TP327
ส444
2551

354400

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 5 เรื่อง

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES FROM PHYSIC NUT WASTE FOR RENEWABLE ENERGY

ม.ค. 2552

ชุดโครงการวิจัย เรื่อง

การใช้สบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

A USE OF CURCAS SEED AND CURCAS OIL AS ALTERNATIVE FUELS

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์ หัวหน้าโครงการ

พฤษภาคม 2551

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากเมล็ดสบู่ดำเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำแทนการใช้ถ่านที่ได้จากไม้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม โดยกากเมล็ดสบู่ดำเป็นวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันกากเมล็ดสบู่ดำจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส ซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 120 ถึง 180 ไมโครเมตร ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษามี 2 ชนิดได้แก่ ส่าเหล้าและน้ำแป้ง ในสัดส่วนกากเมล็ดสบู่ดำต่อตัวประสาน 1:0.75 1:0.5 และ 1:0.25 แล้วอัดแท่งด้วยวิธีอัดแบบอัดเย็น สมบัติทางกายภาพที่ทดสอบได้แก่ค่าพลังงานความร้อน ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าต้านทานแรงกด ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว โดยจากการทดลองพบว่าจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้อัตราส่วน กากสบู่ดำ 1 ต่อส่าเหล้า 0.25 และเพิ่มกากบิทูมินัส15% โดยสามารถให้ค่าต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 161.12 นิวตัน และ ความร้อนสูงสุดประมาณ 30.66 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง/ กากสบู่ดำ/ ตัวประสาน

Production of Fuel Briquettes from Physic Nut Waste for Renewable Energy

ABSTRACT

The aim of this study is to produce solid fuel from Jatropha residual, instead of the wood of forest, which is less available and its exploitation is negative for the environment. The Jatropha residual was partially carbonized at temperature about 300°C with particle size about 120-180 μm. Starch paste was used as binder with varied ratios of 1:0.75, 1:0.5 and 1:0.25. Two types of binder are used in this study namely: dunder and starch paste 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 Jatropha residaul and dunder which the ratio of 1:0.25 give the maximum heating value and compressive strength with 30.66 MJ/kg and 161.12 N respectively.

Key word: Solid fuel / Jatropha residual / Binder

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของภาควิชาฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง วิเคราะห์ทางความร้อน เครื่องอัดไฮโดรลิก เตาเผา เครื่องUniversal Testing Machine และเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นอื่นๆและคำแนะนำต่างๆในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสุภกิจ ขาวเนตร และคุณปรีชา แก้วศรีพรม ที่ช่วยดูแลและซ่อมอุปกรณ์ให้ใช้ได้อย่างสะดวก

ขอขอบคุณนางสาวทิพสุภร ขำล้วน และนางสาวปราณี ปันทะแค นิสิตชั้นปีที่4 สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยเก็บข้อมูล

ขอขอบคุณอาจารย์บุณโชติ ชำนาญ อาจารย์วิทยาลัยเทคนิคปราจีนบุรีที่ได้ออกแบบและประกอบเครื่องมืออัดเชื้อเพลิงแข็งแบบใช้มือโยก

ขอขอบพระคุณ โรงงานสุราหลักชัย จังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2550

ศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎี	3
2.1.1 เชื้อเพลิง	3
2.1.2 ตัวประสาน	5
2.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง	5
2.1.4 ถ่านหิน	7
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 อุปกรณ์และการทดลอง	12
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	12
3.2 สารเคมี	12
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	13
3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ	13
3.4.1 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง	14
3.4.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
3.4.3 การหาปริมาณเถ้า	15
3.4.4 การหาค่าสารระเหย	15
3.4.5 การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว	15
3.4.6 การหาค่าต้านทานแรงกด	16
3.4.7 การทดสอบการต้านทานแรงกระแทกแตก	16
3.4.7 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	19
4.1 การทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากากเมล็ดสบู่ดำ	19
4.2 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง	19
4.2.1 ความหนาแน่น	21
4.2.2 ร้อยละความชื้น	22
4.2.3 ปริมาณเถ้า	23
4.2.4 ปริมาณสารระเหย	25
4.2.5 การต้านทานแรงกด	26
4.2.6 ดัชนีการต้านทานการตกกระแทกแตก	28
4.2.7 ปริมาณคาร์บอนคงตัว	29
4.2.8 ปริมาณความร้อน	30
4.2.9 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง	31
4.3. การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ตัวประสานอื่น ๆ	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	37
5.1. สรุปผลการทดลอง	37
5.2. ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านหินแต่ละชนิด	7
4.1	อัตราส่วนการผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง	20
4.2.	สรุปผลการทดลองสมบัติทางกายภาพของถ่านจากกากเมล็ดสบู่ดำ	33
4.3	เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างถ่านกะลามะพร้าวกับถ่านจากกากเมล็ดสบู่ดำ	33
4.4.	ผลการเปลี่ยนแปลงของแท่งเชื้อเพลิงแข็งอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ผ่านการอบและไม่ผ่านการอบ	35

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละคาร์บอนกับเวลา	19
4.2	ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้	21
4.3	ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าตัวประสาน	22
4.4	ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆโดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน	22
4.5	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	23
4.6	ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	23
4.7	ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	24
4.8	ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน	24
4.9	ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าตัวประสาน	25
4.10	ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน	26
4.11	ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	27
4.12	ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน	27
4.13	ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน	28
4.14	ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	29
4.15	ปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน	29
4.16	ปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกตัวประสาน	30
4.17	ปริมาณค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆโดยมีส่าเหล้าตัวประสาน	31
4.18	ปริมาณค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆโดยมีน้ำแป้งสุกตัวประสาน	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
4.19	การวัดอุณหภูมิขณะเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำ	32
4.20	การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำตอนเริ่มต้น	32
4.21	การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกะลามะพร้าวภายหลังจากติดไฟประมาณ 1 ชั่วโมง	32
4.22.	แท่งเชื้อเพลิงผงถ่านกากเมล็ดสบู่ดำ: ตัวประสานผงปุ๋ยหมักกากน้ำตาลผสมผงแป้งมัน1:0.5 ที่อัตราส่วน 1:0.3 1:0.4 1:0.5 1:0.75 และ 1:1	36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันสภาวะการใช้พลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกขณะ พลังงานที่ใช้ในการหุงต้มในครัวเรือนและกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมทั้งขนาดเล็กและขนาดย่อม โดยส่วนใหญ่ที่ใช้นั้นเป็นพลังงานความร้อนซึ่งได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ต้องสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศเพื่อที่จะซื้อเชื้อเพลิงเหล่านี้เข้ามา แต่จากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นจำนวนมากซึ่งวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวเป็นชีวมวลที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงได้และมีศักยภาพในการใช้งานได้ดี ในปี 2545 ประเทศไทยมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลประมาณ17% ของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของประเทศ ซึ่งทำให้ปัจจุบันประสบปัญหาข้อการขาดแคลนทรัพยากรป่าไม้และฟืนเริ่มหาได้ยากและมีราคาแพงขึ้น เทคโนโลยีที่ใช้อยู่โดยทั่วไปเกี่ยวกับการผลิตยังคงมีการใช้พลังงานจากไม้ส่วนใหญ่และยังมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้การใช้เชื้อเพลิงและวัตถุดิบมาก เนื่องจากปัจจุบันมีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำทรัพยากรที่เหลือใช้กลับมาแปรสภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ประกอบกับประเทศไทยเข้าสู่ช่วงวิกฤตของพลังงานได้หันกลับมามองถึงประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติที่เหลือใช้ที่มีอยู่ในท้องถิ่นและใกล้เคียงซึ่งได้แก่ แกลบ ที่ได้จากเมล็ดข้าวเปลือกที่ผ่านการสีข้าว ขี้เลื่อยผ่านการเลื่อยไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพืชอีกชนิดหนึ่งต้นสบู่ดำชาวโปรตุเกสนำเข้ามาในช่วงปลายสมัยกรุงศรีอยุธยาเพื่อรับซื้อเมล็ดไปคัดบีบเอาน้ำมันสำหรับทำสบู่และเมล็ดสบู่ดำยังเป็นพืชที่ทำให้เกิดพลังงานทดแทนได้ คือนำน้ำมันที่ผ่านการบีบแล้วมาใช้แทนน้ำมันดีเซลเมล็ดสบู่ดำ 1 กิโลกรัมสกัดน้ำมันได้ 1 ลิตร ส่วนกากเมล็ดสบู่ดำส่วนใหญ่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์เนื่องจากมีไนโตรเจนสูง และนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์ของพืชได้ จากประโยชน์ของต้นสบู่ดำจึงทำให้ผู้วิจัยพบว่าพืชชนิดนี้จะเป็นพืชที่ให้พลังงานได้หลายรูปแบบ จึงทำให้ผู้ทำการวิจัยได้ทำการศึกษาหาแนวทางที่จะนำกากเมล็ดสบู่ดำมาทำให้เกิดเป็นพลังงานความร้อนที่จะนำมาเป็นพลังงานหมุนเวียนในอนาคตและยังเป็นแนวทางในการเลือกวัตถุดิบมาทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากขึ้นโดยนำกากเมล็ดสบู่ดำนี้มาใช้ประโยชน์คือการเพิ่มความหนาแน่นก่อน เพื่อสะดวกต่อการใช้งานและการเก็บรักษา เพิ่มความร้อนต่อหน่วยปริมาตรและเป็นการลดต้นทุนในการขนส่ง สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นสามารถทำได้ด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากการเมล็ดสบู่ดำคือการอัดด้วยไฮโดรลิกส์ มี 2 แบบ คือ กระบวนการอัดรีร้อนและกระบวนการอัดรีดเย็น ซึ่งกระบวนการอีดรีดร้อนนั้นเหมาะกับวัตถุดิบที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบ เช่นขี้เลื่อยเป็นต้น โดยการให้ความร้อนจะทำให้ลิกนินที่มีอยู่ในวัตถุดิบละลายออกมายึดเกาะอนุภาคของ

วัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง แต่สำหรับกระบวนการอัดรีดเย็นไม่ต้องการความร้อนระหว่างการอัดจำเป็นจะต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงแทน ผู้ทำการวิจัยได้เลือกการอัดแบบรีดเย็นเพื่อทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงจากการเมล็ดสบู่ดำ เพราะเนื่องจากกากเมล็ดสบู่ดำแห้งยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ อาจสามารถติดไฟได้ง่ายเมื่อทำการอัดแบบรีดร้อนอาจจะทำให้กากเมล็ดสบู่ดำไหม้ไปกับการให้ความร้อนและเครื่องอัดร้อน มีราคาค่อนข้างสูง จึงได้ทำการศึกษาถึงชนิดของตัวประสานชนิดต่าง ๆ เช่น ส่าเหล้า น้ำแป้งสุก เป็นต้น และทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง สำหรับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นั้นจะนำไปทดสอบทางกายภาพต่าง ๆ ได้แก่ ค่าต้านทานแรงกด ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกแตก ค่าความร้อน และความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง เป็นต้น และศึกษาหาแนวทางการนำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ตามความต้องการใช้ถ่านที่มากขึ้น เช่น เป็นเชื้อเพลิงตามร้านอาหาร ภายในบ้านพักอาศัย หรือโรงงานต่างๆ เป็นต้น และเป็นการตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อนำกากเมล็ดสบู่ดำที่เหลือใช้จากการหีบน้ำมันสบู่ดำมาทำเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง และ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

จะทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิง ความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร และค่าความร้อนของกากเมล็ดสบู่ดำ โดยศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้ ซึ่งได้แก่

3.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกากเมล็ดสบู่ดำและตัวประสานในการขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง

3.2 ตัวประสานที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำแป้ง ส่าเหล้า กากถ่านหินบิทูมินัส

3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากกากเมล็ดสบู่ดำ ได้แก่ ค่าต้านทานแรงกด ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกแตก ค่าความหนาแน่น ร้อยละความชื้น ร้อยละเถ้า ร้อยละสารระเหย ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่ง และการลุกติดไฟ

3.4 กากเมล็ดสบู่ดำ มาจาก อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม

3.5 น้ำหนักที่ใช้ในการทดลองใช้น้ำหนักที่เป็น dry weight

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนการใช้ถ่านจากการเผาไม้ ทำให้ลดการตัดไม้สำหรับทำเชื้อเพลิง

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 เชื้อเพลิง [3]

เชื้อเพลิง คือ สารใด ๆ เมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว จะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้ ธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงคือ คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) เมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนจะทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนแล้วเกิดพลังงานความร้อน น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ ในบางครั้งอาจจะเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือ เขม่า

<u>เชื้อเพลิง แบ่งตามสถานะ</u>ได้เป็น 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

<u>เชื้อเพลิง แบ่งตามแหล่งกำเนิด</u> ได้เป็น 2 ประเภท คือ

- เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ หมายถึง เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากพืชสัตว์ หรือจากการทับถมของซากพืช ซากสัตว์ เป็นเวลานานนับล้าน ๆ ปี (fossil fuel) เชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่ต้องแปรรูปก็ได้ เช่น ฟืน ถ่าน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ หินน้ำมัน ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น
- เชื้อเพลิงแปรรูป หมายถึง เชื้อเพลิงที่ต้องผ่านกระบวนการในการผลิตก่อนจึงจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้มาแปรสภาพโดยเข้ากระบวนการอัดแท่งเพื่อเป็นถ่านอัดแท่งใช้ประโยชน์ต่างๆ ลักษณะของถ่านอัดแท่งสำเร็จรูปมีคุณสมบัติพิเศษคือ จะได้แท่งเชื้อเพลิงที่ไม่มีกลิ่น ไม่มีควัน ไม่แตกประทุ ขี้เถ้าน้อยไม่ฟุ้งกระจาย ไม่ทำลายสุขภาพ ให้ความร้อนสูงสม่ำเสมอและทนทานใช้งานได้มากกว่าถ่านไม้ธรรมดาอย่างน้อย 2.5 เท่าโดยผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งมีการผลิตเพื่อจำหน่ายในขนาด มาตรฐาน 2 ขนาดดังนี้

- ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอก มีรูกลวง ขนาด 4 X 4.5 เซนติเมตร

- ถ่านอัดแท่งรูปทรงกระบอก มีรูกลวง ขนาด 2 X 4.5 เซนติเมตร

ราคาจำหน่ายสินค้าถ่านอัดแท่งอยู่ที่ กิโลกรัมละ 12 ถึง 15 บาท โดยบรรจุใส่กระสอบพลาสติก น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

ตลาดถ่านอัดแท่งภายในประเทศไทยมีความต้องการเพื่อใช้เป็นเชื้อฟืนในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนกระทั่งภัตตาคารใหญ่ ประกอบกับปัจจุบันมีการเกิดขึ้นของร้านอาหารประเภทย่างและปิ้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัดมากมาย และมีการเล็งเห็นถึงอันตรายจากการใช้แก๊สในการย่างหรือปิ้งอาหาร ดังนั้นจึงมีการใช้ถ่านในการประกอบอาหารเพิ่มมากขึ้น ความต้องการในการใช้ถ่านก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ประโยชน์ของถ่านอัดแท่งสามารถใช้เพื่องานอื่น เช่น

- สารดูดซับกลิ่น โดยรูพรุนและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในถ่านจะดูดซับกลิ่นและเชื้อโรคต่าง ๆ เอาไว้ ช่วยลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้อย่างดี

