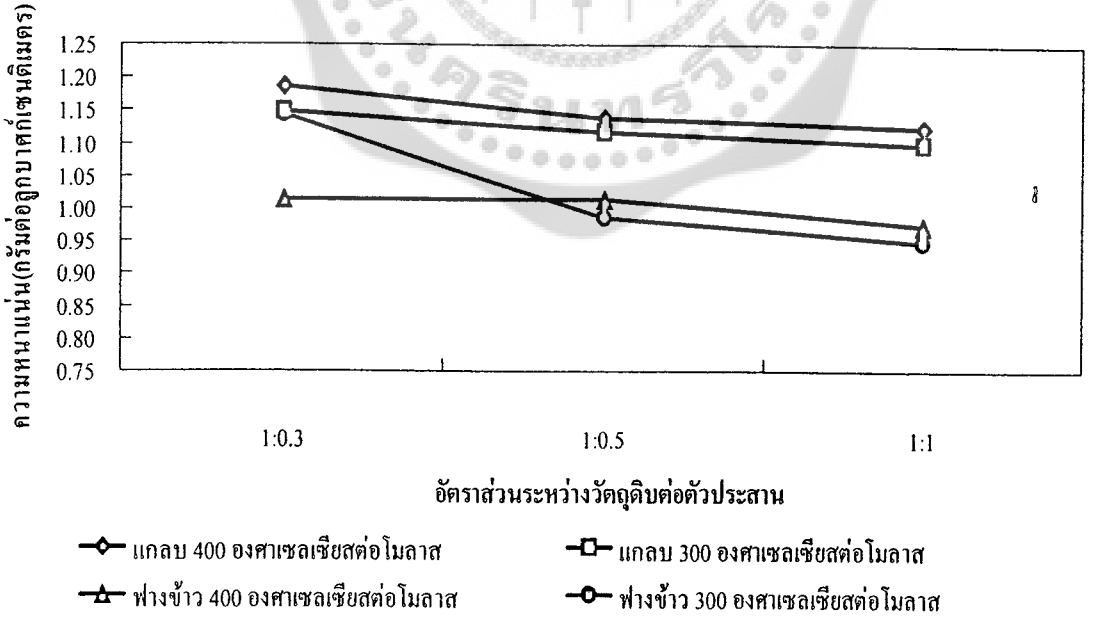
4.1.1 ความหนาแน่น

จากการศึกษาหาค่าความหนาแน่นพบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมน้ำแป้ง ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งน้ำแป้งมีความหนาแน่นมากกว่าผงถ่านจากแกลบและฟางข้าว และเมื่อผสมน้ำแป้งในสัดส่วนที่มากจะทำให้วัตถุดิบที่ผ่านการผสมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมน้ำแป้ง โดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.82 ถึง 1.06 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร

ส่วนเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสานสามารถแสดงผลของปริมาณโมลาสที่ใช้ต่อค่าความหนาแน่น โดยพบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการผสมโมลาส เนื่องจากโมลาสเป็นของเหลว ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปทำการอบแห้งจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในโมลาสระเหยทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคยิ่งมีน้ำมากเมื่อระเหยน้ำออกไปก็จะเกิดช่องว่างมากขึ้นทำให้ ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงลดลงโดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.95 ถึง 1.19 กิโลกรัมต่อลูกบาศ์กเมตร



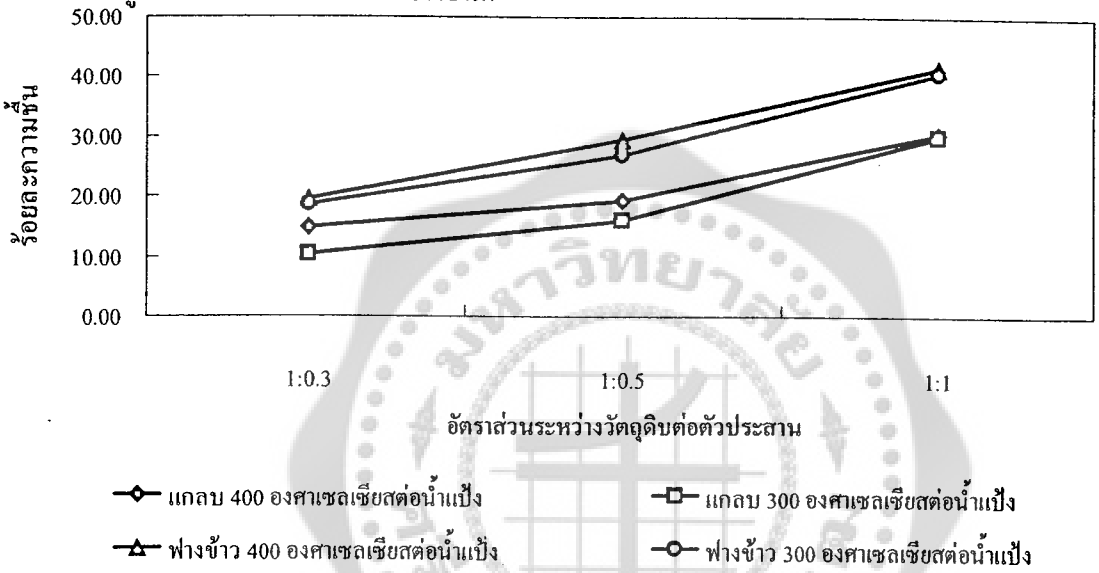
รูปที่ 4.2 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งเป็นตัวประสาน



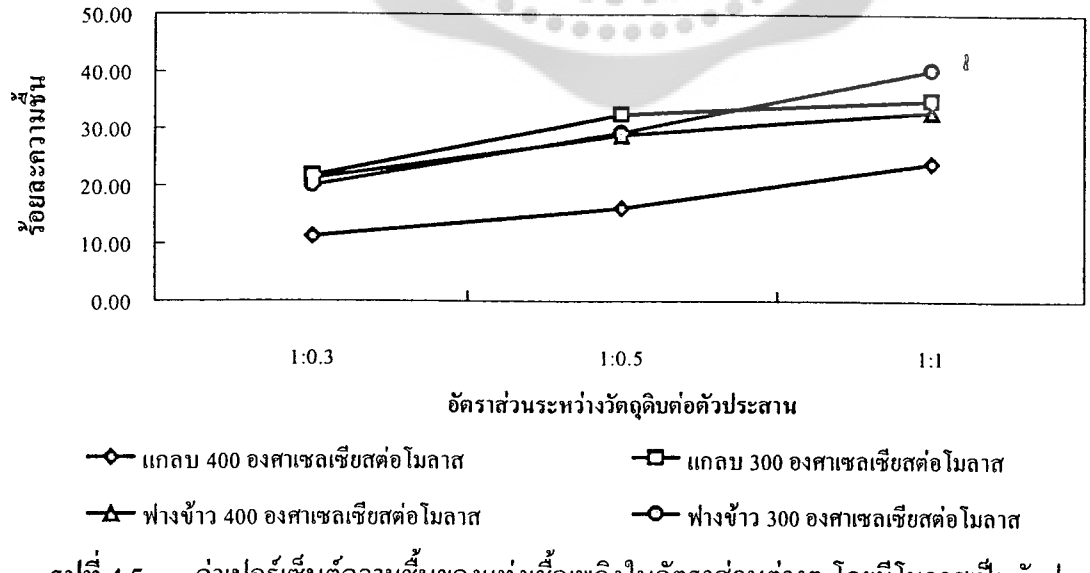
รูปที่ 4.3 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

