การใช้ประโยชน์ของกากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

UTILIZATION OF MIXING SCUM FROM GREASE TRAP OF CANNED TUNA PLANT FOR PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES

รังสิมา พรมฟ้า

รัตติกาล หวังสุข

วรรณิศา พงศ์จิตประเสริฐ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UTILIZATION OF MIXING SCUM FROM GREASE TRAP OF CANNED TUNA PLANT FOR PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES

RANGSIMA PHROMFAR
RATTIKAN WANGSUK
WANNISA PONGJITPRASERT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL RESOURCE CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การใช้ประโยชน์ของกากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
UTILIZATION OF MIXING SCUM FROM GREASE TRAP OF CANNED TUNA PLANT FOR PRODUCTION OF FUEL BRIQUETTES

ชื่อนักศึกษา นางสาวรังสิมา พรมฟ้า
นางสาวรัตติกาล หวังสุข
นางสาววรรณิศา พงศ์จิตประเสริฐ

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์	
ผศ. กรองแก้ว ทิพยศักดิ์	
ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การใช้ประโยชน์ของกากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวรังสิมา พรมฟ้า นางสาวรัตติกาล หวังสุข นางสาววรรณิศา พงศ์จิตประเสริฐ
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาความเหมาะสมของการนำกากไขมันกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง กากไขมันที่ใช้ในการศึกษานี้เก็บรวบรวมจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องและถูกนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งใน 2 รูปแบบคือ ตามสภาพที่ได้รับและสภาพผ่านการทำให้แห้ง จากนั้นนำมาผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อย (โดยน้ำหนัก) 100 ต่อ 0, 90 ต่อ 10, 80 ต่อ 20, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50, 40 ต่อ 60, 20 ต่อ 80, 0 ต่อ 100 แล้วอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดแบบไฮดรอกลิก และทำการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 3 ด้าน ได้แก่ สมบัติด้านพลังงาน (ปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถันรวม และค่าความร้อน) สมบัติทางกายภาพ (ค่าต้านแรงกดและดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก) และสมบัติด้านการเผาไหม้ จากการศึกษาพบว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของอุตสาหกรรมดังกล่าวสามารถนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้โดยต้องมีการผสมกับขี้เลื่อย เชื้อเพลิงอัดแท่งในการศึกษาครั้งนี้มีจุดเด่น คือมีค่าความร้อนสูง ปริมาณกำมะถันและปริมาณเถ้าต่ำ แต่ก็มีจุดด้อยที่สำคัญ คือมีปริมาณคาร์บอนเสถียรต่ำ และปริมาณสารระเหยสูง อัตราส่วนของกากไขมันต่อขี้เลื่อยมีผลต่อการอัดขึ้นรูปของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยเมื่อใช้ขี้เลื่อยในปริมาณสูงขึ้นจาก ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จะทำให้การอัดเป็นแท่งทำได้ยากขึ้น นอกจากนี้เชื้อเพลิงมีความสามารถในการต้านแรงกดลดลงจาก 33.56 kg/cm^2 เป็น 5.23 kg/cm^2 ในทางกลับกันการเพิ่มปริมาณขี้เลื่อยทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นมีค่าความชื้นและปริมาณกำมะถันลดลง นอกจากนี้ค่าความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อผสมขี้เลื่อยกับกากไขมันในปริมาณสูงขึ้น

คำสำคัญ : กากไขมัน, บ่อดักไขมัน, เชื้อเพลิงอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Utilization of Mixing Scum from Grease Trap of Canned Tuna Plant for Production of Fuel Briquettes
Students	Miss Rangsima Phromfar
	Miss Rattikan Wangsuk
	Miss Wannisa Pongjitprasert
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2010
Advisor	Asst Prof.Dr. Usarat Thawornchaisit

ABSTRACT

This special project studied the potential recycling of mixing scum in production of fuel briquettes. Mixing scum was collected from a canned tuna plant grease trap and used in two forms; as-received and drying phase. Then mixing scum was mixed with sawdust in various ratios-100:0, 90:10, 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 and 0:100. The mixture was then densified into fuel briquettes of 1 cm diameter by using hydraulic pressing machine. The briquettes were tested for its fuel properties in 3 areas including energy properties (moisture content, ash, volatile organic content, fixed carbon, sulfur content and calorific value content), physical properties (compressive strength and impact resistant index) and combustible properties. Results showed that it is possible to produce fuel briquettes from a mixture of mixing scum and sawdust. The highlight of the fuel briquettes was high calorific, low sulfur and low ash. However, the weak point of the briquettes was low fixed carbon and high volatile organic content. The ratio of mixing scum to sawdust affected the ability to densify the mixture into briquette. When weight percentage of sawdust increased from 10 percent to 100 percent, it is more difficult to densify the mixture into briquette. In addition, the compressive strength decreased from 33.56 kg/cm^2 to 5.23 kg/cm^2. In contrast, increasing the amount of sawdust in briquette decreased moisture content and sulfur content in the briquettes. In addition, higher calorific value was obtained when higher quantity of sawdust was mixed with mixing scum.