- ใช้เป็นสารปรับปรุงดิน ถ่านจะมีรูพรุนมากมาย เมื่อใส่ถ่านป่นลงในดินจะช่วยปรับสภาพดินให้ร่วนซุย อุ้มน้ำได้ดีขึ้นส่งผลให้รากพืชขยายตัวอย่างรวดเร็วช่วยลดการใช้ปุ๋ยเพราะสมบัติต่าง ๆ ของจุลธาตุที่มีอยู่หลายชนิดในแท่งถ่าน จะเป็นประโยชน์ให้แก่พืชที่ปลูก

- ช่วยรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้น ผักและผลไม้จะมีกลไกผลิตก๊าซเอธิลีน เพื่อทำให้ตัวเองสุก เราสามารถรักษาผลผลิตให้สดนานขึ้นโดยใส่ผงถ่านลงในกล่องบรรจุเพื่อดูดซับก๊าซดังกล่าวไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ผักผลไม้จะยังคงสดอยู่ได้นานถึง 17 วัน โดยไม่เสียหายหรือสุกงอม

- ใช้ผสมอาหารสัตว์ นำผงถ่านผสมในอาหารสัตว์ด้วยอัตราส่วนเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ถ่านจะช่วยดูดซับก๊าซในกระเพาะและลำไส้ ช่วยลดอาการท้องอืดเนื่องจากปริมาณน้ำในอาหารสูงเกินได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์

- ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ นำถ่านไม้ใส่กระสอบ (ในปริมาณที่สอดคล้องกับประมาณแหล่งน้ำ) ไว้ที่ก้นบ่อ และจัดให้มีการไหลเวียนน้ำบริเวณกระสอบถ่านนั้น เศษอินทรียวัตถุต่าง ๆ ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในรูพรุนของถ่านจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำในบ่อเลี้ยงปลาหรือกุ้งได้

การอัดแท่งของเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มี 2 วิธี คือ

1. <u>การอัดแท่งด้วยวิธีการอัดร้อน</u> เป็นวิธีที่ให้ความร้อนเป็นตัวละลายสารที่อยู่ในเนื้อวัสดุที่ใช้ในการอัดแท่งถ่าน เช่น สารลิกนินให้ละลายประสานกันเป็นแท่งฟืนโดยไม่ต้องใช้ตัวประสาน

2. <u>การอัดแท่งด้วยวิธีการอัดเย็น</u> เป็นกระบวนการอัดเย็นโดยไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่จำเป็นต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุให้คงรูปเป็นแท่ง

2.1.2 ตัวประสาน (Binder)

ตัวประสานเป็นสารที่ผสมรวมเข้ากับวัสดุชีวมวลเพื่อยึดเกาะวัสดุให้เกาะติดได้ดีและคงรูปไว้ได้ ซึ่งมีการใช้ตัวประสานหลายชนิด หลากหลาย ขึ้นกับชนิดของชีวมวล เช่น ส่าเหล้า แป้งเปียก ผงแป้งมัน โมลาส เป็นต้น ในการศึกษานี้จะใช้ น้ำแป้ง และ ส่าเหล้า ((Dunder or distillery slops) [4]เป็นตัวประสาน ส่าเหล้า เป็นเศษเหลือที่ได้จากการทำเหล้ารัม เศษเหลือนี้เป็นปัญหาสำหรับโรงเหล้าในการกำจัดทิ้ง แต่ส่าเหล้านี้มีโพแทส เหลือปะปนอยู่ด้วยจำโดยนวนมาก โรงเหล้าจึงใช้ส่าเหล้านี้ใส่ลงในไร่อ้อย หรือถ้าหากนำส่าเหล้านี้ไปเผา จนเป็นขี้เถ้าจะมีส่วน ประกอบของโพแทสอยู่ถึง 37.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้เป็นปุ๋ยโพแทสได้ดี

2.1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง (Physical properties)

การขึ้นรูปของแท่งเชื้อเพลิง ใช้กระบวนการอัดเย็นโดยไม่ใช้ความร้อนในระหว่างการอัด โดยใช้ตัวประสานผสมลงไปในสัดส่วนตามต้องการเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่ง สมบัติทางกายภาพที่จะศึกษาเพื่อบ่งบอกถึงคุณภาพของแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งได้แก่

<u>สารระเหย</u> (Volatile Substances) [5]

สารระเหย หมายถึง สารประกอบอินทรีย์เคมีประเภทไฮโดรคาร์บอนที่ได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ เป็นสารที่ระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิปกติ สารเหล่านี้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นได้บ่อยๆ เช่น ทินเนอร์ แลคเกอร์

<u>เถ้า</u> (Ash)

เถ้า คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการเผาอาหารที่อุณหภูมิสูง จนกระทั่งสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปหมด เถ้าที่ได้มีส่วนประกอบของแร่ธาตุไม่เหมือนเดิมทุกอย่าง เนื่องจากแร่ธาตุบางอย่างอาจระเหยไประหว่างเวลาการเผา

<u>ความชื้น</u> (Moisture) [6]

ความชื้น หมายถึง ส่วนประกอบน้ำที่มีอยู่ในชิ้นงานหรือวัตถุใดๆ ซึ่งจะพบได้ 3 รูปแบบ คือ

1. Free water คือน้ำที่อยู่อย่างอิสระในแท่งเชื้อเพลิง ไม่มีพันธะใดๆมายึดไว้ น้ำประเภทนี้ทำให้สูญเสียไปได้ง่ายโดยการระเหยหรือทำให้แห้ง

2. Bound water คือ น้ำที่ประกอบอยู่ในแท่งเชื้อเพลิงรูปไฮเดรต (hydrate) โดยมีพันธะเคมียึดไว้ เช่นเมื่อโปรตีนดูดซับน้ำไว้ น้ำจะอยู่ในลักษณะที่เป็นเจล มี hydrogen bonds ยึดไว้ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำ ส่วนพวกคาร์โบไฮเดรตจะดูดซับน้ำไว้ใน ลักษณะที่เป็นโมโนไฮเดรต

3. Adsorbed water คือน้ำที่ดูดซับห่อหุ้มอยู่รอบๆผิวของส่วนประกอบของแท่งเชื้อเพลิง ในลักษณะที่เป็นชั้นบางๆ โดยมีแรงดึงของโมเลกุล (Molecular forces) ยึดไว้

ในแท่งเชื้อเพลิงนี้จะทำการหาปริมาณความชื้นโดยการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105°ซ จนน้ำหนักคงที่

ความหนาแน่น (Density) [7]

ความหนาแน่น (สัญลักษณ์: ρ อักษรโรในภาษากรีก) เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร kg/m^3 ความหนาแน่นเฉลี่ย (Average density) หาได้จากผลหารระหว่างมวลรวมกับปริมาตรรวม ดังสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่

ρ คือความหนาแน่นของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือมวลรวมของวัตถุ (หน่วย กิโลกรัม)

V คือปริมาตรรวมของวัตถุ (หน่วย ลูกบาศก์เมตร

การหาค่าต้านทานแรงกด [ASTM, 15]

การทดสอบการต้านทานแรงกดทำโดยการใช้เครื่อง Universal Testing Machine โดยทำการให้แรงกดตรงผิวหน้าของชิ้นงานด้วยแรงค่าที่เพิ่มขึ้นจนชิ้นงานแตก ซึ่งสมบัตินี้จะบอกถึงความสามารถทนนานต่อแรงกดอัดวางทับบนชิ้นงาน โดยนำแท่งถ่านที่ผลิตได้และผ่านกระบวนการอบแล้ว นำมาวางบนผิวสัมผัสที่เรียบของแผ่นกดบนเครื่อง เครื่องกระทำการกดลงบนแท่งเชื้อเพลิง จนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหักแล้วทำการบันทึกผลของน้ำหนักกดที่สูงสุดที่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหัก

ดัชนีค่าการต้านทานแรงกระแทกแตก [Richards, S.R.(1990)]

ทำโดยการนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการตากแดดให้แห้งใช้เวลาประมาณ 7 วัน ตัดให้มีขนาด 1 ลบ.ซม. จำนวน 3-6 ชิ้น ในการทดลองแต่ละครั้ง จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงที่ตัดไว้ปล่อยลงจากที่สูง 2 เมตร ลงบนพื้นคอนกรีตเรียบและได้ระดับ โดยจะปล่อยเชื้อเพลิงจนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงแตกหัก ค่านี้จะเป็นค่าบอกถึงความเปราะแตกง่ายเมื่อมีการตกจากที่สูง แต่ชิ้นงานจะมีจำนวนการปล่อยมากที่สุดไม่เกิน 50 ครั้ง ซึ่งต้องทำการบันทึกจำนวนครั้งที่ทำการปล่อยแท่งเชื้อเพลิง และจำนวนชิ้นของแท่งเชื้อเพลิงที่แตกหักออกมาชิ้นงานที่นำมาทดสอบเมื่อตกกระแทกพื้น โดยการแตกหักของแท่งเชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบนั้นจะสังเกตได้จากขนาดของแท่งเชื้อเพลิงก่อนทำการทดสอบ ซึ่งถ้าหากแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบอยู่นั้นแตกเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดเริ่มต้นจนกว่าเกิดการแตกหักของแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นหาค่าดัชนีของการต้านทานแรงกระแทก(Impact resistance index: IRI)

IRI = 100 * (จำนวนครั้งที่ปล่อยจนแท่งเชื้อเพลิงตกแตกหักเฉลี่ย) /
(จำนวนแท่งเชื้อเพลิงที่แตกออกมาจากชิ้นงานเดิม)

ซึ่งค่าต้านทานแรงกระแทกต่ำสุดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 50

ค่าความร้อน [8]

ค่าทางความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกไฮโดรคาร์บอนเมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (ซึ่งอยู่ในรูปของไอน้ำ) การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอรีมิเตอร์

2.1.4 ถ่านหิน (Coal) [2]

ถ่านหิน (coal) คือหินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งสามารถติดไฟได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือสารประกอบของคาร์บอน ซึ่งจะมีอยู่ประมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนักหรือร้อยละ 70 โดยปริมาณ ถ่านหินมีกำเนิดมาจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของพืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ที่สลายตัวและสะสมอยู่ในลุ่มน้ำหรือแอ่งน้ำต่างๆ นับเป็นเวลาหลายร้อยล้านปี เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกเช่น เกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด หรือมีการทับถมของตะกอนมากขึ้น ทำให้แหล่งสะสมตัวนั้นได้รับความกดดันและความร้อนที่มีอยู่ภายในโลกเพิ่มขึ้น ซากพืชเหล่านั้นก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นถ่านหินชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของถ่านหินแต่ละชนิด

ถ่านหิน	ปริมาณความร้อน	ปริมาณความชื้น	ปริมาณขี้เถ้า	ปริมาณกำมะถัน
1. แอนทราไซต์	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
2. บิทูมินัส	สูง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
3. ซับบิทูมินัส	ปานกลาง-สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
4. ลิกไนต์	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ-สูง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกศกนกและวิทวัส(2546) ได้ทำการศึกษาถ่านชีวภาพที่เตรียมจากวัสดุการเกษตรวัสดุที่นำมาใช้คือชานอ้อยลำต้นมันสำปะหลังและกาบมะพร้าวโดยใช้มูลสัตว์เป็นที่ประสาน อัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังในอัตราส่วน 4 ต่อ 1 ต่อ 1 ต่อ และอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ชานอ้อยผสมลำต้นมันปะหลังในอัตราส่วน 3ต่อ 1 ต่อ 1 ต่อ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเมื่อพิจารณาผลการทดลองจากค่าความร้อนการต้มน้ำ ปริมาณควัน และลักษณะของถ่าน พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคืออัตราส่วน2 ต่อ 1ต่อ 1 ทั้งชานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังและชานอ้อยผสมกาบมะพร้าว

จินดาพรและคณะ(2549)ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากชีวมวลผสม 2 คู่คือ แกลบ-ผักตบชวา และ ชานอ้อย-ฟางข้าว โดยนำชีวมวลทั้ง 4 ชนิดไปตากแดด แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นชีวมวลแต่ละคู่ไปผสมกันที่อัตราส่วน 20 ต่อ 80, 40 ต่อ 60, 60 ต่อ 40 และ 80 ต่อ 20 (โดยมวล) โดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้ากระบวนการอัดแท่งและอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้อยู่ในช่วง 185 ถึง 223 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดสอบการเผาไหม้ พบว่า ชีวมวลผสมระหว่าง แกลบและผักตบชวา ที่อัตราส่วนผสม 60 ต่อ 40 ให้อุณหภูมิก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงที่สุด สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วง 1 ต่อ 15 หนึ่งส่วนในส่วนล้าน

ฐานิตย์และคณะ(2549) นำเศษถ่านไม้ยางพาราเหลือเป็นจำนวนมากมาแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งผงถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในสัดส่วน 8 ต่อ 100 10 ต่อ 100 และ 12 ต่อ 100 ซึ่งศึกษาถึงการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมแป้งเปียกทำให้ความหนาแน่น การต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงและพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าความร้อนและอัตราการผลิตจะลดลงตามปริมาณสัดส่วนของแป้งเปียก โดยจากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร มีค่าอยู่ในช่วง 6 ถึง 7.7 กิโลกรัมต่อนาที และการต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.35 เมกะปาสคาล ซึ่งมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ ส่วนพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดมีค่าน้อยมากในทุก

ทิพาวรรณ และอัญชริการ์ (2546) ศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรกรรม และ อุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยการนำเปลือกทุเรียนมาผสมกับกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างเปลือกทุเรียนกับกากตะกอนตั้งแต่ 4 ต่อ 1 ถึง 7 ต่อ 1 สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเปลือกทุเรียนเพิ่มขึ้น จะอัดขึ้นรูปได้ยากขึ้น ความหนาแน่น และดัชนีการแตกร่วนจะลดลง

พัชฎาภรณ์และอรชุมา (2546) ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำแท่งเชื้อเพลิงจากฟางข้าวและแกลบ โดยใช้ผักตบชวาเป็นตัวเชื่อมประสานพร้อมทั้งศึกษาหาค่าความร้อน อัตราการให้ค่าความร้อนและก๊าซเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนฟางข้าวต่อผักตบชวา และแกลบต่อผักตบชวาในอัตราส่วน 1 ต่อ 3โดยน้ำหนัก ทำให้แท่งเชื้อเพลิงอยู่ตัวดี ไม่แตกเปราะ สามารถยึดเกาะได้ดีและให้ค่าความร้อน 3,956 กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัม และ2,358 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สดับพรและคณะ(2548) ทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากต้นโสนซึ่งเป็นวัชพืชแทนการใช้ไม้ โดยใช้ต้นโสนจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิด ได้แก่ โมลาส มันสำปะหลังดิบ และแป้งมันสำปะหลังหยาบ ส่วนผสมระหว่างผงถ่านไม้โสนกับตัวประสานจะถูกอัดให้เป็นแท่งมีเส้นผ่านมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 40 และ45 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกรู สมบัติทางกลที่ทดสอบได้แก่ความหนาแน่น ความต้านแรงกด และดัชนีค่าตานการตกกระแทก จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงแท่งที่มีความแข็งแรงและมีค่าความร้อนสูงสุดได้จากเชื้อเพลิงที่ใช้มันสำปะหลังดิบเป็นตัวประสาน

ศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์ (2549) ได้ทำการศึกษาผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากแกลบและฟางข้าว แทนการใช้ไม้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อม โดยแกลบและฟางข้าวจะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 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 โดยให้ค่าต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.29 กิโลปาสคาล และ ความร้อนสูงสุดประมาณ 21.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

ประสานและคณะ(2549) ได้ทำการศึกษาการออกแบบสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันและการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกะลามะพร้าว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือการออกแบบสกรูอัดรีดสำหรับผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการอัดรีดเย็น และศึกษาผลของสัดส่วนโมลาสซึ่งใช้เป็นตัวประสาน และขนาดของมุมอัดรีดต่ออัตราการผลิตและสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงที่อัดได้ วัตถุดิบที่ใช้คือผงถ่านกะลามะพร้าวผสมกับผงถ่านใยกะลามะพร้าวในสัดส่วน40:60 ในการทดลองได้ปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมของโมลาสต่อมวลวัตถุดิบดังนี้ 10:100 15: 100 และ 20:100 และมุมอัดรีดของแม่พิมพ์จะเปลี่ยนไปดังนี้คือ 1.0 1.1 1.2 และ 1.3 องศา ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสกรูที่ออกแบบไว้ใช้งานได้ดีโดยมีอัตราการผลิตอยู่ในช่วง 0.75-0.90 กก/นาที ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบไว้ สำหรับผลของโมลาสพบว่ามวลของโมลาสที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลดีต่ออัตราการผลิตและความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิง ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของมุมอัดรีดจะทำให้ทั้งอัตราการผลิตและความแข็งแรงลดลง ในทุก ๆ เงื่อนไขการทดลองค่าการต้านทานแรงกดมีค่าระหว่าง 2.49-2.87 MPa ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับในอุตสาหกรรม นอกจากนี้เชื้อเพลิงแท่งที่อัดได้ยังมีความสามารถต้านทานแรงกระแทกได้อย่างดีเยี่ยม สำหรับพลังงานที่ใช้ในการอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงพบว่ามีค่าน้อยโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.040-0.079 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม

สุวิทย์และคณะ(2549) ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากทลายปาล์ม ซึ่งย่อยให้มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ แล้วอัดแท่งโดยวิธีอัดแบบอัดเย็น ที่ระดับความชื้นประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ ด้วยแรงอัด 10 เมกะปาสคาล นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้นี้มาศึกษาสมบัติทางกายภาพ ผลการศึกษาพบว่า แท่งเชื้อเพลิง 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 ต่อ 2 ต่อ3 ต่อ 2 ตามลำดับ สามารถให้ค่าพลังงานความร้อนสูงสุด และเมื่อนำทลายและเส้นใยปาล์มในภาคใต้ที่มีอยู่ประมาณ 1.1 ล้านตันต่อปี จะได้ค่าศักยภาพพลังงานความร้อนประมาณ 411.8 เมกะวัตต์

Husain et al. (2002) การผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากใยปาล์ม กะลาปาล์ม และทะลายปาล์มเปล่าจากขบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม การทดลองนี้ได้ทำการศึกษาถึงความหนาแน่น การยึดเกาะ ค่าแรงกระแทก ความแข็งแรง ค่าความร้อน ลักษณะการเผาไหม้ เถ้า ความชื้น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดัน และ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแข็ง โดยมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัตถุดิบ คือ เส้นใยปาล์ม กะลาปาล์ม และทะลายปาล์มเปล่า และเปลี่ยนขนาดของแท่งเชื้อเพลิงแข็งโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 50 และ 60 มิลลิเมตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี ความหนาแน่น 1100 และ 1200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำให้ได้คุณสมบัติที่ดี มีความต้านทานดี ไม่แตกสลายง่าย ทนต่อการ

เปียกชื้น ให้ค่าความร้อน 16.4 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ปริมาณขี้เถ้า 6 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความชื้น 12

บทที่ 3

อุปกรณ์และการทดลอง

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

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

2) เครื่องอัดรุ่น Model HP-30 บริษัท TMC ประเทศไทย

3) เครื่องวัดแรงกด Universal Testing Machine (UTM) ยี่ห้อLLOYD Instrument รุ่นLR10K ประเทศอังกฤษ

4) เครื่องคัดขนาด รุ่น AS200 control 'g' บริษัท Retch ประเทศเยอรมันนี

5) เตาอบรุ่น Lenton Thermal Designs บริษัท Lenton ประเทศอังกฤษ

6) เตาเผารุ่น Isotemp Muffle Furnace บริษัท Fisher Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

7) แม่พิมพ์แท่งเชื้อเพลิงทำจากเหล็ก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3.2 ซม. ความยาว 10 ซม.

8) ครูซิเบิล

9) กระบอกตวง

10) ครกหิน

11) เตาอั้งโล่

3.2 สารเคมี

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

2) กากเมล็ดสบู่ดำ จังหวัด นครปฐม

3) แป้งมัน บริษัท N.E. INDUSTRY จังหวัด นครราชสีมา

4) ส่าเหล้าโรงงานสุราหลักชัย จังหวัดราชบุรี

5) กากถ่านหินบิทูมินัส จากบริษัทไทยแลนด์ แอนทราไซท์

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

นำกากเมล็ดสบู่ดำไปเผาที่อุณหภูมิ 200 300 และ 400 องศาเซลเซียส เพื่อหาอุณหภูมิที่มีร้อยละคาร์บอนคงตัวมากที่สุด จากนั้นนำสบู่ดำที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิที่ทำให้กากเมล็ดสบู่ดำมีร้อยละคาร์บอนคงตัวมากที่สุดมาบดให้ละเอียดแล้วไปผ่านตะแกรงร่อนเพื่อให้ได้ขนาดประมาณ 250 ไมโครเมตร นำส่าเหล้าที่เตรียมไว้มาผสมคลุกเคล้ากับผงกากเมล็ดสบู่ดำที่ผ่านการเผาให้เข้ากันตามอัตราส่วนวัตถุดิบต่อตัวเชื่อมประสาน 1 ต่อ 0.75 1 ต่อ 0.5 และ 1 ต่อ 0.25 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำกากเมล็ดสบู่ดำที่ผสมกับตัวประสานหนัก 75 กรัม บรรจุในแม่พิมพ์แล้วนำเข้าเครื่องอัดแท่ง อัดโดยใช้แรงอัด 5 ตันนำกากเมล็ดสบู่ดำที่ผสมกับตัวประสานทำการอัดแท่งแล้วมาอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีความชื้นน้อยที่สุด หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนตัวประสานระหว่างวัตถุดิบต่อตัวประสานดังนี้ ผงกากเมล็ดสบู่ดำต่อน้ำแป้ง ผงกากเมล็ดสบู่ดำต่อผงถ่านบิทูมินัสต่อน้ำแป้ง ผงกากเมล็ดสบู่ดำต่อผงถ่านบิทูมินัสต่อส่าเหล้า หลังจากนั้นทำการทดสอบหาค่าพลังงานความร้อน ความหนาแน่น เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณคาร์บอนคงตัว ขี้เถ้า ปริมาณสารระเหย ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง และหาตัวประสานที่เหมาะสม

3.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

3.4.1 การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิง [ASTM D3172-85]

ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านกระบวนการอัดและผ่านการอบ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง สามารถหาโดยนำมาทำการตัดให้มีขนาด 2 x 2 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถใส่ในหลอดแก้วสำหรับวัดปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิงดังกล่าวได้ หลังจากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงที่ตัดแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบมวลเริ่มต้น (M) การหาค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะใช้สารละลายโทลูอีนเป็นสารตัวกลางในการทดสอบโดยนำเอาโทลูอีนใส่ในหลอดวัดปริมาตร หลังจากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการตัดข้างต้นมาใส่ลงในหลอดแก้วแล้วอ่านค่าปริมาณของทูโลอีนที่เพิ่มขึ้น (ΔV) จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง (D) ดังสมการที่

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

3.4.2 การหาร้อยละความชื้น [ASTM D3172-85]

การหาปริมาณความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงสามารถทำได้โดยนำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่จะนำมาวิเคราะห์มาชั่งน้ำหนัก (M_0) จากนั้นนำไปเข้าเตาอบซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีความชื้นเหลืออยู่ จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก (M_1) และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากร้อยละของน้ำหนักที่หายไปดังสมการที่ (3-2)

$$\text{ร้อยละของปริมาณความชื้น} = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \qquad (3\text{-}2)$$

3.4.3 การหาร้อยละเถ้า [ASTM D3172-85]

ปริมาณเถ้า (Ashes) นำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง มาชั่งประมาณ 1 กรัม (B) ใส่ลงในครูซิเบิลและปิดฝา จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก (C) และคำนวณหาปริมาณเถ้าจากร้อยละของน้ำหนักที่ยังคงเหลืออยู่ดังสมการที่ (3-3)

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

3.4.4 การหาร้อยละสารระเหย [ASTM D3172-85]

ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) นำตัวอย่างแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง มาชั่งประมาณ 1 กรัม (B) ใส่ลงในครูซิเบิลและปิดฝา จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำครูซิเบิลออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ 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 [ASTM D3172-85]

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

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

3.4.6 การหาค่าต้านทานแรงกด [ASTM E1318-94]

การทดสอบการต้านทานแรงกดทำโดยการใช้เครื่อง Tensile testing นำแท่งถ่านที่ผลิตได้และผ่านกระบวนการอบแล้ว นำมาวางบนผิวสัมผัสที่เรียบของแผ่นกดบนเครื่อง เครื่องกระทำการกดลงบนแท่งเชื้อเพลิง จนกระทั้งแท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหักแล้วทำการบันทึกผลของน้ำหนักกดที่สูงสุดที่ทำให้แท่งเชื้อเพลิงเกิดการแตกหัก

3.4.7 การทดสอบการต้านทานแรงกระแทกแตก [Richards, S.R.(1990)]

ทำโดยการนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการตากแดดให้แห้งใช้เวลาประมาณ 7 วัน ตัดให้มีขนาด 1 ลบ.ซม. จำนวน 3-6 ชิ้น ในการทดลองแต่ละครั้ง จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงที่ตัดไว้ปล่อยลงจากที่สูง 2 เมตร ลงบนพื้นคอนกรีตเรียบและได้ระดับ โดยจะปล่อยเชื้อเพลิงจนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงแตกหัก แต่ชิ้นงานจะมีจำนวนการปล่อยมากที่สุดไม่เกิน 50 ครั้ง ซึ่งต้องทำการบันทึกจำนวนครั้งที่ทำการปล่อยแท่งเชื้อเพลิง และจำนวนชิ้นของแท่งเชื้อเพลิงที่แตกหักออกมาชิ้นงานที่นำมาทดสอบเมื่อตกกระแทกพื้น โดยการแตกหักของแท่งเชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบนั้นจะสังเกตได้จากขนาดของแท่งเชื้อเพลิงก่อนทำการทดสอบ ถ้าแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการทดสอบอยู่นั้นแตกเกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดเริ่มต้นจะถือว่าเกิดการแตกหักของแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นหาค่าดัชนีของการต้านทานแรงกระแทก(Impact resistance index: IRI)

IRI = 100 * (จำนวนครั้งที่ปล่อยจนแท่งเชื้อเพลิงตกแตกหักเฉลี่ย) /
(จำนวนแท่งเชื้อเพลิงที่แตกออกมาจากชิ้นงานเดิม)

ซึ่งค่าต้านทานแรงกระแทกต่ำสุดที่ยอมรับได้มีค่าเท่ากับ 50

3.4.8 การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง [ASTM D4809–06.]

การหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็งในการวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์ในการทดสอบคือ บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ทุบถ่านอัดแท่งให้มีขนาดเล็กลงประมาณ 0.5 – 1 เซนติเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 0.5 – 1 กรัม บันทึกน้ำหนัก
- ตัดเส้นด้ายและลวดให้ยาว 10 เซนติเมตร แล้วชั่งและบันทึกน้ำหนัก คล้องลวด (นิกเกิล – โครเมียม มีค่าความร้อน 1400 แคลอรี่ต่อกรัม) เชื่อมระหว่างขั้วทั้ง 2 แล้วขึงให้ตึง
- ทำการมัดด้ายกับแท่งเชื้อเพลิง แล้วนำไปมัดได้กับลวดที่ขึงไว้
- ปิดฝาเครื่องให้สนิท แล้วเติมออกซิเจนให้ได้ความดัน 30 บาร์

- นำตัวบอมบ์จุ่มลงในอ่างน้ำ(วอเตอร์แจ็คเก็ต)ซึ่งภายในจะมีน้ำอยู่แล้ว แล้วต่อเครื่องบอมบ์ให้ครบวงจร
- กดปุ่ม test ถ้าไฟติด แสดงว่าใช้ได้ กดปุ่ม Fire ค้างไว้สักครู่แล้วกด test ถ้าไฟไม่ติด แสดงว่าได้ทำการสันดาปแล้ว
- จับเวลา และอ่านค่าอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ทุกนาที ตั้งแต่นาทีที่ศูนย์จนกว่าอุณหภูมิคงที่ เมื่ออุณหภูมิคงที่ให้ปิดเครื่องและนำตัวบอมบ์ออกจากวอเตอร์แจ็คเก็ต
- ปล่อยอากาศออกจากตัวบอมบ์แล้วเปิดฝาครอบออก
- 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 (เมกกะจูลต่อองศาเซลเซียส)

Q = ค่าความร้อนของการสันดาปของกรดเบนโซอิกมาตรฐาน

= 26,441.6 จูลต่อกรัม

ΔT = อุณหภูมิสูงสุดหลังจากจุดระเบิด – อุณหภูมิที่เริ่มต้นจุดระเบิด

= $T_f - T_i$ (องศาเซลเซียส)

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

- การคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง 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

= $T_f - T_i$ (องศาเซลเซียส)

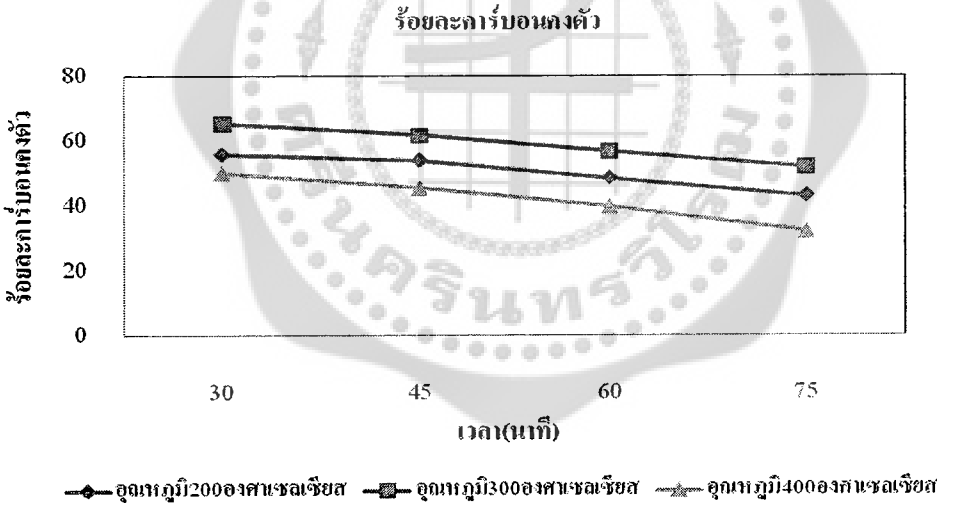
W = สมมูลย์ความร้อนของแคลอริมิเตอร์ (เมกกะจูลต่อองศาเซลเซียส)