4.1.2 ร้อยละความชื้น

ร้อยละความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของตัวเชื่อมประสาน ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 โดยคาดว่ามาจากอุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดทำให้ที่สัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีปริมาณน้ำมากทำการระเหยน้ำได้น้อยกว่าสัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีปริมาณน้ำน้อย มีค่าอยู่ระหว่าง 10.3 ถึง 41.4 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน

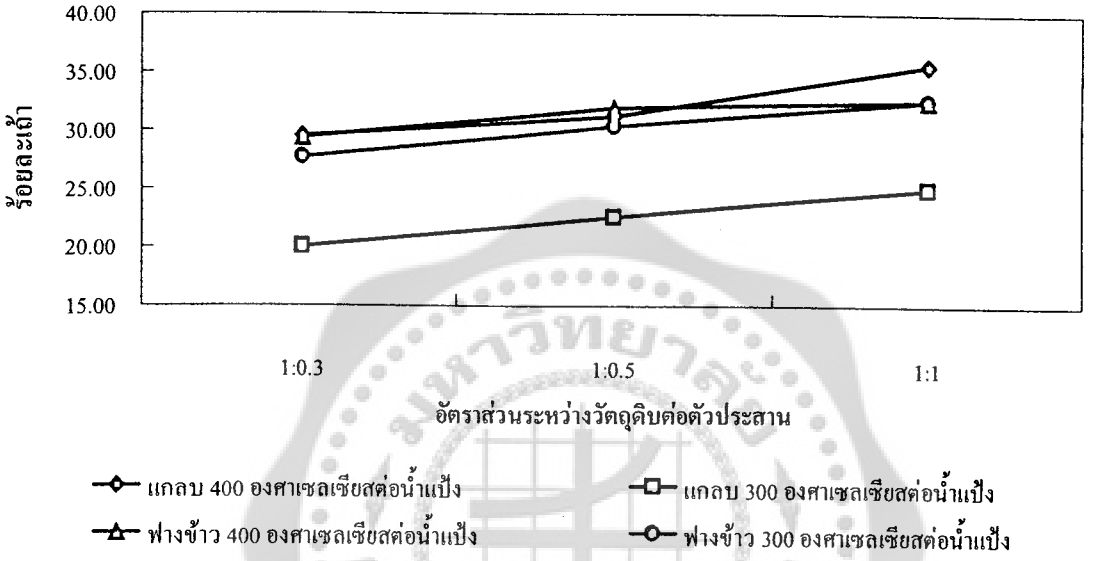


รูปที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

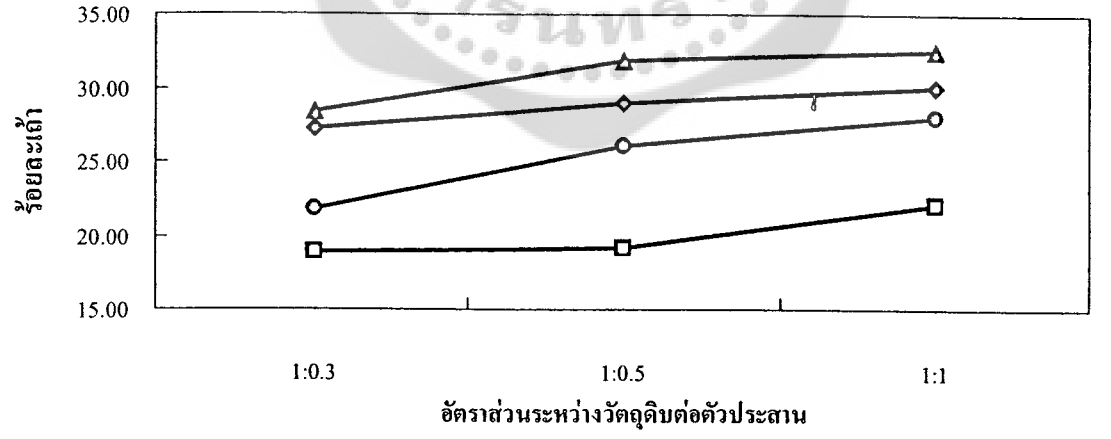
หอสมุด มศว องครักษ์
http://oklib.swu.ac.th
6641000 ต่อ 1250-6

4.1.3 ร้อยละเถ้า

จากการทดลองหาปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่มีแป้งเปียกและโมลาสเป็นตัวประสานที่วัตถุดิบและอุณหภูมิเดียวกันพบว่าจะมีค่าปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7



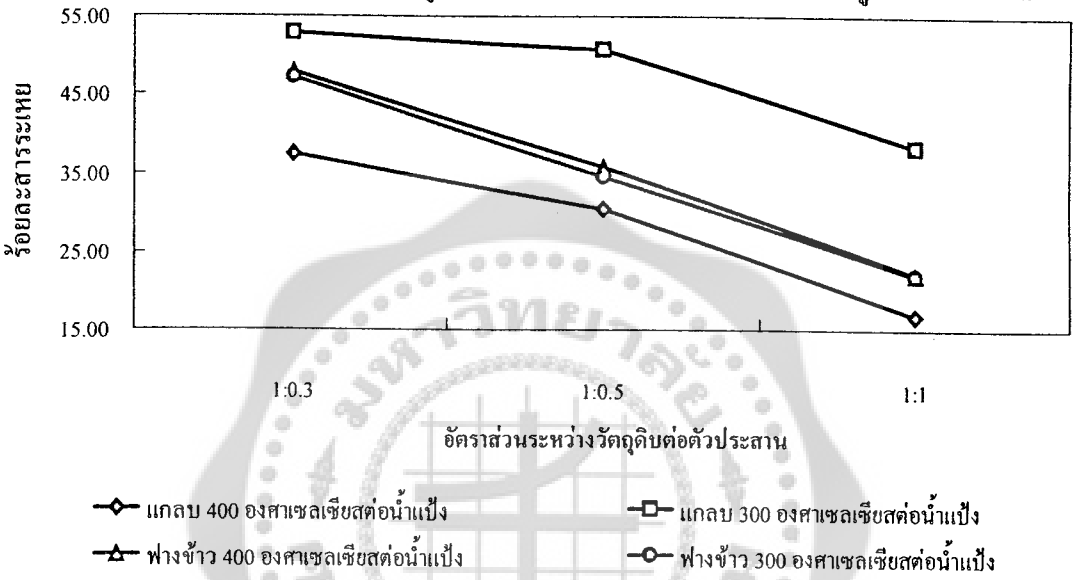
รูปที่ 4.6 ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน



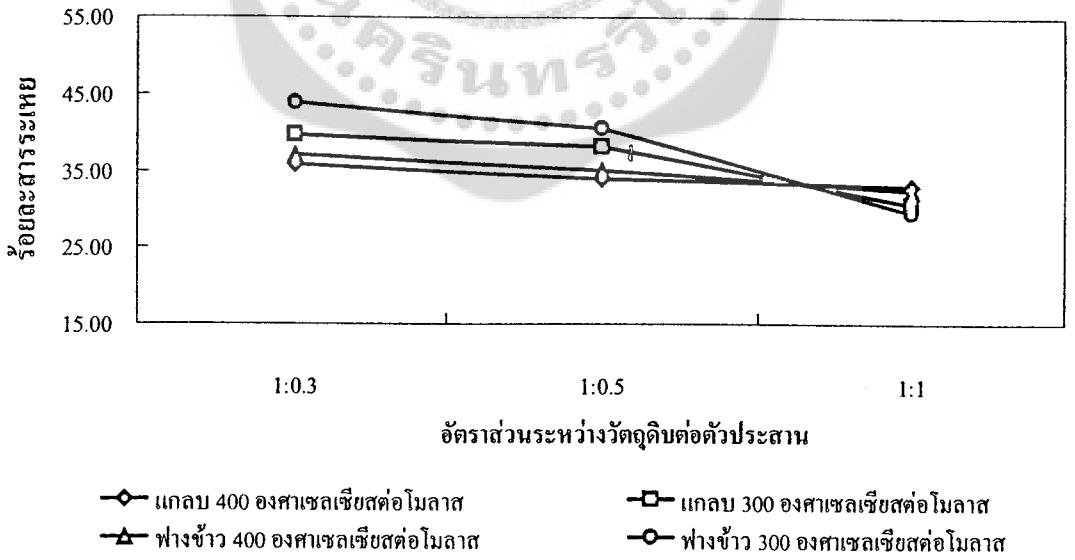
รูปที่ 4.7 ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

4.1.4 ปริมาณสารระเหย

จากการทดลองหาค่าปริมาณสารระเหยพบว่าปริมาณสารระเหยจะมีปริมาณลดลงตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำแป้ง และจะมีค่าแปรผกผันกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสูตรการคำนวณ ค่าปริมาณสารระเหยที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 16.84 ถึง 52.87 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



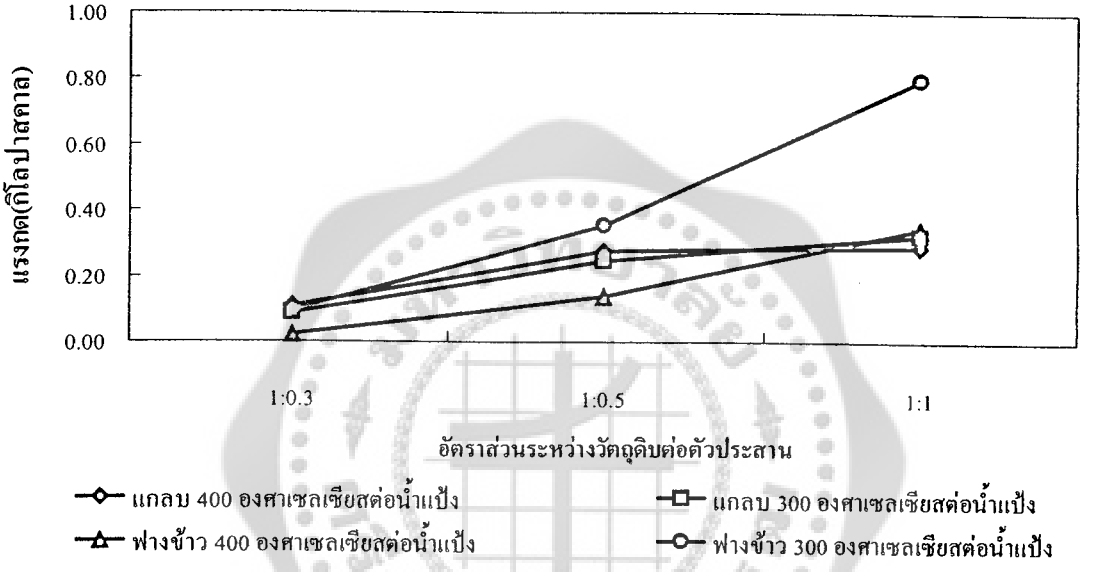
รูปที่ 4.8 ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน



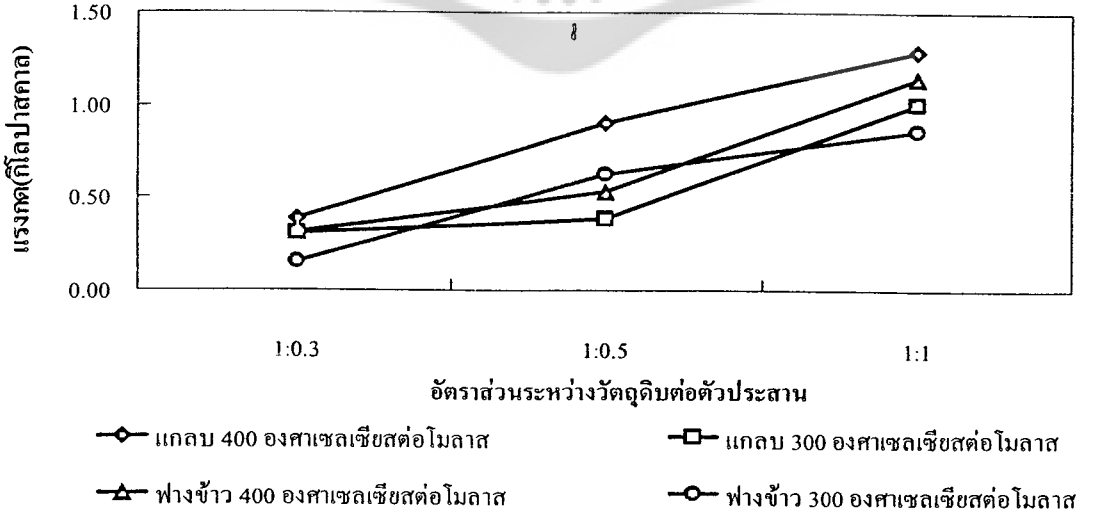
รูปที่ 4.9 ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

4.1.5 แรงกด

การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงสามารถแสดงผลของปริมาณตัวประสานที่ใช้ต่อค่าการต้านทานแรงกด โดยพบว่าการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มของสัดส่วนของตัวประสาน ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



รูปที่ 4.10 ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน

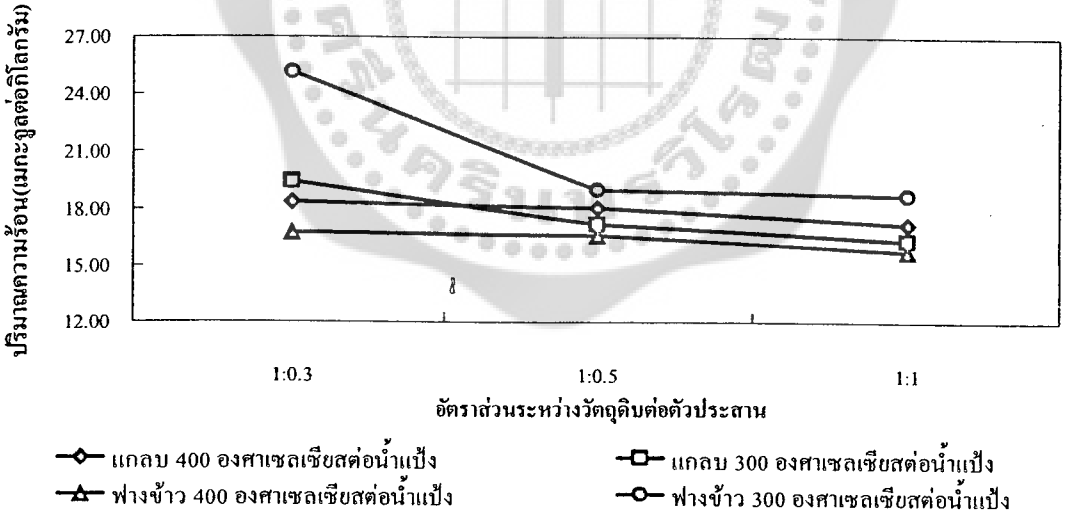


รูปที่ 4.11 ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

เพราะเมื่อเพิ่มสัดส่วนการผสมตัวประสานต่อน้ำหนักวัตถุดิบให้มากขึ้นจะทำให้น้ำแป้งยึดเกาะกับอนุภาคได้อย่างทั่วถึง ส่งผลให้การยึดตัวกันระหว่างอนุภาคผงถ่านเพิ่มมากขึ้นและส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงในที่สุด โดยค่าการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 1.14 กิโลปาสคาล

4.1.6 ปริมาณความร้อน

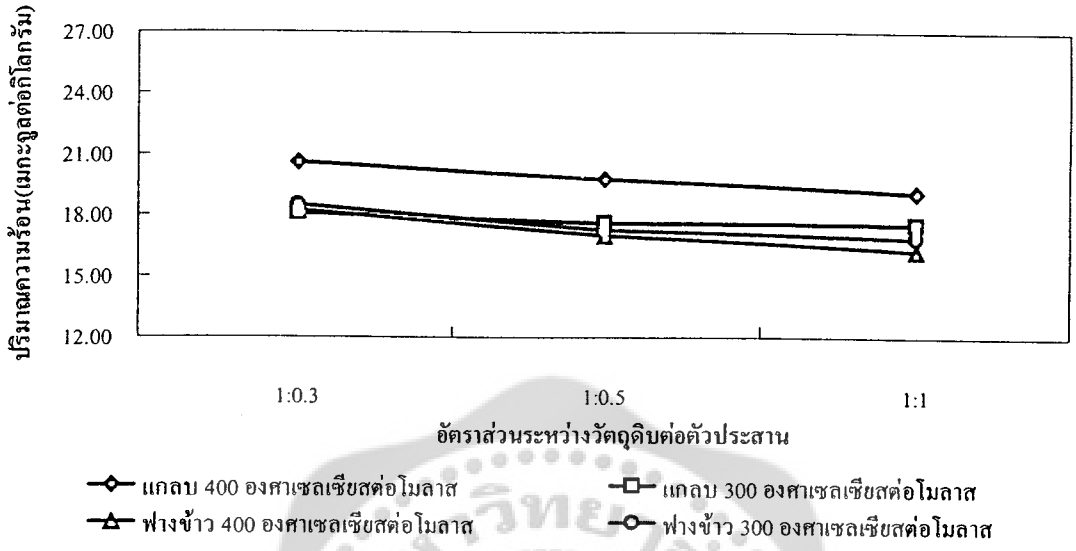
การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงสามารถแสดงค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนตามการผสมตัวประสาน โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมตัวประสานต่อน้ำหนักวัตถุดิบ ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13 เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนตัวประสานที่มากขึ้นส่งผลเทียบเคียงกับการลดสัดส่วนของผงถ่านจากแกลบและฟางข้าวที่จะมีในแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งค่าความร้อนของผงถ่านจากแกลบและฟางข้าวมีค่าสูงกว่าตัวประสาน ดังนั้นหากผสมตัวประสานในสัดส่วนที่สูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าลดลง โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 15.76 ถึง 25.15 เมกะจูลต่อกิโลกรัม



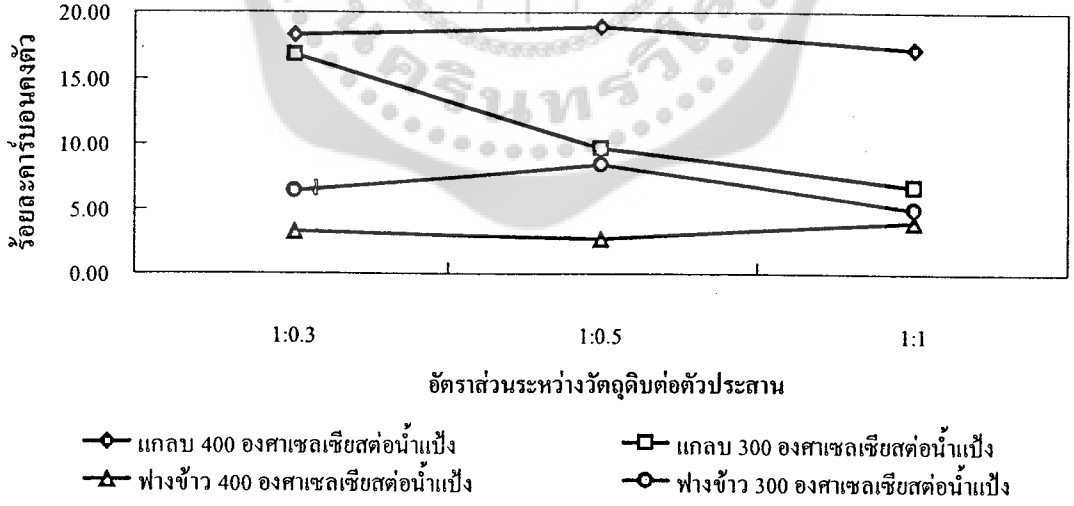
รูปที่ 4.12 ค่าปริมาณความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน

4.1.7 ปริมาณคาร์บอนคงตัว

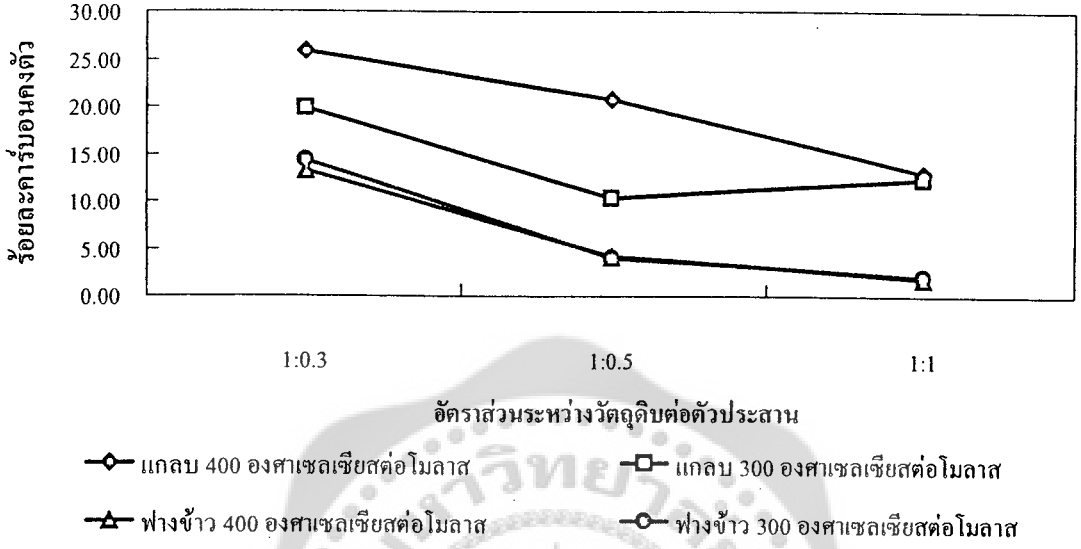
จากการทดลองหาค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวพบว่าค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวจะมีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหย ดังรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.13 ค่าปริมาณความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน



รูปที่ 4.14 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีแป้งเป็นตัวประสาน



รูปที่ 4.15 ปริมาณคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีโมลาสเป็นตัวประสาน