G = น้ำหนักของสารตัวอย่าง (กรัม)

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากากเมล็ดสบู่ดำ

จากการศึกษาการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงโดยการอัดเย็นและมีตัวประสาน พบว่าไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานและคงรูปชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ได้ ชิ้นงานจะไม่เกาะกันได้ดีและเมื่อปล่อยทิ้งไว้นานๆจะมีความเสียหายของชิ้นงานจากแมลงจำพวกมอดเนื่องจากกากเมล็ดสบู่ดำเป็นอาหารอย่างดี ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องนำไปอบให้กลายเป็นถ่านสีดำก่อน โดยในการทดสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมใช้ในการเผากากเมล็ดสบู่ดำโดยทำการทดสอบนำกากเมล็ดสบู่ดำมาเผาที่อุณหภูมิ 200 300 และ400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 45 60 นาที ได้ผลดังกราฟในรูปที่ 1 จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละคาร์บอนคงตัวกับเวลา จะพบว่าที่เวลาในการเผากากเมล็ดสบู่ดำเพิ่มขึ้นร้อยละคาร์บอนจะลดลง พบว่าที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสที่เวลาเพิ่มขึ้นร้อยละคาร์บอนจะลดลงมีปริมาณร้อยละคาร์บอนน้อยสุดที่ 32.17 เปอร์เซ็นต์และมากสุดที่ 65.224 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละคาร์บอนกับเวลา

4.2 การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง

จากการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากผงถ่านที่ได้จากการเผากากเมล็ดสบู่ดำที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียสเวลา 30 นาที โดยใช้น้ำแป้งและส่าเหล้าเป็นตัวประสานที่อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวประสานเป็น 1 ต่อ 0.75 1 ต่อ 0.5 และ1 ต่อ 0.25 โดยทำการทดลองทั้งหมด 8 ชุดการทดลอง ในการศึกษาต่อไปนี้ได้มีการเติมกากถ่านหินบิทูมินัสเข้าไปผสมด้วย และทำการศึกษา

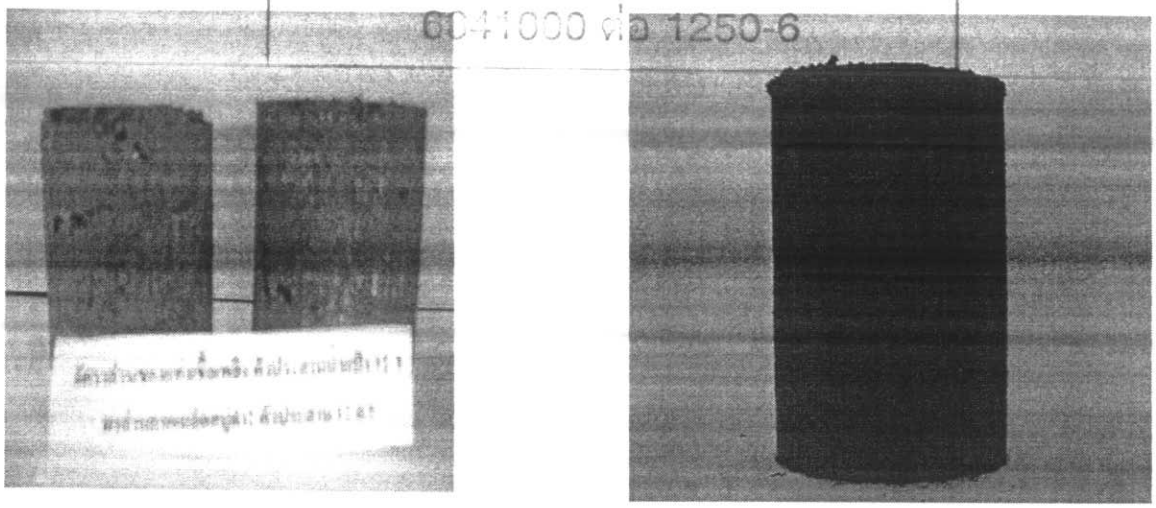
เปรียบเทียบกับแท่งเชื้อเพลิงที่ไม่ได้เติมกากถ่านหินบิทูมินัส โดยมีสมมุติฐานว่าแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่อัดได้จะมี
คุณสมบัติความร้อนดีขึ้นสัดส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนการผสมวัตถุดิบต่อตัวประสานในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง

วัตถุดิบ	ตัวประสาน	อัตราส่วน
กากเมล็ดสบู่ดำ	ส่าเหล้า	1:0.75 1:0.5 1:0.25
	น้ำแป้ง	1:0.75 1:0.5 1:0.25
กากเมล็ดสบู่ดำ เพิ่มกากบิทูมินัส 5%	ส่าเหล้า	1:0.75 1:0.5 1:0.25
	น้ำแป้ง	1:0.75 1:0.5 1:0.25
กากเมล็ดสบู่ดำ เพิ่มกากบิทูมินัส 10%	ส่าเหล้า	1:0.75 1:0.5 1:0.25
	น้ำแป้ง	1:0.75 1:0.5 1:0.25
กากเมล็ดสบู่ดำ เพิ่มกากบิทูมินัส 15%	ส่าเหล้า	1:0.75 1:0.5 1:0.25
	น้ำแป้ง	1:0.75 1:0.5 1:0.25

เพื่อศึกษาหาตัวประสานที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง จะมีลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วจะนำมาทดสอบลักษณะทางกายภาพต่างๆคือ ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยปริมาณคาร์บอนคงตัว ค่าต้านทานแรงกด ค่าต้านทานแรงกระแทกแตกและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ได้นำไปทดสอบการเผาไหม้จริงภาพในเตาซึ่งพบว่าเชื้อเพลิงสามารถคงลักษณะการเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ตลอดการเผาไหม้และใช้ระยะเวลาการเผาไหม้ประมาณ 1.7 ชั่วโมง

หอสมุด มรว องกรัภย์
http://dlib.swu.ac.th
6041000 ต่อ 1250-6



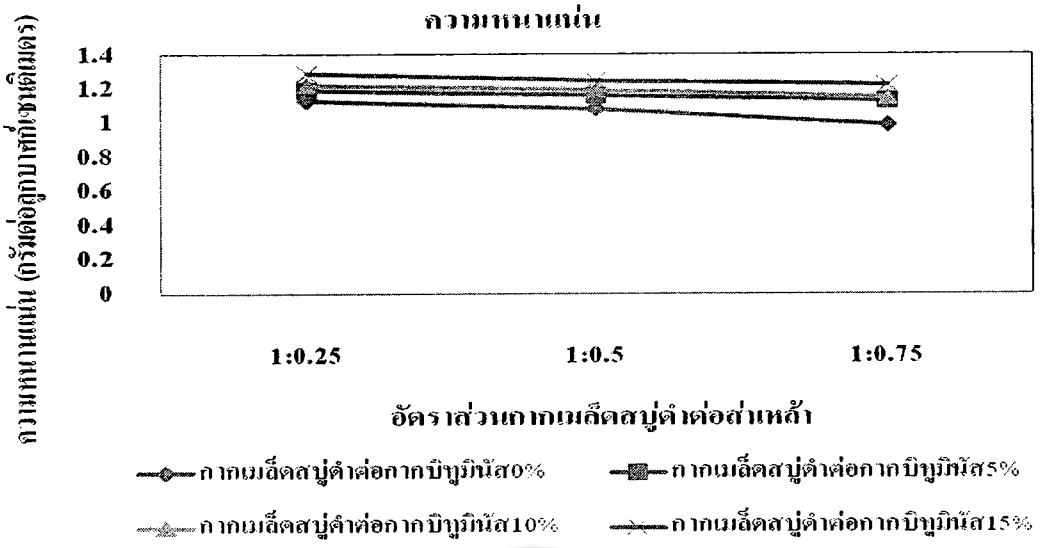
(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จาก (ก) กากเมล็ดสบู่ดำ (ข) ถ่านกากเมล็ดสบู่ดำ

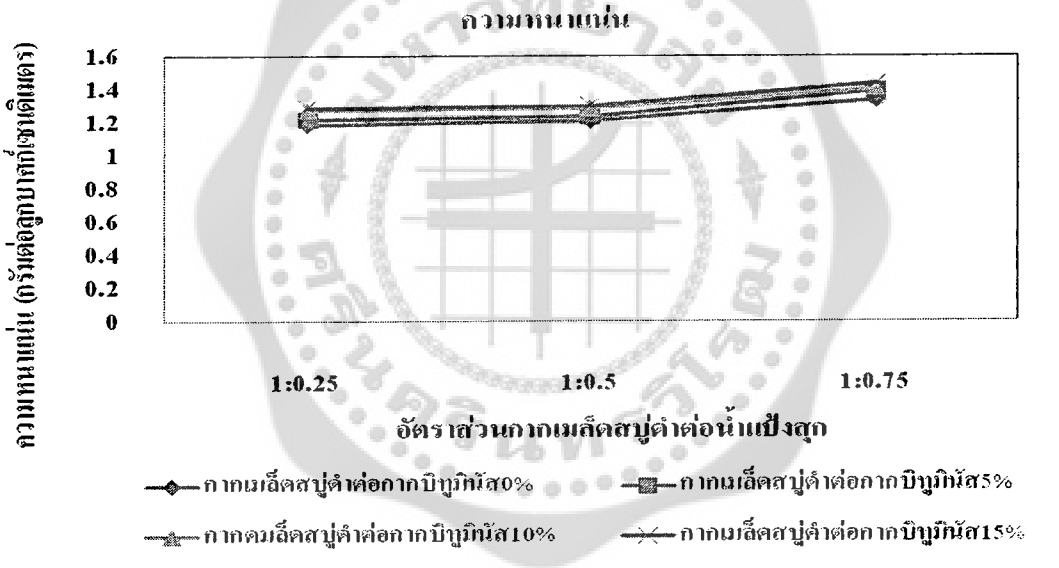
4.2.1 ความหนาแน่น

จากการศึกษาหาค่าความหนาแน่นเชื้อเพลิง พบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ส่าเหล้าเป็นตัวประสานสามารถแสดงผลของปริมาณส่าเหล้าที่ใช้ต่อค่าความหนาแน่น โดยพบว่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนการผสมส่าเหล้าดังรูปที่ 4.3 เนื่องจากส่าเหล้าเป็นของเหลว ซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปทำการอบแห้งจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในสาเหล้าระเหยทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคยิ่งมีน้ำมากเมื่อระเหยน้ำออกไปก็จะเกิดช่องว่างมากขึ้นทำให้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงลดลงโดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99 ถึง 1.29 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ส่วนความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสานจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมน้ำแป้งสุก ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งน้ำแป้งสุกมีความหนาแน่นมากกว่าผงถ่านจากกากสบู่ดำ และเมื่อผสมน้ำแป้งสุกในสัดส่วนที่มากจะทำให้วัตถุดิบที่ผ่านการผสมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมน้ำแป้งสุก โดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.19 ถึง 1.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



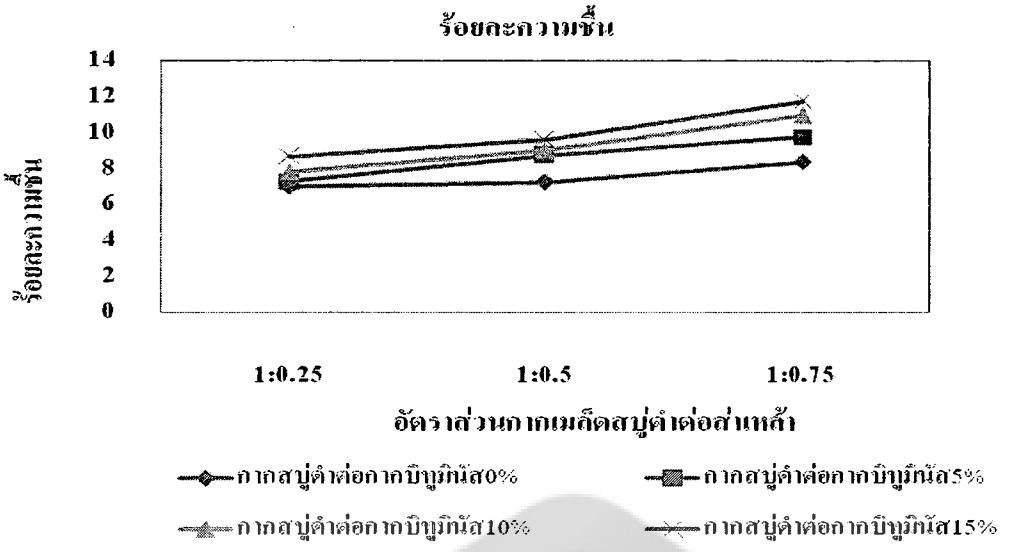
รูปที่ 4.3 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าตัวประสาน



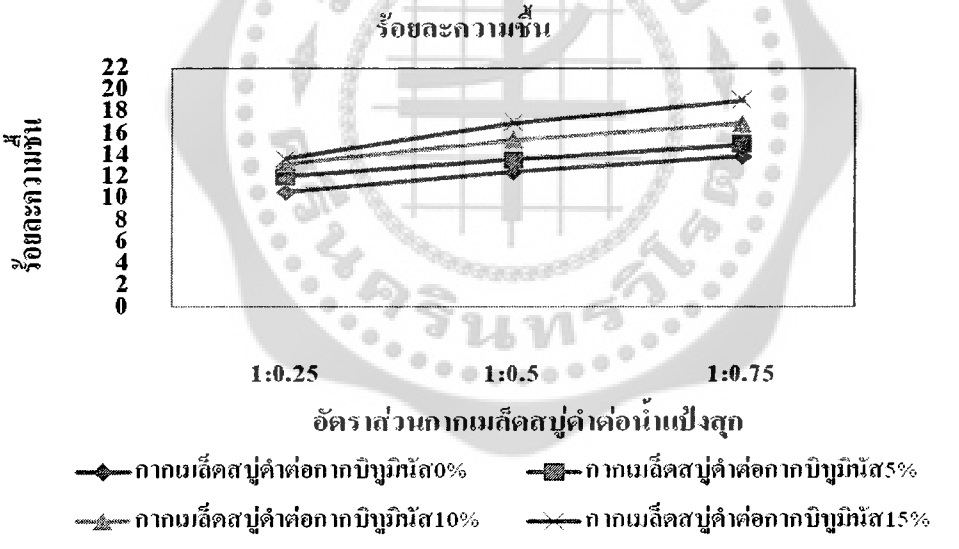
รูปที่ 4.4 ค่าความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆโดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน

4.2.2 ร้อยละความชื้น

ร้อยละความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมของตัวเชื่อมประสาน ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6 โดยคาดว่ามาจากขนาดของแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้ศึกษามีขนาดใหญ่ ทำให้ที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดไว้นั้นความชื้น(น้ำ)ไม่สามารถระเหยออกมาได้หมดดังเช่นเดียวกับชิ้นงานขนาดเล็กๆ และทำให้ที่สัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีปริมาณน้ำมากทำการระเหยน้ำได้น้อยกว่าสัดส่วนของแท่งเชื้อเพลิงที่มีปริมาณน้ำน้อย มีค่าอยู่ระหว่าง 10.57 ถึง 19.06 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ส่าเหล้าเป็นตัวประสานสามารถแสดงผลของปริมาณส่าเหล้าที่ใช้ต่อร้อยละความชื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 6.99 ถึง 11.73 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน

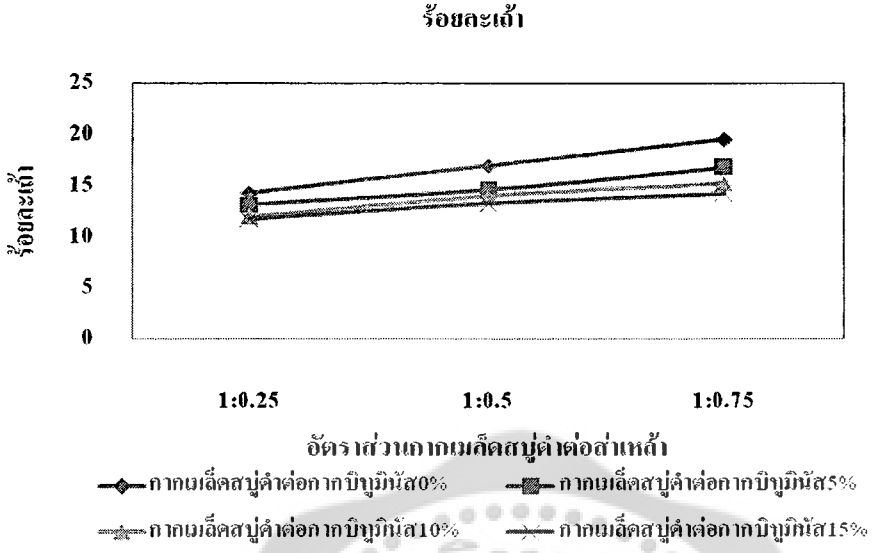


รูปที่ 4.6 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน

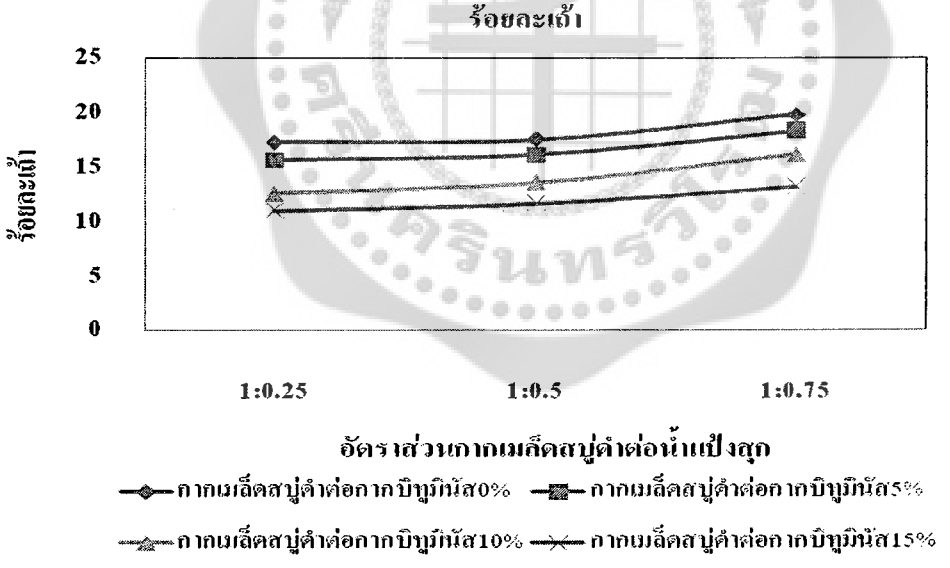
4.2.3 ร้อยละเถ้า

จากการทดลองหาปริมาณเถ้าในแท่งเชื้อเพลิงที่มีน้ำแป้งสุกและส่าเหล้าเป็นตัวประสานที่วัตถุดิบและอุณหภูมิเดียวกันพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณตัวประสานจะทำให้มีร้อยละเถ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากส่าเหล้าและน้ำแป้งสุกจะเพิ่มปริมาณเถ้า แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณถ่านหินบิทูมินัสเข้าไปในแท่งเชื้อเพลิง พบว่าแท่งถ่านเชื้อเพลิงมีปริมาณเถ้าลดลงเนื่องจากกากถ่านหินมีปรมาณน้อยกว่า

กากเมล็ดสบู่ดำและกากถ่านบิทูมินัสทำให้เกิดการเผาไหม้แห่งถ่านเชื้อเพลิงดีขึ้นจึงทำให้ปริมาณเถ้าน้อยลง ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



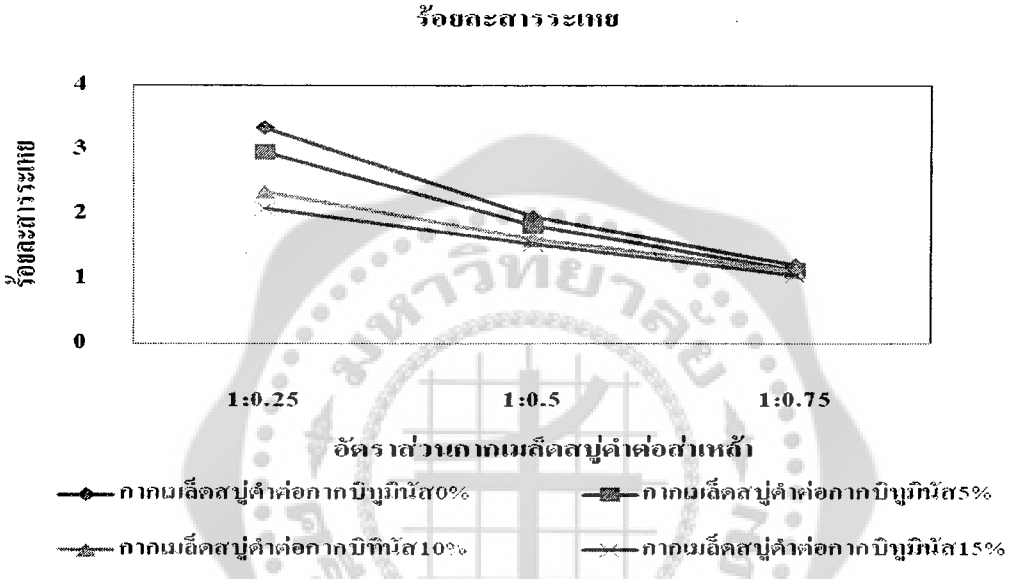
รูปที่ 4.7 ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน



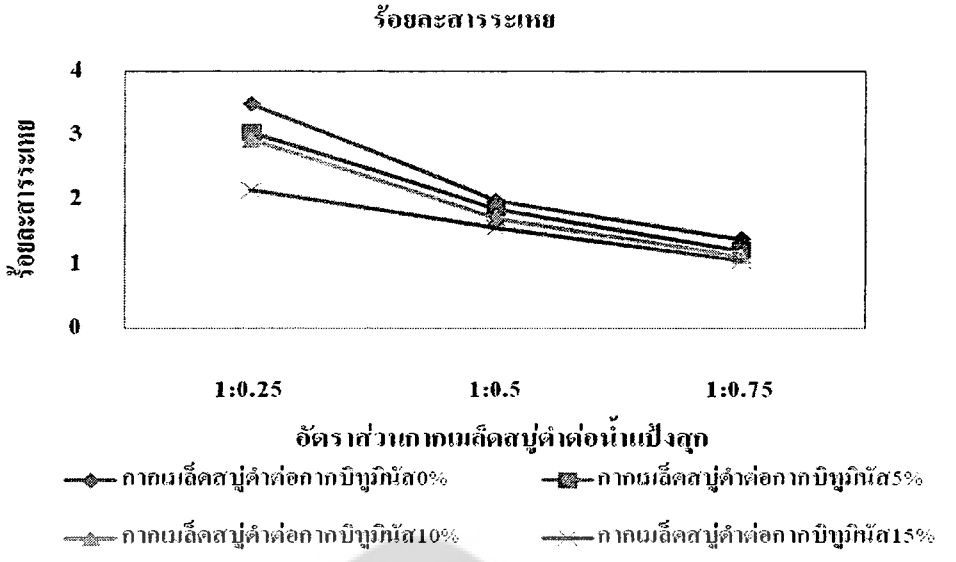
รูปที่ 4.8 ปริมาณเถ้าของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน

4.2.4 ปริมาณสารระเหย

จากการทดลองหาค่าปริมาณสารระเหยพบว่าปริมาณสารระเหยจะมีปริมาณลดลงตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำแป้งสุกและส่าเหล้า ซึ่งเนื่องจากกากเมล็ดสบู่ดำมีน้ำมัน และไขมันค้างเหลืออยู่จากการสกัดน้ำมันออกไป และจะมีค่าแปรผกผันกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสูตรการคำนวณ ค่าปริมาณสารระเหยที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.04 ถึง 3.49 เปอร์เซ็นต์ และจะเห็นว่าเมื่อมีปริมาณกากถ่านบิทูมินัสเพิ่มขึ้นในแท่งเชื้อเพลิงจะทำให้ปริมาณสารระเหยจะมีปริมาณลดลงตามสัดส่วนด้วย ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10



รูปที่ 4.9 ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าตัวประสาน

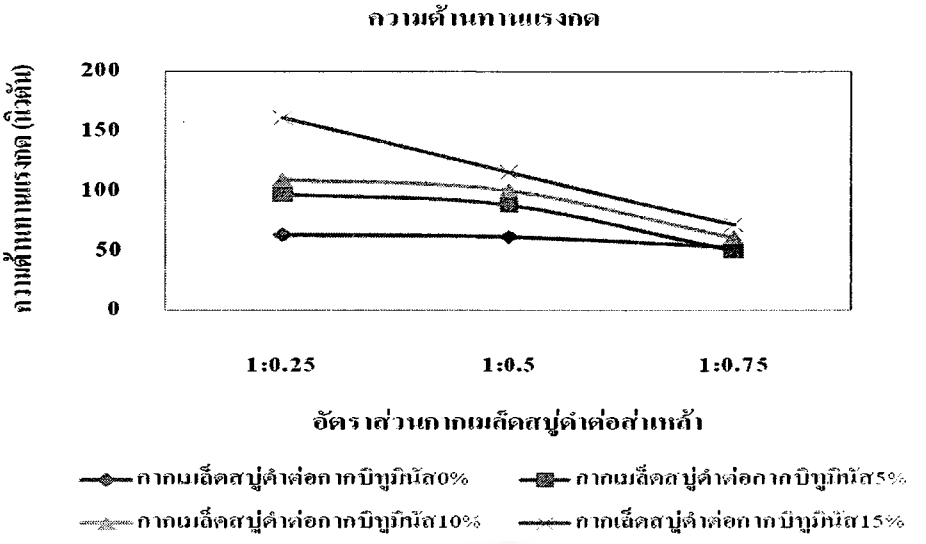


รูปที่ 4.10 ปริมาณสารระเหยของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน

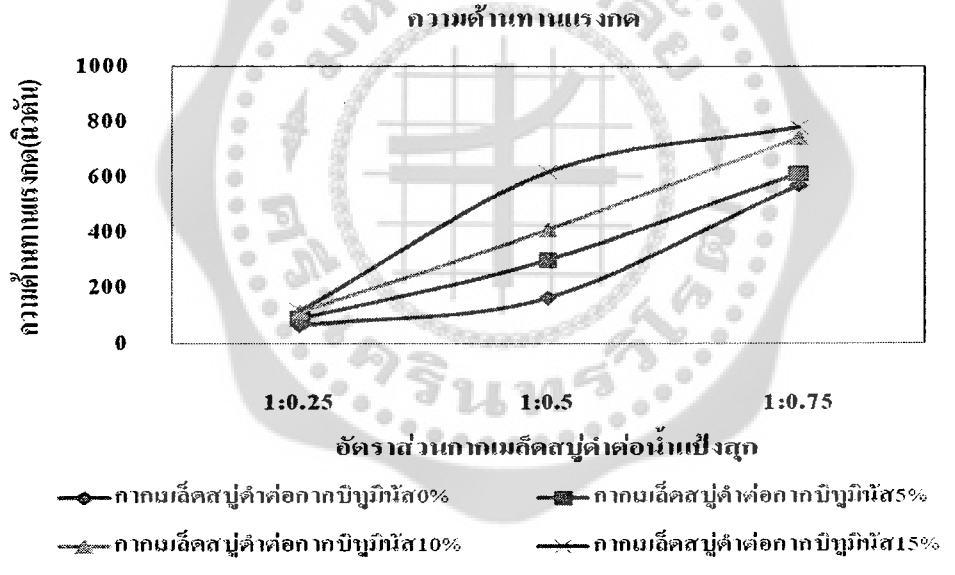
4.2.5 การต้านทานแรงกด

การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงสามารถแสดงผลของปริมาณตัวประสานที่ใช้ต่อค่าการต้านทานแรงกด โดยพบว่าการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่มีส่าเหล้าเป็นตัวประสานสัดส่วนเพิ่มขึ้นค่าค่าต้านทานแรงกดลดลงเนื่องจากส่าเหล้ามีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปทำการอบแห้งจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในส่าเหล้าระเหยทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคยิ่งมีน้ำมากเมื่อระเหยน้ำออกไปก็จะเกิดช่องว่างมากขึ้นทำให้ค่าต้านทานแรงกดน้อยลงมีค่าอยู่ระหว่าง 52.98 ถึง 161.12 นิวตัน และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการเติมกากถ่านหินจะพบว่าการต้านทานแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกากถ่านหินเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.11

ส่วนการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่มีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสานจะมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มของสัดส่วนของตัวประสาน เพราะเมื่อเพิ่มสัดส่วนการผสมตัวประสานต่อน้ำหนักวัตถุดิบให้มากขึ้นจะทำให้น้ำแป้งยึดเกาะกับอนุภาคได้อย่างทั่วถึง และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการเติมกากถ่านหินจะพบว่าการต้านทานแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกากถ่านหินเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการยึดตัวกันระหว่างอนุภาคผงถ่านเพิ่มมากขึ้นและส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงในที่สุด โดยค่าการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสานมีค่าอยู่ระหว่าง 65.87 ถึง 782.82 นิวตัน ดังแสดงในรูปที่ 4.12



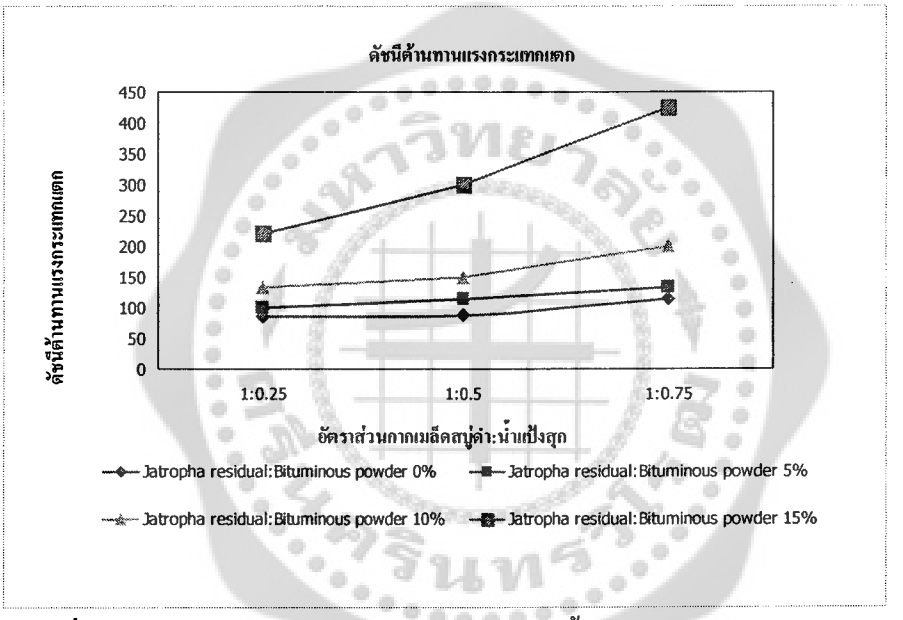
รูปที่ 4.11 ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำส่าเหล้าเป็นตัวประสาน



รูปที่ 4.12 ค่าแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน

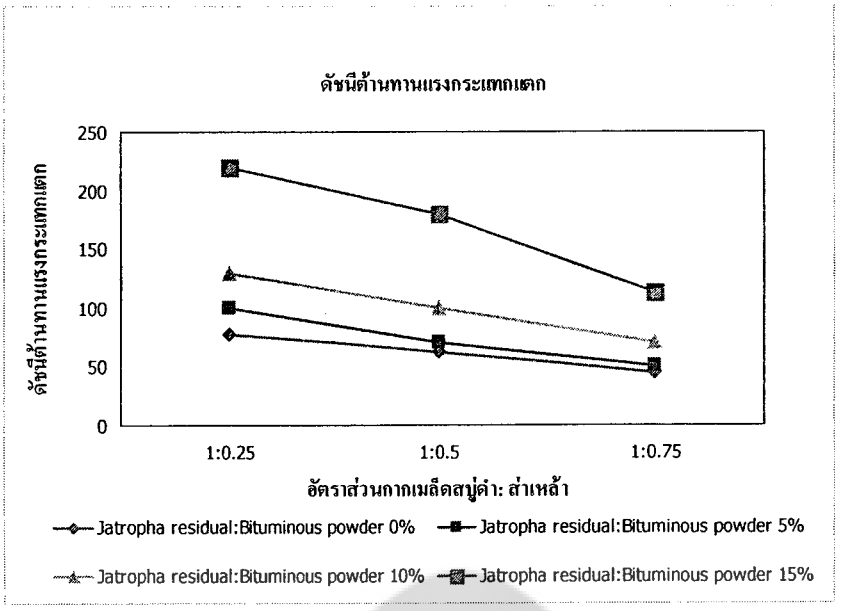
4.2.6 ดัชนีการต้านทานการตกกระแทกแตก

การทดสอบลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงสามารถแสดงผลของปริมาณตัวประสานที่ใช้ต่อค่าการต้านทานการตกกระแทกแตก โดยพบว่าการต้านทานการตกกระแทกแตกของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าสูงขึ้นตามการเพิ่มของสัดส่วนของตัวประสานน้ำแป้งสุก ดังรูปที่ 4.13 เพราะเมื่อเพิ่มสัดส่วนการผสมตัวประสานต่อน้ำหนักวัตถุดิบให้มากขึ้นจะทำให้น้ำแป้งยึดเกาะกับอนุภาคได้อย่างทั่วถึง และและเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการเติมกากถ่านหินจะพบว่าการต้านทานการตกกระแทกแตกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกากถ่านหินเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการยึดตัวกันระหว่างอนุภาคผงถ่านเพิ่มมากขึ้นและส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิงในที่สุด โดยค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงที่น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสานมีค่าสูงสุดที่ 425



รูปที่4.13 ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกเป็นตัวประสาน

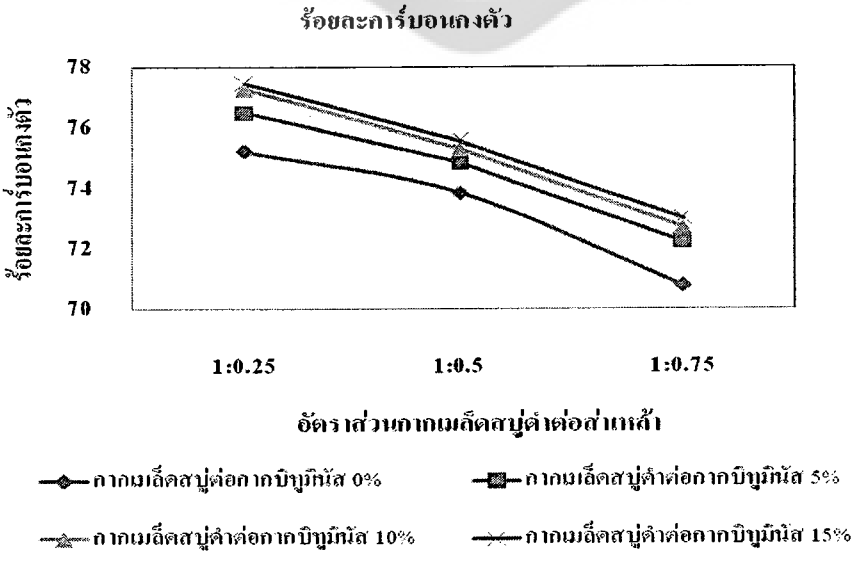
ส่วนแท่งเชื้อเพลิงที่มีส่าเหล้าเป็นตัวประสานพบว่าเมื่อตัวประสานเพิ่มขึ้นค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกลดลงเนื่องจากส่าเหล้ามีน้ำเป็นส่วนประกอบเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปทำการอบแห้งจะทำให้น้ำที่มีอยู่ในส่าเหล้าระเหยทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคยิ่งมีน้ำมากเมื่อระเหยน้ำออกไปก็จะเกิดช่องว่างมากขึ้นทำให้ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกมีค่าน้อยลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการเติมกากถ่านหินจะพบว่าการต้านทานการตกกระแทกแตกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกากถ่านหินเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีปริมาณของส่าเหล้าน้อยลง จึงทำให้มีค่าดัชนีต้านทานการกระแทกแตกเพิ่ม ขึ้นดังรูปที่ 4.14



รูปที่4.14 ค่าดัชนีต้านทานแรงกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน

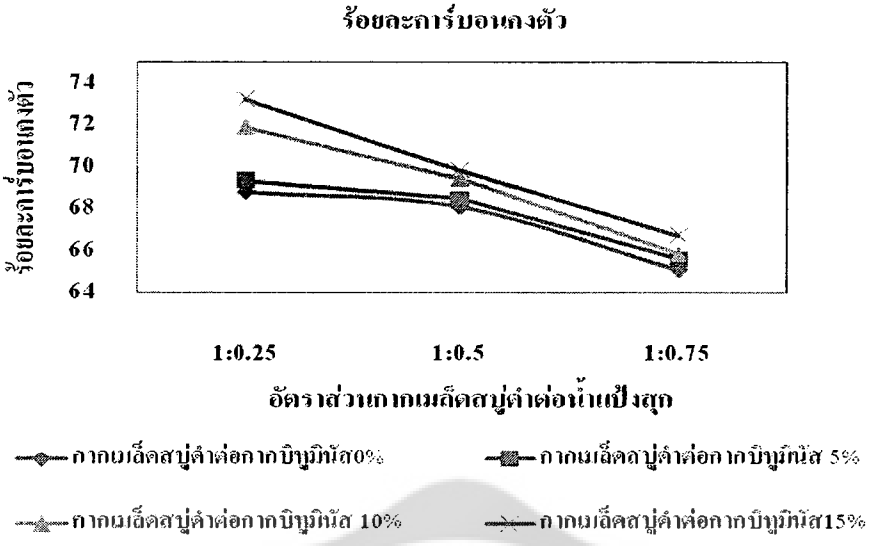
4.2.7 ปริมาณคาร์บอนคงตัว

จากการทดลองหาค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวพบว่าค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวจะมีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ปริมาณเถ้า และปริมาณสารระเหยตามสมการที่ 3.5 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อใช้ส่าgหล้า หรือ น้ำแป้งสุกเป็นตัวประสานในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าปริมาณคาร์บอนลดลงอาจเนื่องจากปริมาณคาร์บอนในส่าเหล้า หรือ น้ำแป้งสุก มีน้อยกว่าปริมาณคาร์บอนในกากถ่านเมล็ดสบู่ดำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มปริมาณกากถ่านหินเข้าไปในแท่งเชื้อเพลิงพบว่าทำให้ค่าปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.15 -4.16



รูปที่ 4.15 ปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ

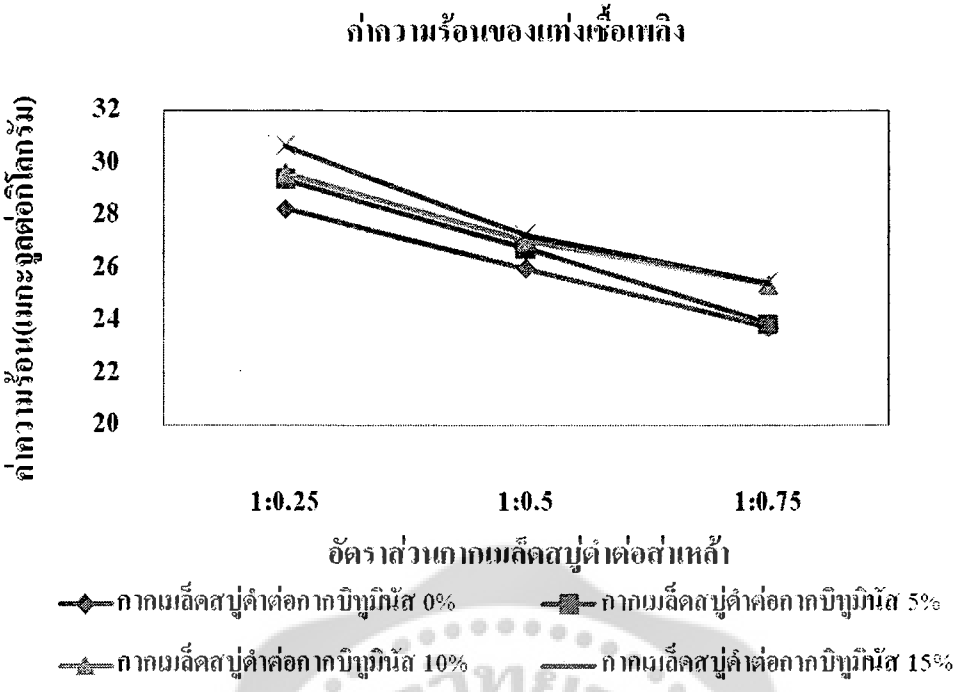
โดยมีส่าเหล้าเป็นตัวประสาน



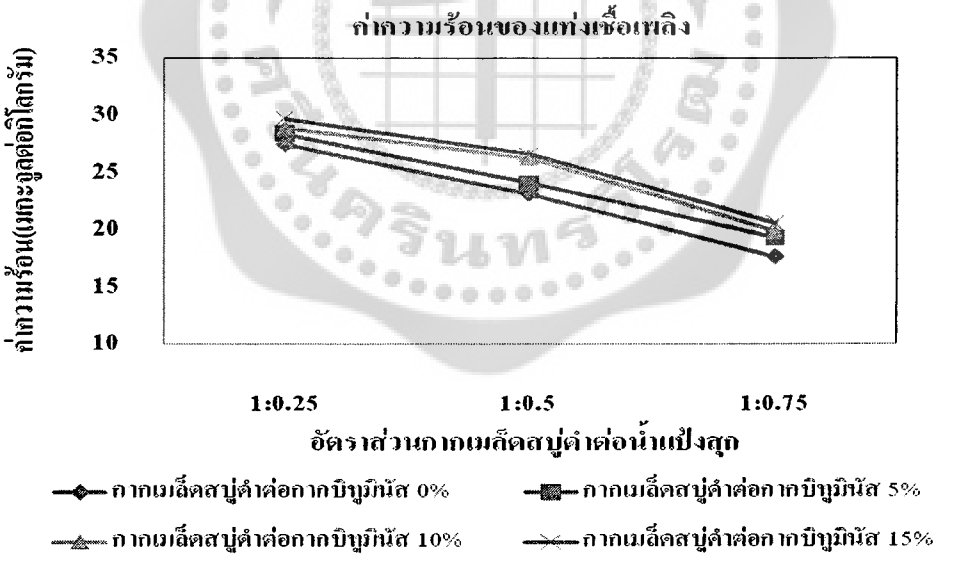
รูปที่ 4.16 ปริมาณร้อยละคาร์บอนคงตัวของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกตัวประสาน

4.2.8 ปริมาณความร้อน

สมบัติสำคัญของแท่งเชื้อเพลิง คือค่าความร้อนที่ปล่อยออกมาเมื่อมีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง จากการทดสอบสมบัติทางความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง พบว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตามสัดส่วนการผสมตัวประสาน โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมตัวประสานต่อน้ำหนักวัตถุดิบ ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 เนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนตัวประสานที่มากขึ้นส่งผลเทียบเคียงกับการลดสัดส่วนของผงถ่านกากเมล็ดสบู่ดำที่จะมีในแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งค่าความร้อนของผงถ่านจากกากเมล็ดสบู่ดำมีค่าสูงกว่าตัวประสาน ดังนั้นหากผสมตัวประสานในสัดส่วนที่สูงจะส่งผลให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณกากถ่านหินจะทำให้มีค่าความร้อนสูงขึ้น โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าอยู่ระหว่าง 17.68 ถึง 30.66 เมกะจูลต่อกิโลกรัม



รูปที่ 4.17 ปริมาณค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีส่าเหล้าตัวประสาน



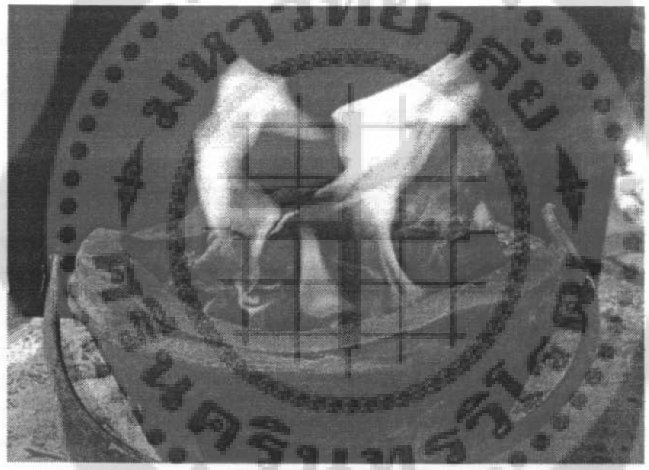
รูปที่ 4.18 ปริมาณค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงในอัตราส่วนต่างๆ โดยมีน้ำแป้งสุกตัวประสาน

4.2.9 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง

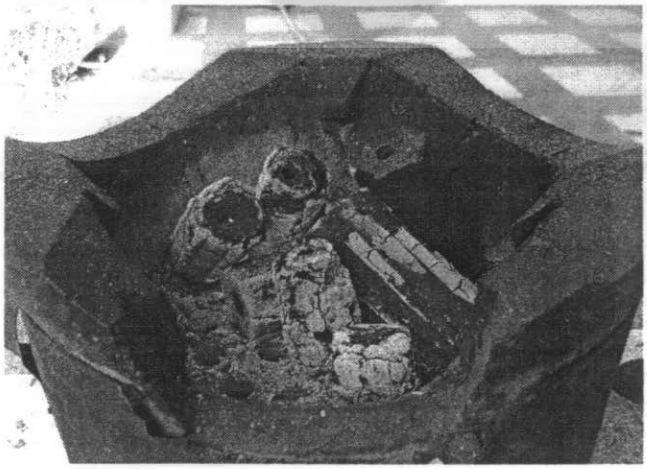
ทำการศึกษาโดยใช้ชิ้นเชื้อเพลิง 12 แท่ง มาทำการทดลองการติดไฟ แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จากกากเมล็ดสบู่ดำนั้นมีการติดไฟดีและไม่มีควัน ไม่มีการแตกปะทุ สมบัติต่างๆไม่แตกต่างจากแท่งเชื้อเพลิงจากกะลามะพร้าว การเผาไหม้จะใช้เวลาประมาณ 1.7 ชั่วโมง เมื่อเผาไประยะหนึ่ง