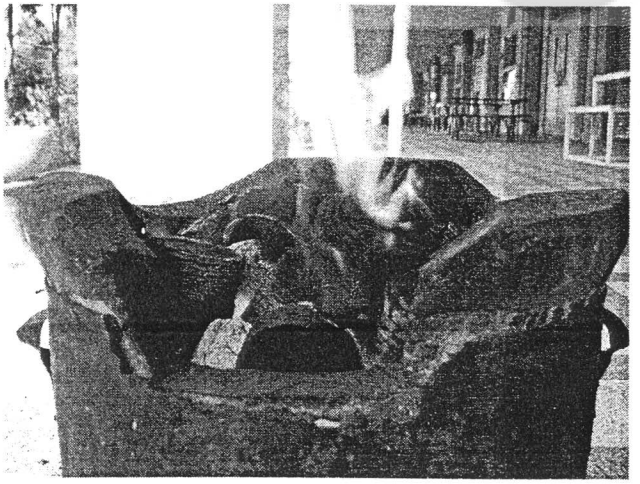
4.1.8 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง

ทำการศึกษาเปรียบเทียบการติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากการเตรียมจากฟางข้าว เชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบ กับถ่านกะลามะพร้าวเผาที่มีจำหน่ายที่ปริมาณใกล้เคียงกัน หนักประมาณ 500กรัม พบว่าแท่งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าวจะติดไฟได้นานและไม่มีควันสามารถคงรูปเป็นแท่งได้ตลอดการเผาไหม้ ใช้เวลาเผาไหม้ประมาณ 2 ชั่วโมง ดังรูป 4.16

รูปที่ 4.16 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกะลามะพร้าวภายหลังการติดไฟประมาณ 15 นาที

ส่วนแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากแกลบนั้นมีการติดไฟดีและไม่มีควัน การเผาไหม้จะใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 1.5 ชั่วโมง ดังรูป 4.17 และแท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากฟางข้าวนั้นติดไฟได้ดี ไม่มีควัน ไม่มีการแตกปะทุ เมื่อเผาไประยะหนึ่ง แท่งเชื้อเพลิงจะไม่คงรูปเป็นแท่ง การเผาไหม้จะใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 1.5 ชั่วโมง ดังรูป 4.18

รูปที่ 4.17 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบ ภายหลังการติดไฟประมาณ 15 นาที



รูปที่ 4.18 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวภายหลังการติดไฟประมาณ 15 นาที

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการนำแกลบและฟางข้าวมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็งหรือ ถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำแป้งและโมลาสเป็นตัวเชื่อมประสาน มีค่าคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งดังตาราง

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง

วัตถุดิบต่อตัวประสาน	อัตราส่วน	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	แรงกด (kPa)	ปริมาณความร้อน (MJ/kg)	ร้อยละคาร์บอนคงตัว
แกลบ (400°C): แป้ง	1 ต่อ 1.0	1.06	30.34	35.59	16.84	0.29	17.20	17.23
	1 ต่อ 0.5	1.04	19.34	31.23	30.46	0.28	18.05	18.97
	1 ต่อ 0.3	1.01	14.87	29.57	37.33	0.11	18.35	18.23
แกลบ (400°C): โมลาส	1 ต่อ 1.0	1.13	23.93	30.10	33.11	1.29	19.13	12.86
	1 ต่อ 0.5	1.14	16.08	29.02	34.07	0.90	19.78	20.83
	1 ต่อ 0.3	1.19	11.13	27.26	35.75	0.39	20.57	25.86
แกลบ (300°C): แป้ง	1 ต่อ 1.0	1.05	29.88	25.03	38.38	0.32	16.39	6.71
	1 ต่อ 0.5	1.04	16.00	22.59	50.73	0.25	17.20	9.68
	1 ต่อ 0.3	1.03	10.30	20.06	52.87	0.09	19.46	16.77
แกลบ (300°C): โมลาส	1 ต่อ 1.0	1.10	34.98	22.07	30.66	1.01	17.55	12.29
	1 ต่อ 0.5	1.12	32.39	19.19	38.19	0.38	17.66	10.23
	1 ต่อ 0.3	1.15	21.61	18.93	39.66	0.30	18.07	19.80

ตารางที่ 5.1 ผลการคำนวณคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง (ต่อ)

วัตถุดิบต่อตัวประสาน	อัตราส่วน	ความหนาแน่น(g/cm^3)	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	แรงกด (kPa)	ปริมาณความร้อน (MJ/kg)	ร้อยละคาร์บอนคงตัว
ฟางข้าว (400°C): แป้ง	1 ต่อ 1.0	0.96	41.40	32.57	22.05	0.35	15.76	3.99
	1 ต่อ 0.5	0.89	29.51	31.96	35.88	0.14	16.66	2.65
	1 ต่อ 0.3	0.84	19.55	29.43	47.81	0.02	16.82	3.20
ฟางข้าว (400°C): โมลาส	1 ต่อ 1.0	0.97	33.04	32.62	32.56	1.14	16.29	1.78
	1 ต่อ 0.5	1.01	28.90	31.90	35.10	0.53	17.00	4.11
	1 ต่อ 0.3	1.01	21.20	28.43	37.10	0.32	18.20	13.28
ฟางข้าว (300°C): แป้ง	1 ต่อ 1.0	0.93	40.57	32.54	21.94	0.80	18.75	4.98
	1 ต่อ 0.5	0.92	26.86	30.32	34.47	0.36	19.02	8.35
	1 ต่อ 0.3	0.82	18.73	27.69	47.26	0.10	25.15	6.33
ฟางข้าว (300°C): โมลาส	1 ต่อ 1.0	0.95	40.33	28.02	29.60	0.86	16.89	2.05
	1 ต่อ 0.5	0.99	29.39	26.10	40.50	0.62	17.29	4.00
	1 ต่อ 0.3	1.15	20.07	21.79	43.83	0.15	18.48	14.32

พบว่าค่าความแข็งแรงของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าวมีค่าต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่มีค่า 375 กิโลปาสคาล แท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพดีที่สุดคือที่อัตราส่วนผสมแกลบ(400 เซลเซียส) ต่อ โมลาส ที่สัดส่วน1 ต่อ 0.3 เพราะมีร้อยละคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่มีร้อยละสารระเหย ร้อยละเถ้าและร้อยละความชื้นอยู่ต่ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่ำจะมีผลทำให้ค่าความร้อนสูงและแท่งเชื้อเพลิงนี้ให้ค่าความร้อนประมาณ 20.57 เมกะจูลต่อกิโลกรัมซึ่งให้ค่าความร้อนใกล้เคียงถ่านอัดแท่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ คือมีค่าความร้อนประมาณ 21.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และค่าความชื้น ประมาณ 11.13 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าสูงกว่าถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเพียงเล็กน้อยซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง จากตัวประสานทั้ง 2 ชนิด พบว่าชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตที่สุดคือ ใช้โมลาสเป็นตัวประสานในการเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าการใช้น้ำแป้ง ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าวจากการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์แทนถ่านไม้ได้ เพราะเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปเผาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟและไม่มีควันโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง และเหมาะเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการปิ้งย่าง

เอกสารอ้างอิง

[1] ฉัตรชัย วายุวรรธนะ (2546). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว* สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา **ปริญญานิพนธ์** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[2] นิรชา แย้มบุญยิ่ง (2547) *การนำแกลบมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลีพรอพิลีนคอมพาวน์.* **วิทยานิพนธ์** คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[3] http://ipc9.dip.go.th/Research/PreviewInvesment1.asp?WebSiteID=19&InvestmentFormID =71 สืบค้นวันที่ 8 กรกฎาคม 2549.

[4] http://www.sugarzone.in.th/know/know2.asp สืบค้นวันที่ 24กรกฎาคม 2549.

[5] เกศกนก จันทรมาศ และ วิทวัส เหรียญพิมาย (2546). *การศึกษาเปรียบเทียบหาค่าความร้อนจากถ่านชีวมวล* สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[6] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์, ชัชวาลย์ ภาโนมัย, อรวรรณ เที่ยงกระโทก และ ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ (2549). *สมบัติทางกายภาพและสมรรถนะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากชีวมวลผสม 2 คู่* **โครงงานวิศวกรรม** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[7] ฐานิตย์ เมธิยานนท์, ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์.(2549).*การผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน.* การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2 27-29 กรกฎาคม 2549.

[8] ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และ อัญชริกา ไชยศรีหา. (2546). *การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ* สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[9] พัชฎาภรณ์ เจริญรอย และ อรชุมา นุสีวอ. (2546). *การทำแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร* สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[10] สดับพร จันทราษฎร์, เจริญพร เลิศสถิตธนกร, และ ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์. (2548).*การผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากถ่านไม้โสนโดยเทคิคเอ็กซ์ทรูชัน.* **โครงงานวิศวกรรม** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[11] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ฉัตร ผลนาค ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และ พชิตา เปล่าเล. (2549) *สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน.* **งานวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

[12] ธารินี มหายศนันท์ (2548). *การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งสำหรับการผลิตในระดับครัวเรือน* **โครงงานวิศวกรรม** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[13] สุภาวดี สวัสดิพรพัลลภ กิตติพงษ์ ตันมิตร อำนาจ สุขศรี และ บรรจงศรี จีระวิพูล วรรณ (2549). *การใช้ประโยชน์ชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง* . คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[14] ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์, ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ (2549). *การออกแบบสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันและการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว.* วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 2549 28(2) : 387-401

[15] Debdoubi, A., El amarti, A., Colacio, E. (2005) *Production of fuel briquettes from esparto partially pyrolyzed.* **Energy Conversion and Management** 46 (2005) 1877–1884.

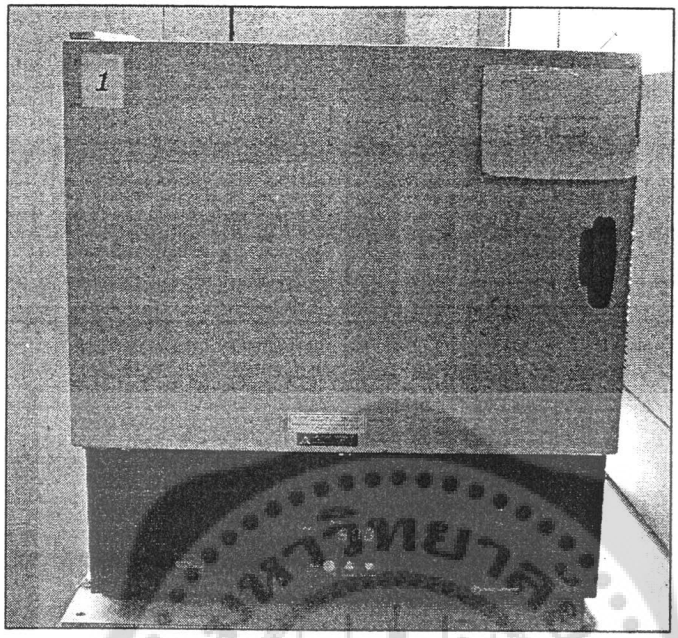
[16] Husain, Z., Zainac, Z., Abdullah, Z. (2002) *Briquetting of palm fiber and shell from the processing of palm nuts to palm oil.* **Biomass and Bioenergy** 22 (2002) 505 – 509

[17] S. Yaman, M. Sahan, H. Haykiri-Acma, K. Seren and S. Kucukbayark. **Fuel briquttes- lignite Blend.** Fuel Process Technology 72(2001) 1-8.

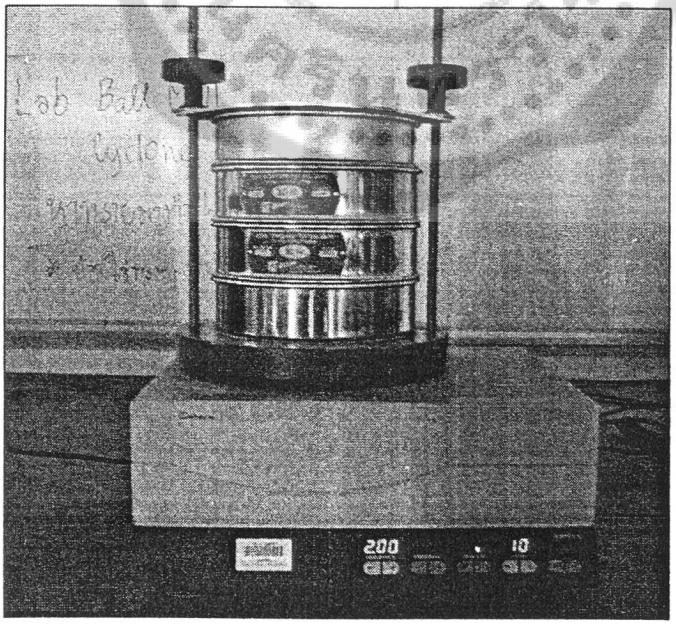
[18] S. Yaman, M. Sahan, H. Haykiri-Acma, K. Seren and S. Kucukbayark. **Production of Fuel Briquttes from Olive Refuse and Paper Mill Waste.** Fuel Process Technology 68 (2000) 23-31

[19] American Society for Testing and Material.(1994). **Annual book of ASTM standard.**