แท่งเชื้อเพลิงจะไม่คงรูปเป็นแท่ง เมื่อเผาแล้วได้อุณหภูมิในการเผาของแท่งเชื้อเพลิงประมาณ 450 องศาเซลเซียสดังรูปที่ 4.19 -4.21

รูปที่ 4.19 การวัดอุณหภูมิขณะเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำ



รูปที่ 4.20 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำตอนเริ่มต้น



รูปที่ 4.21 การติดไฟของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากกะลามะพร้าวภายหลังจากติดไฟประมาณ 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองสมบัติทางกายภาพของถ่านจากกากเมล็ดสบู่ดำ

กากถ่านหินบิทูมินัส	วัตถุดิบต่อตัวประสาน	อัตราส่วน	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	แรงกด(N)	ดัชนีทนแรงกระแทกแตก	ปริมาณความร้อน (MJ/kg)	ร้อยละคาร์บอนคงตัว
0%	กากเมล็ดสบู่ดำต่อน้ำแป้ง	1 ต่อ 0.75	1.33	13.90	19.83	1.20	574.08	114.20	17.68	65.07
		1 ต่อ 0.50	1.21	12.45	17.54	1.94	165.90	87.50	23.12	68.06
		1 ต่อ 0.25	1.19	10.57	17.33	3.33	65.87	85.71	27.43	68.77
	กากเมล็ดสบู่ดำต่อส่าเหล้า	1 ต่อ 0.75	0.98	6.99	19.50	1.38	52.98	44.44	23.71	70.56
		1 ต่อ 0.50	1.08	7.23	16.96	1.98	61.50	62.50	25.97	73.84
		1 ต่อ 0.25	1.12	8.36	14.29	3.49	63.19	77.77	28.26	75.22
5%	กากเมล็ดสบู่ดำต่อน้ำแป้ง	1 ต่อ 0.75	1.06	25.47	14.04	1.24	0.29	133.33	17.20	65.88
		1 ต่อ 0.50	1.04	13.59	12.38	1.81	0.28	114.28	18.05	66.84
		1 ต่อ 0.25	1.01	13.04	11.00	2.96	0.11	100.00	18.35	77.08
	กากเมล็ดสบู่ดำต่อส่าเหล้า	1 ต่อ 0.75	1.39	17.75	15.16	1.20	1.29	50.00	19.13	12.86
		1 ต่อ 0.50	1.24	16.72	14.59	1.85	0.90	70.00	19.78	69.84
		1 ต่อ 0.25	1.22	7.26	12.61	3.04	0.39	100.00	20.57	57.16
10%	กากเมล็ดสบู่ดำต่อน้ำแป้ง	1 ต่อ 0.75	1.41	14.98	16.16	1.11	744.96	200.00	19.88	65.84
		1 ต่อ 0.50	1.29	13.59	13.61	1.60	412.50	150.00	26.27	69.41
		1 ต่อ 0.25	1.28	12.04	12.61	2.34	116.89	133.33	28.86	71.89
	กากเมล็ดสบู่ดำต่อส่าเหล้า	1 ต่อ 0.75	1.15	9.75	12.01	1.12	61.30	70.00	25.33	72.69
		1 ต่อ 0.50	1.19	8.72	13.98	1.71	100.34	100.00	27.02	75.30
		1 ต่อ 0.25	1.22	7.26	15.23	2.94	109.56	128.57	29.62	77.26
15%	กากเมล็ดสบู่ดำต่อน้ำแป้ง	1 ต่อ 0.75	1.44	13.72	13.19	1.05	782.82	425.00	20.56	66.71
		1 ต่อ 0.50	1.30	16.97	11.69	1.53	620.62	300.00	26.60	69.81
		1 ต่อ 0.25	1.29	19.05	10.98	2.09	120.50	275.00	29.66	73.22
	กากเมล็ดสบู่ดำต่อส่าเหล้า	1 ต่อ 0.75	1.22	8.65	14.24	1.04	71.75	112.50	25.41	72.98
		1 ต่อ 0.50	1.25	9.61	13.26	1.56	115.50	180.00	27.25	75.57
		1 ต่อ 0.25	1.29	11.73	11.76	2.15	161.12	220.00	30.66	77.45

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพระหว่างถ่านกะลามะพร้าวกับถ่านจากกากเมล็ดสบู่ดำ

4.3 การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ตัวประสานอื่นๆ

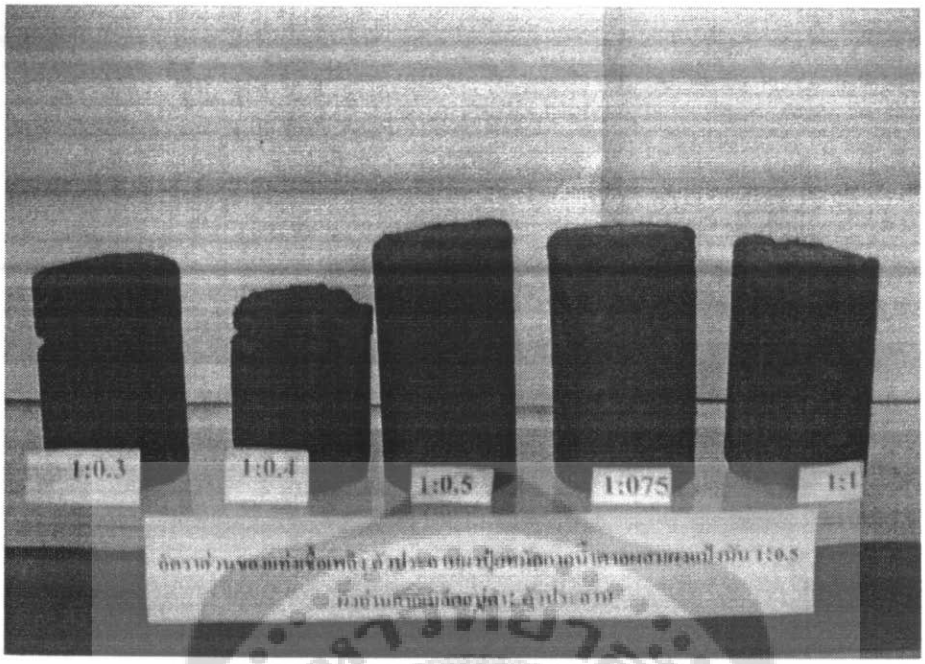
จากการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากถ่านเมล็ดสบู่ดำโดยใช้ตัวประสานอื่นๆ เช่น โมลาส ผงปุ๋ยหมักกากน้ำตาล และโมลาสผสมผงแป้งมัน 1:0.5 โดยดำเนินการศึกษาในวิธีการที่เหมือนกัน พบว่าการขึ้นรูปและลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้มีการคงตัวของรูปทรงดีขึ้น เมื่อมีสัดส่วนของตัวประสานมากขึ้นแม้ว่าได้นำไปอบไล่ความชื้น ดังในตารางที่ 4.4 และรูปที่

แท่งเชื้อเพลิง	ความหนาแน่น (g/cm^3)	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	แรงกด(N)	ปริมาณความร้อน (MJ/kg)	ร้อยละคาร์บอนคงตัว
กะลามะพร้าว	1.24	8.44	13.76	9.25	141.45	22.31	70.23
กากเมล็ดสบู่ดำ (ที่อัตราส่วนกากสบู่ดำ 1ต่อส่าเหล้า0.25เพิ่มกากบิทูมินัส15%)	1.29	11.73	11.76	2.15	161.12	30.66	77.45

4.23 ซึ่งการวิจัยนี้ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในแง่ของพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ การทนต่อแรงกระแทก และค่าดัชนีการต้านทานแรงกระแทกแตก

ตารางที่4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของแท่งเชื้อเพลิงแข็งอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ผ่านการอบและไม่ผ่านการอบ

ตัวประสาน	อัตราส่วนผงถ่านกากเมล็ดสบู่ดำ:ตัวประสาน	ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงก่อนการอบ	ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงหลังการอบ
โมลาส	1:0.1	มีการแตกเล็กน้อย	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.2	มีการแตกเล็กน้อย	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.3	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
	1:0.4	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
	1:0.5	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
ผงปุ๋ยหมักกากน้ำตาล	1:0.3	ไม่มีการแตก	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.4	ไม่มีการแตก	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.5	ไม่มีการแตก	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.75	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
	1:1	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
โมลาสผสมผงแป้งมัน 1:0.5	1:0.1	มีการแตกเล็กน้อย	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.2	มีการแตกเล็กน้อย	มีการแตกเล็กน้อย
	1:0.3	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
	1:0.4	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก
	1:0.5	ไม่มีการแตก	ไม่มีการแตก



รูปที่4.22 แท่งเชื้อเพลิงผงถ่านกากเมล็ดสบู่ดำ: ตัวประสานผงปุ๋ยหมักกากน้ำตาลผสมผงแป้งมัน 1:0.5 ที่อัตราส่วน 1:0.3 1:0.4 1:0.5 1:0.75 และ 1:1

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการนำกากเมล็ดสบู่ดำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็งหรือ ถ่านอัดแท่ง โดยใช้น้ำแป้งสุกและส่าเหล้าเป็นตัวเชื่อมประสานและทำการเพิ่มกากถ่านหินบิทูมินัส พบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพและขึ้นรูปได้ดีที่สุดคือกากเมล็ดสบู่ดำที่อุณหภูมิ300องศาเซลเซียสในอัตราส่วนผสม กากเมล็ดสบู่ดำ ต่อ ส่าเหล้า ที่สัดส่วน 1 ต่อ 0.25 และเพิ่มกากถ่านหินบิทูมินัส 15% โดยมีร้อยละคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบอยู่สูงสุดคือ 77.45% แต่มีร้อยละสารระเหย ร้อยละเถ้าและร้อยละความชื้นอยู่ในปริมาณต่ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่ำจะมีผลทำให้ค่าความร้อนสูง และแท่งเชื้อเพลิงนี้ให้ค่าความร้อนประมาณ 30.66 เมกะจูลต่อกิโลกรัมซึ่งให้ค่าความร้อนมากกว่าถ่านอัดแท่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ คือมีค่าความร้อนประมาณ 21.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และค่าความชื้น ประมาณ 11.73 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีค่าสูงกว่าถ่านอัดแท่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเพียงเล็กน้อยซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง จากตัวประสานทั้ง 2 ชนิด พบว่าชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตที่สุดคือ ใช้ส่าเหล้าเป็นตัวประสานในการเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าการใช้น้ำแป้ง ดังนั้นถ่านอัดแท่งจากกากเมล็ดสบู่ดำจากการศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์แทนถ่านไม้ได้ เพราะเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงไปเผาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงสามารถลุกติดไฟได้ดี ไม่ปะทุขณะเผาไหม้และไม่มีควันโดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1.7 ชั่วโมง เมื่อเราทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากอัตราส่วนที่ดีที่สุดคือกากสบู่ดำ1:ส่าเหล้า0.25:กากบิทูมินัส15%พบว่าให้ประสิทธิภาพดีกว่าถ่านอัดแท่งทั่วไปตามท้องตลาดแต่มีราคาที่สูงกว่าเพราะต้องเสียค่าวัตถุดิบหลักคือกากเมล็ดสบู่ดำ

ดังนั้นการทำแท่งเชื้อเพลิแข็งจากกากเมล็ดสบู่ดำนั้นจึงเป็นอาชีพเสริมที่สร้างรายได้ให้กลับเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกต้นสบู่ดำเพื่อผลิตน้ำมันและเหลือกากเมล็ดสบู่ดำเป็นจำนวนมาก เพราะจะไม่ต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของกากเมล็ดสบู่ดำและพบว่าทำให้ราคาของแท่งเชื้อเพลิงจากกากเมล็ดสบู่ดำถูกกว่าราคาถ่านตามท้องตลาดมากและยังให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษาโดยลดสัดส่วนตัวประสานให้น้อยลง เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงควรมีปริมาณวัตถุดิบที่มากเพื่อให้ได้ค่าปริมาณความร้อนสูงขึ้น

5.2.2 ควรใช้เครื่องอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่มีแรงกดสม่ำเสมอ เพราะจะทำให้แท่งเชื้อเพลิงไม่แตกร้าวขณะขึ้นรูป ซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งแรงของแท่งเชื้อเพลิง

5.2.3 ควรศึกษาการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงแข็งแบบอัดร้อน ซึ่งไม่ต้องใช้ตัวประสาน

5.2.4 ควรศึกษาตัวประสานชนิดอื่น เช่น โมลาส

เอกสารอ้างอิง

[1] http://loei.doae.go.th/phuruea/hone/hone23.doc สืบค้นวันที่ 10 ธันวาคม 2550.

[2] http://www.dmf.go.th/petro_focus/coal.asp สืบค้นวันที่ 15 มกราคม 2551.

[3] http://ipc9.dip.go.th/Research/PreviewInvesment1.asp?WebSiteID =19&InvestmentFormID=71 สืบค้นวันที่ 5 มกราคม 2550.

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

[5] http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/proximate%20analysis.htmlสืบค้นวันที่ 22 พฤษภาคม 2552

[6] http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/moisture.html สืบค้นวันที่ 22 พฤษภาคม 2551

[7] http://th.wikipedia.org สืบค้นวันที่ 22พฤษภาคม 2552

[8] http://teacher.stjohn.ac.th/ptpiroj/paper/12_calorimeter.doc สืบค้นวันที่ 22 พฤษภาคม 2552

[9] เกศกนก จันทมาศ และ วิทวัส เหรียญพิมาย. (2546). **การศึกษาเปรียบเทียบหาค่าความร้อนจากถ่านชีวมวล.**สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์.มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[10] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ ชัชวาลย์ ภาโนมัย อรวรรณ เที่ยงกระโทก และ ทรงชัย วิริยะ-อำไพวงศ์ (2549). **สมบัติทางทางกายภาพและสมรรถนะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากชีวมวลผสม 2 คู่.** โครงงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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

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

[13] ทิพาวรรณ รักษ์วงศ์ และอัญชริกา ไชยศรีหา(2546).**การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านเปลือกทุเรียนผสมกับกากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ.** สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[14] พัชฎาฎรณ์ เจริญรอย และ อรชุมา นุสีวอ. (2546). **การทำแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

[15] ศิริวรรณ ศรีสรฉัตร์ (2549) รายงานการวิจัยเรื่อง**การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากแกลบและฟางข้าว** เงินงบประมาณรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปี 2549 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

[16] สุวิทย์ เพชรห้วยลึก ฉัตร ผลนาค ธัญญรัตน์ อินทร์เจริญ และ พชิตา เปล่าเลา (2549). **สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน.** งานวิจัยหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ หน้าบทคัดย่อ

[17] สดับพร จันทราษฎร์ เจริญพร เลิศสถิตธนกรและ ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์ (2548). **การผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากถ่านไม้โสนโดยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน.** โครงงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยมหาสารคาม.

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

[19] Husain Z., Zainac Z. and 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.