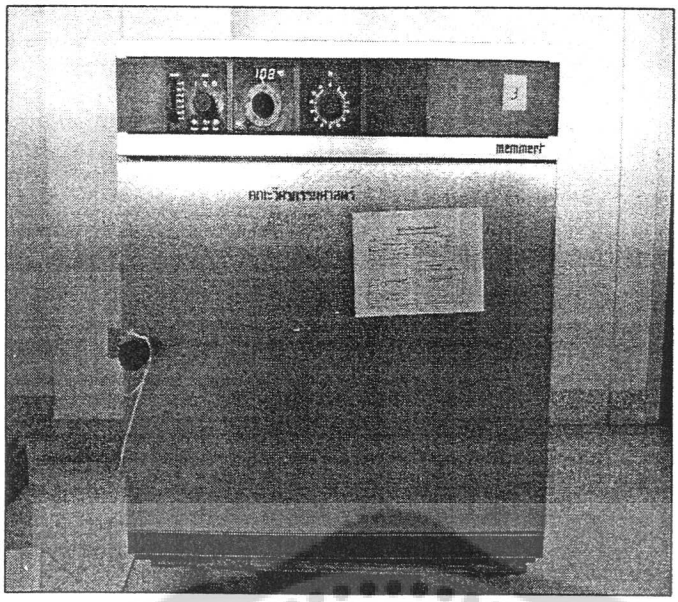
ภาคผนวก ก อุปกรณ์การทดลอง



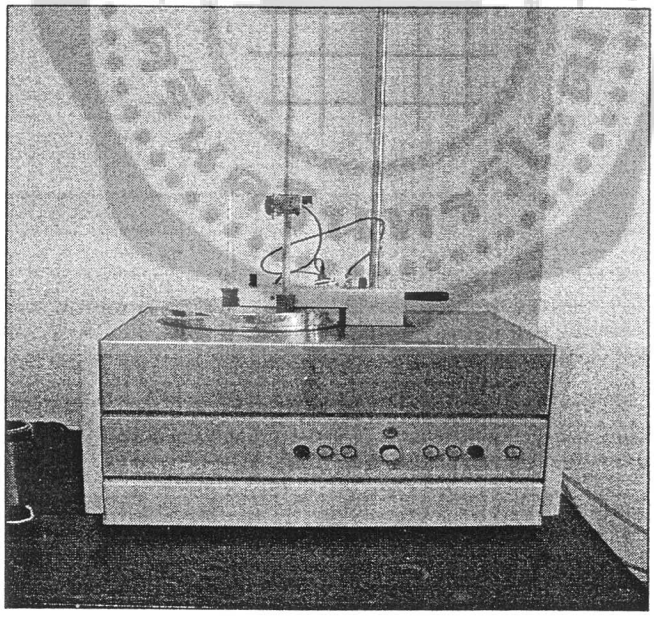
รูปที่ภาคผนวก ก1 เตาเผา



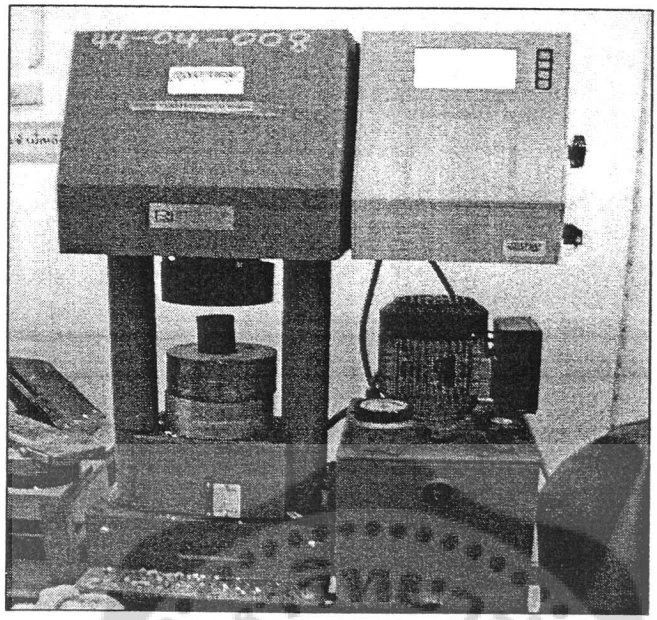
รูปที่ภาคผนวก ก2 เครื่องเขย่าไฟฟ้าและตะแกรงร่อนแยกขนาด



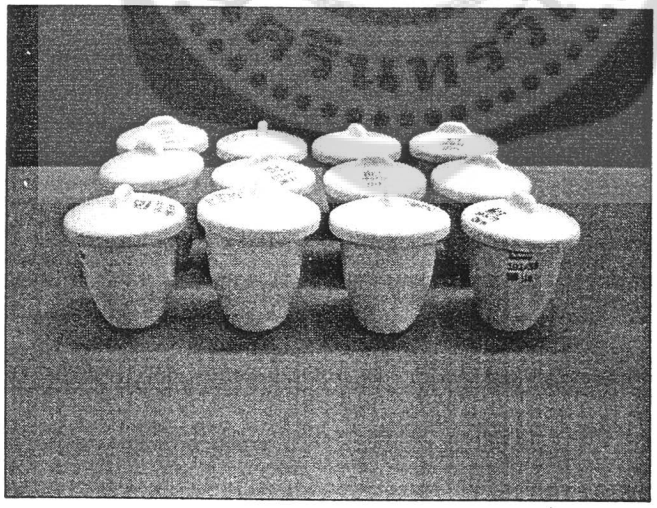
รูปที่ภาคผนวก ก3 เตาอบ



รูปที่ภาคผนวก ก4 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์

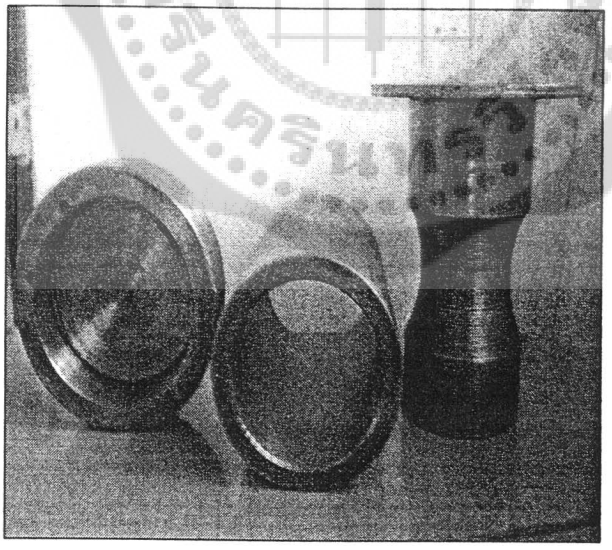


รูปที่ภาคผนวก ก5 เครื่องวัดแรงกด



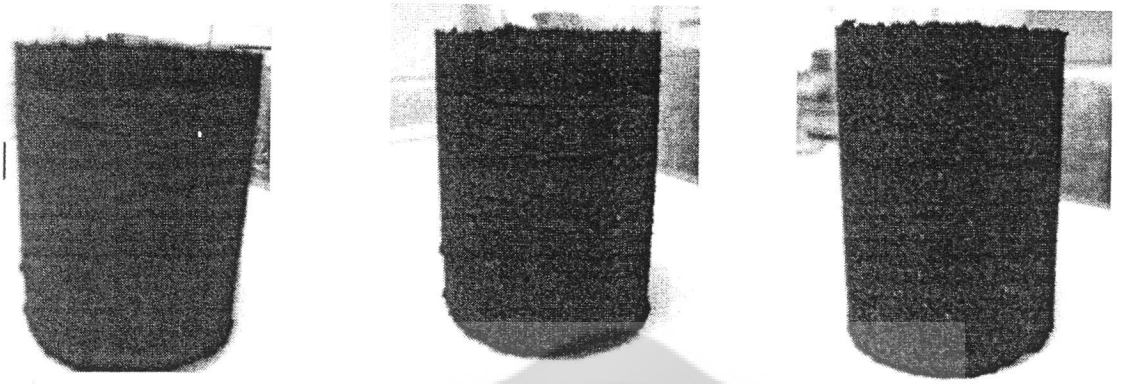
รูปที่ภาคผนวก ก6 ครูซิเบิลแบบมีฝาปิด

รูปที่ภาคผนวก ก7 เครื่องอัด



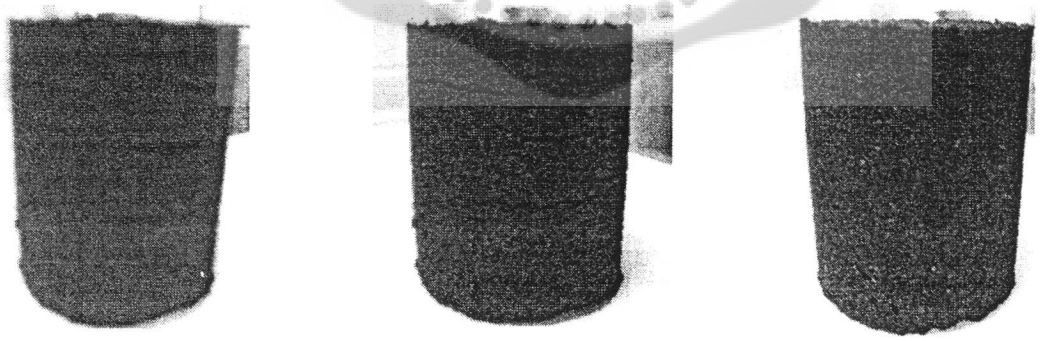
รูปที่ภาคผนวก ก8 แม่พิมพ์

ภาคผนวก ข แท่งเชื้อเพลิงแข็ง



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข1 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ต่อแป้งเปียกใน อัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข2 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ต่อโมลาสใน อัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข3 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ต่อแป้งเปียกในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

(ก) (ข) (ค)

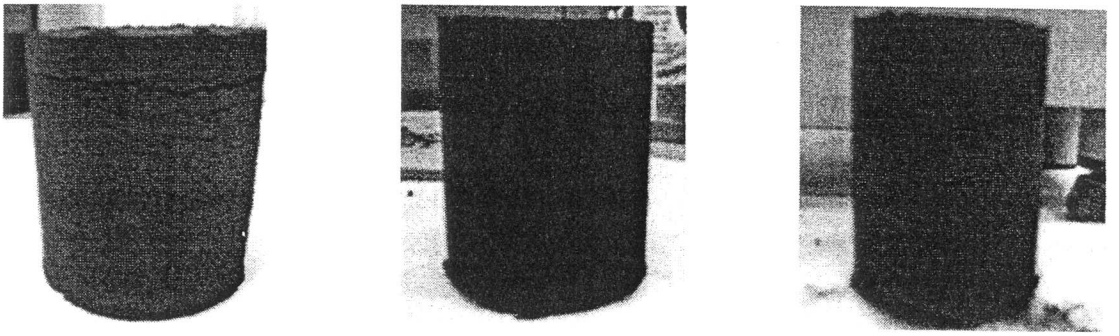
รูปที่ภาคผนวก ข4 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ต่อโมลาสในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข5 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ต่อแป้งเปียกในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข6 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ต่อโมลาสในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข7 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ต่อแป้งเปียกในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ภาคผนวก ข8 แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฟางข้าวเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ต่อโมลาสในอัตราส่วน (ก) 1:0.3 (ข) 1:0.5 และ (ค) 1:1

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ นางศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์

Mrs. Siriwan Srisorrachatr

2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 49-03-0031

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

4. หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) อ.องครักษ์ จ. นครนายก 26120 โทรศัพท์ 02-664-1000 ต่อ 2069 โทรสาร 037-322-608 e-mail: siriwans@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(เคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ.2523

วท.ม.(เคมีฟิสิกัล) มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2525

ปร.ด. (เคมีเชิงฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2531

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สิ่งแวดล้อม การแยกสาร

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1 **การปรับปรุงและเพิ่มมูลค่าแกลบเป็นปุ๋ย/วัสดุปลูก** ได้รับทุนวิจัยจากโครงการเครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ปี 2547 สถานะภาพเป็น หัวหน้าโครงการวิจัย

2. **การแข่งขันกำจัดโลหะหนักออกจากสารละลายโดยวิธีการดูดซับด้วยเซรามิกส์** ได้รับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 สถานะภาพเป็น หัวหน้าโครงการวิจัย

3. **โครงการศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปี พ.ศ.2548** ได้รับทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 สถานะภาพเป็น หัวหน้าโครงการวิจัย

งานวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว

1. **Wastewater Treatment by Dissolved-Air Floatation for Dyestuff Plant.** In Proceeding of Conference of Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, November 22-24, 1999, Songkla, Thailand.

2. **Anaerobic Wastewater Treatment by UASB Reactor.** In Proceeding of Conference of Chemical and Process Engineering Conference (CPEC) in conjunction with Regional Symposium on Chemical Engineering (RSCE), December 2000, Singapore.

3. **Removal of Heavy Metal Ions from Solution by Adsorption using Waste Ceramics.** In Proceeding of Conference of Sixth International Symposium on Environmental Biotechnology and Fourth International Symposium on Cleaner Bioprocess and Sustainable Development, June 2002, Mexico.

4. **ผลขององค์ประกอบของเซรามิกส์ต่อการกำจัดอิออนโลหะหนักจากสารละลาย** พิมพ์ใน เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ที่ Royal Hill Resort and Golf Course จ. นครนายก ระหว่าง วันที่ 30-31 ตุลาคม 2546

5. **ผลของอุณหภูมิที่เผาเซรามิกส์ต่อการกำจัดอิออนโลหะหนักจากสารละลาย** พิมพ์ใน เอกสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ที่ Royal Hill Resort and Golf Course จ. นครนายก ระหว่าง วันที่ 30-31 ตุลาคม 2546

6.**การศึกษาสมบัติการไหลของโพลีเอทธิลีนที่ผ่านกระบวนการรีไซเคิลในสถานการณ์จริง** เสนอตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 30-31 ตุลาคม 2546 จ. นครนายก.

7. **Use of Ceramics for Heavy Metal Ion Removal from Synthetic Wastewater.** In Proceeding of Conference of "The Biennial Symposium International Society of Environmental Biotechnology, 18-21 June 2004, Chicago, Illinois, USA.

8. **Removal of Heavy Metal Ions from Synthetic Wastewater using Earthenware Chips.** In Proceeding of "The 3rd Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium". April 6-9 2005, Chiang Mai, Thailand.

9 **การปรับปรุงและเพิ่มมูลค่าแกลบเป็นปุ๋ย/วัสดุปลูก** ได้รับทุนวิจัยจากโครงการเครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ปี 2547

10. **การแข่งขันกำจัดโลหะหนักออกจากสารละลายโดยวิธีการดูดซับด้วยเซรามิกส์** ได้รับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548

11. **การเฝ้าระวังคุณภาพน้ำผิวดินในบริเวณคลองรังสิตประยูรศักดิ์บริเวณจังหวัดปทุมธานี ถึงอำเภอองครักษ์จังหวัดนครนายก** ได้รับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 สถานะภาพเป็น หัวหน้าโครงการวิจัย

12. **โครงการศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปี พ.ศ.2548** ได้รับทุนวิจัยงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 สถานะภาพเป็น หัวหน้าโครงการวิจัย

13. **การศึกษาสภาวะการสกัดของสารเพคตินจากบริเวณฐานรองดอกและลำต้นของต้นทานตะวัน** ได้รับทุนการวิจัยเครือข่ายการวิจัยภาคกลางตอนบน ประจำปี2548 สถานะภาพเป็นผู้ร่วมโครงการวิจัย

14.**การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพอลิโพรพิลีนรีไซเคิลที่เติมฝ้ายเพื่อเป็นวัสดุทดแทน** (Study of Mechanical Properties of Recycle Polypropylene-Cotton Composite for Renewable Materials) ได้รับทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 สถานะภาพเป็นผู้ร่วมโครงการวิจัย

งานวิจัยที่กำลังทำ :

1. **การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นพลังงานทดแทน** ได้รับเงินทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 อยู่ระหว่างการวิจัย