[20] Gaseous Fuels; Coal and Coke. (2006). **Annual book of ASTM standard**, ASTM D3172-85.

[21] American Society for Testing and Material. (1994). **Annual book of ASTM standard**. ASTM E1318-94.

[22] Standard Test Method for Heat. or Combustion of Hydrocarbon Fuels .(1994). **Annual book of ASTM standard**, ASTM D4809–06.

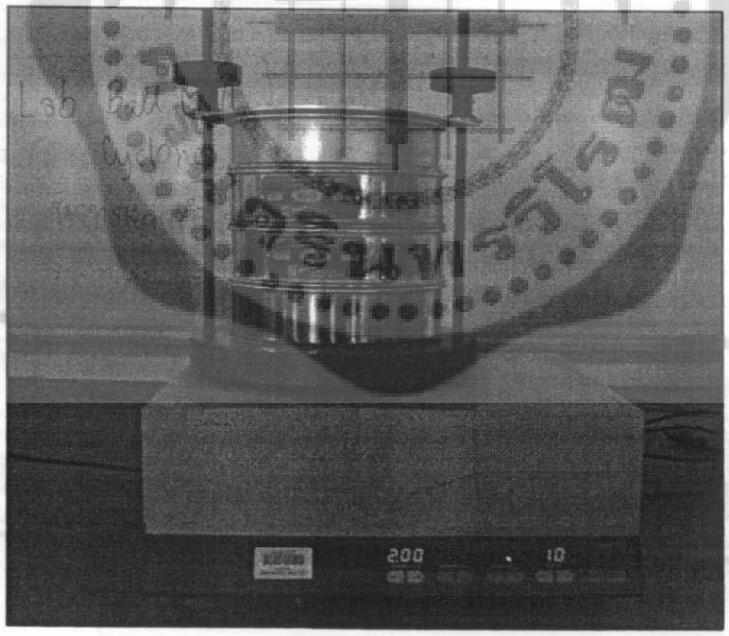
[23] **Richards, S. R. Physical testing of fuel briquettes Fuel Processing Technology,** Volume 25, Issue 2, June 1990, Pages 89-100.

ภาคผนวก

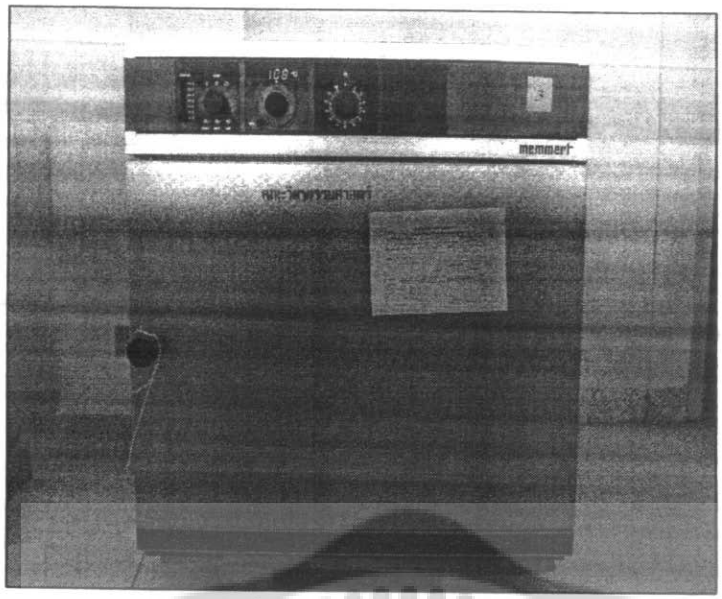
ภาคผนวก ก อุปกรณ์การทดลอง

ภาคผนวก ก อุปกรณ์การทดลอง

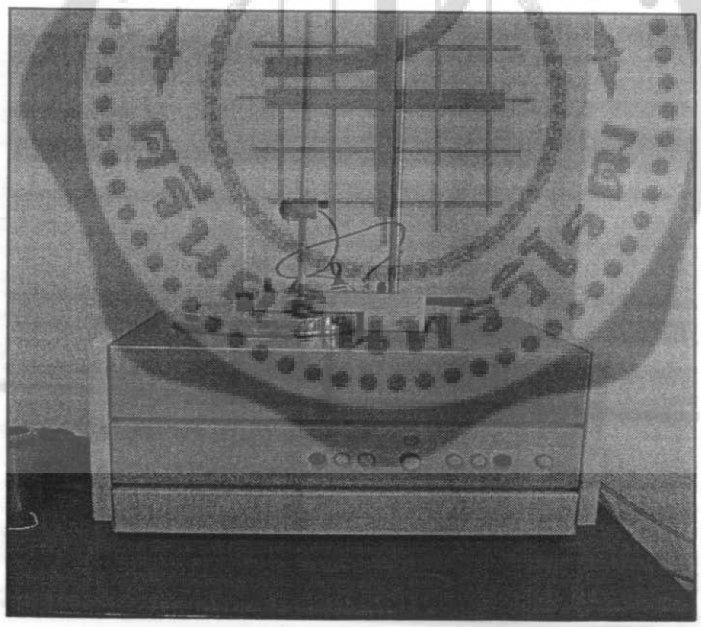
รูปที่ภาคผนวก ก1 เตาเผา



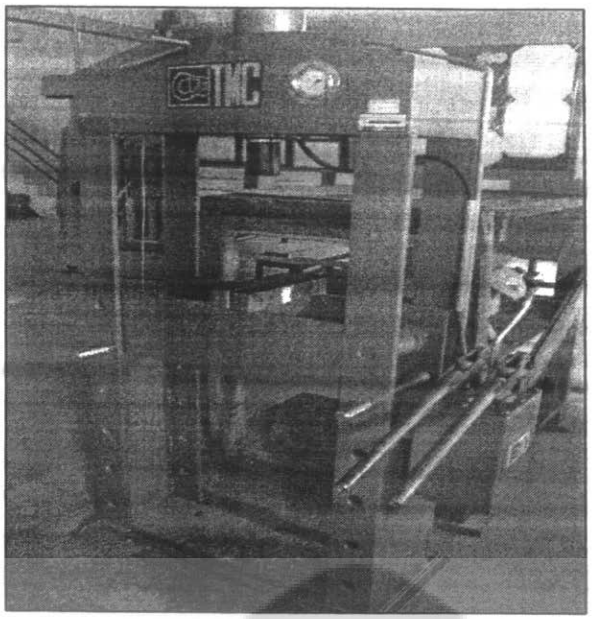
รูปที่ภาคผนวก ก2 เครื่องเขย่าไฟฟ้าและตะแกรงร่อนแยกขนาด



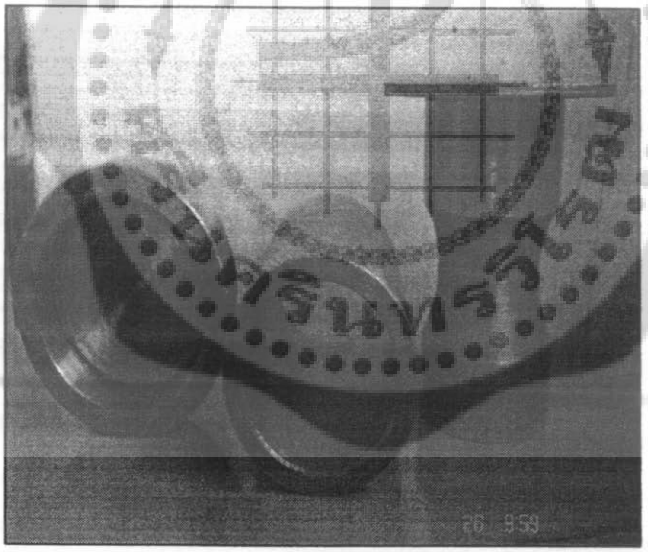
รูปที่ภาคผนวก ก3 เตาอบ



รูปที่ภาคผนวก ก4 เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์



รูปที่ภาคผนวก ก5 เครื่องอัด



รูปที่ภาคผนวก ก6 แม่พิมพ์

ภาคผนวก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

ภาคผนวก มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ถ่านอัดแท่ง (มผช.238/2547)

ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

บทนิยาม

ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก 1 กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

   ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

2. การใช้งาน

   เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

3. ความชื้น

   ต้องไม่เกินร้อยละ 8

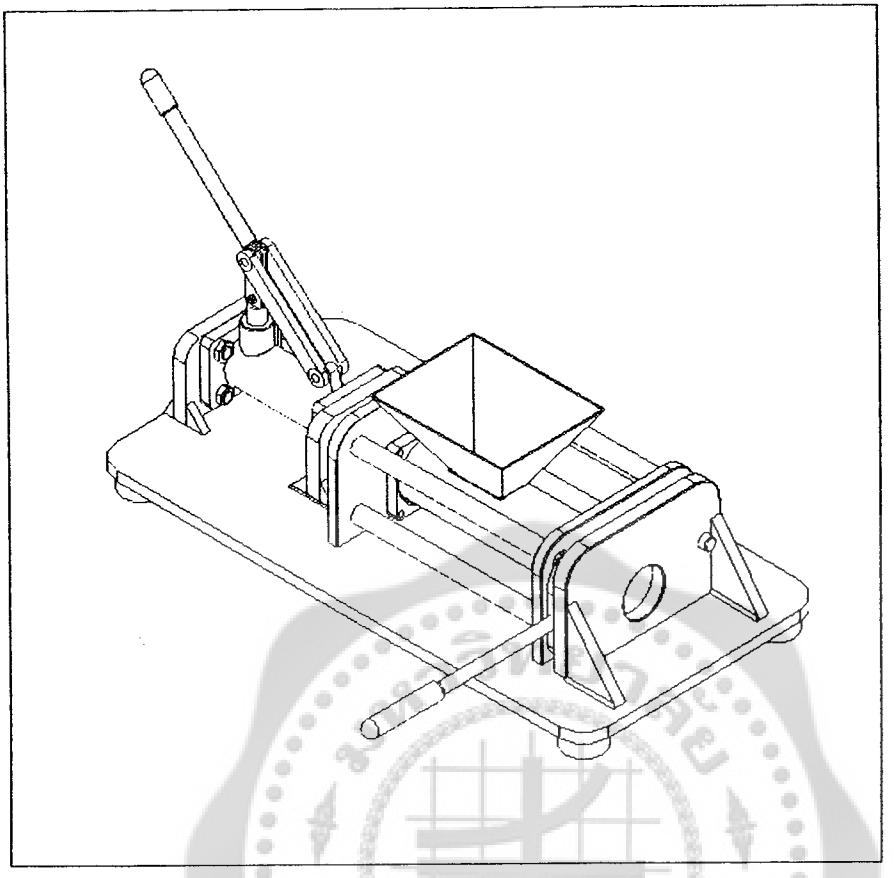
4. ค่าความร้อน

   ต้องไม่น้อยกว่า 5000 แคลอริต่อกรัม (20.91 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม)

การทดสอบ

1. การทดสอบลักษณะทั่วไป ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ตรวจพินิจ
2. การทดสอบการใช้งาน ให้ทดสอบโดยการจุดตัวอย่างถ่านอัดแท่งแล้วตรวจพินิจ
3. การทดสอบความชื้น ให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 3173
4. การทดสอบค่าความร้อนให้ใช้วิธีทดสอบตาม ASTM D 5865
5. การทดสอบน้ำหนักสุทธิ ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

เครื่องอัดถ่านแบบใช้มือโยก



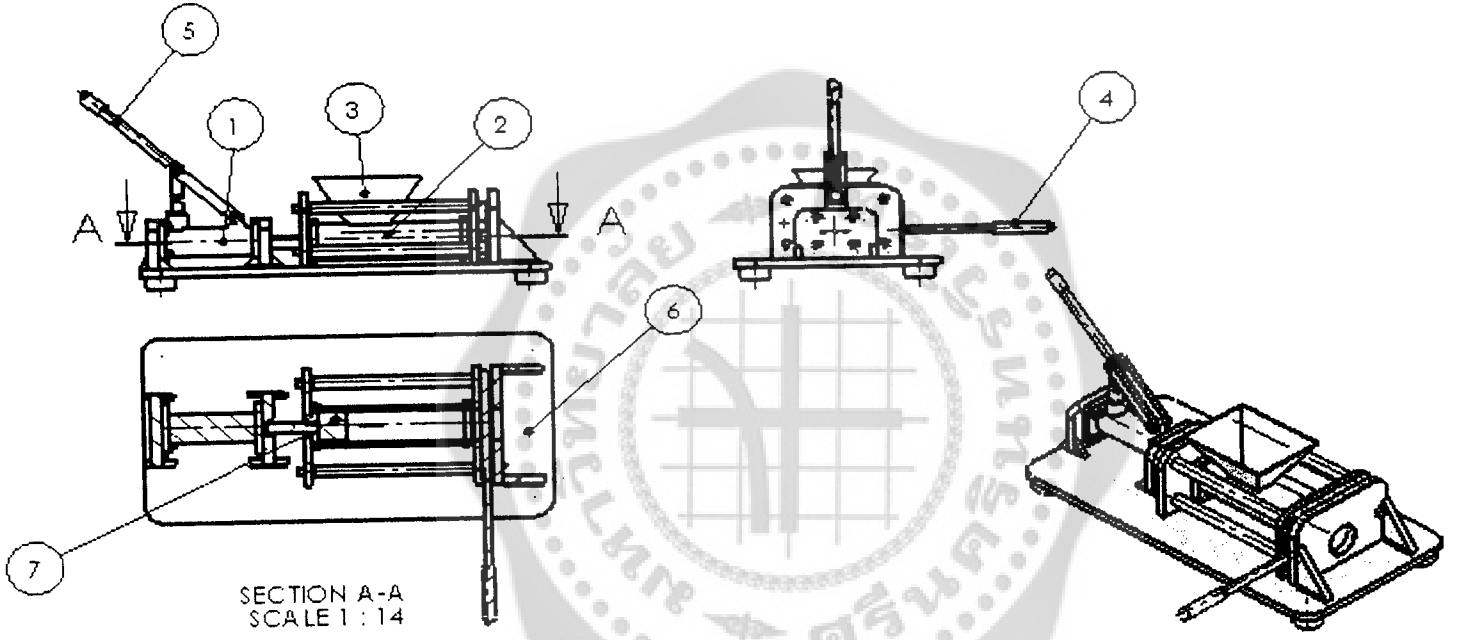
ผู้ออกแบบ

นายบุญโชติ ชำนาญ

ค.อ.บ. วิศวกรรมเครื่องกล สจพ.

ค.อ.ม. เครื่องกล สจพ.

Tel 089-9304984



SECTION A-A
SCALE 1 : 14

หมายเหตุ ขนาดที่ไม่ได้กำหนดตาม DIN 7168
คุณภาพผิวงาน : ปานกลาง

เครื่องอัดถ่าน

A4

รายละเอียดชิ้นงาน

No. of Piece	List of Part	Pos. No.	Mat/Dim/Misc
7	ชุดลูกสูบ	1	St. 50 (— x—x—mm)
6	ชุดแผ่นฐาน	1	St.4 2(— x—x—mm)
5	คันโยกไฮดรอลิกส์	1	St.60 (Ø — x— mm)
4	ชุดคันโยกแผ่นปิดปลายกระบอกอัด	1	St.60, St.42(— x—x— mm)
3	กระเปาะใส่วัสดุ	1	Stainless(— x—x— mm)
2	ชุดกระบอกอัด	1	St.60(Ø — x — mm)
1	ชุดไฮดรอลิกส์	1	