Keywords : mixing scum, grease trap, fuel briquette

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำและข้อมูลที่มีประโยชน์จาก ผศ.ดร. อุสารัตน์ ถาวรชัยสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ. กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และ ผศ.ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์ เป็นอย่างสูงที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงงานพิเศษ ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสิริพร เล่าลือสมถวิล และบริษัทไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรมจำกัดที่เอื้อเฟื้อและให้ความร่วมมือและความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีสำหรับการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้ความอุปการะตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของโครงงานพิเศษฉบับนี้ขออุทิศให้แด่คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณต่อคณะวิจัยทุกท่าน

นางสาวรังสิมา พรมฟ้า
นางสาวรัตติกาล หวังสุข
นางสาววรรณิศา พงศ์จิตประเสริฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ไขมันและน้ำมัน	3
2.1.1 ประเภทของไขมันและน้ำมัน	4
2.1.2 กรดไขมัน (Fatty acid)	4
2.2 ไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย	6
2.2.1 ประเภทของไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย	6
2.2.2 ไขมันและน้ำมันในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตปลาทูน่ากระป๋อง	6
2.2.3 การกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย	7
2.3 เชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง	9
2.3.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง	9
2.3.2 หลักการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง	10
2.3.3 ขั้นตอนการอัดแท่ง	11
2.3.4 วิธีการอัดแท่ง	12
2.3.5 เครื่องอัดแท่ง	15
2.3.6 สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	18
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี 23

3.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่างกากไขมัน 24

3.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างขี้เลื่อย 24

3.4 การศึกษาสมบัติด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย 24

3.5 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนักต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 25

3.6 การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 25

3.7 การวิเคราะห์ผล 26

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย 27

4.2 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนักต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 29

4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 30

4.3.1 ปริมาณความชื้น 30

4.3.2 ปริมาณเถ้า 31

4.3.3 ปริมาณสารระเหย 31

4.3.4 ปริมาณคาร์บอนเสถียร 32

4.3.5 ปริมาณกำมะถัน 33

4.3.6 ปริมาณค่าความร้อน 34

4.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 34

4.4.1 ค่าต้านแรงกด 34

4.4.2 ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก 36

4.5 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 36

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 39

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 41

5.1.1 คุณสมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย 41

5.1.2 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนัก 41

ต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก	46
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมันชนิดต่างๆ 5

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำเสียและปริมาณความสกปรกของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง 7

ตารางที่ 2.3 สมบัติด้านเชื้อเพลิงของวัสดุเหลือใช้ 10

ตารางที่ 2.4 สมบัติที่ดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 19

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงานของกากไขมัน ขี้เลื่อย และเชื้อเพลิงอัดแท่ง 25

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อยก่อนผสม 28

ตารางที่ 4.2 สมบัติด้านการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันเปียกผสมขี้เลื่อย 37

ตารางที่ 4.3 สรุปการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันตามสภาพที่ได้รับผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 39

ตารางที่ 4.4 สรุปการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันตามสภาพน้ำหนักแห้งผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของไขมัน 3
รูปที่ 2.2 กลไกการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง 11
รูปที่ 2.3 เครื่องอัดแบบลูกสูบ 15
รูปที่ 2.4 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง 16
รูปที่ 2.5 เครื่องอัดเม็ด หรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ 16
รูปที่ 2.6 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปเกลียว 17
รูปที่ 2.7 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด 18
รูปที่ 3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง 24
รูปที่ 4.1 กากไขมันที่ใช้ในการศึกษา 27
รูปที่ 4.2 ขนาดแท่งเชื้อเพลิง (อัตราส่วนกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10) 29
รูปที่ 4.3 การอัดขึ้นรูป 29
รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 30
รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 31
รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณสารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 32
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณคาร์บอนเสถียร (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 32
รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) 33
รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณค่าความร้อน (kcal/kg) 34
รูปที่ 4.10 แสดงค่าต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันตามสภาพที่ได้รับผสมขี้เลื่อย 35
รูปที่ 4.11 ค่าต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันตามสภาพน้ำหนักแห้งผสมขี้เลื่อย 35
รูปที่ 4.12 แสดงดัชนีค่าต้านการตกกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย 36
รูปที่ 4.13 ควันที่เกิดจากการทดสอบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ไขมันและน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่กับน้ำเสียนั้น หากไม่ได้รับการบำบัดก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ไขมันและน้ำมันนั้นจะไปหุ้มติดกับผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้อาหารและออกซิเจนซึมเข้าไปในเซลล์ไม่ได้ เป็นผลให้จุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียเจริญเติบโตได้ไม่ดีและอาจตายลงได้ นอกจากนี้ไขมันและน้ำมันยังพยุงตะกอนจุลินทรีย์ให้ลอยขึ้นแทนที่จะจมลง ส่งผลให้เกิดปัญหาตะกอนลอยในถังตกตะกอน (สุรพล, 2538) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการบำบัดหรือกำจัดไขมันเหล่านี้ออกจากน้ำเสียรวมก่อนที่เข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพ ผลที่ตามมาคือจะมีกากไขมันเกิดขึ้นที่จำเป็นต้องหาวิธีจัดการอย่างเหมาะสม โรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง จัดเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีปริมาณกากไขมันออกจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นจำนวนมาก ประกอบกับในสถานการณ์ปัจจุบันที่แหล่งพลังงานสำรองจำพวกเชื้อเพลิงฟอสซิลของโลกมีจำนวนลดลง ในขณะที่ความต้องการพลังงานขั้นสุดท้ายมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นทั้งเชิงพาณิชย์และที่อยู่อาศัย การค้นคว้าวิจัยหาแหล่งพลังงานทดแทนจัดเป็นหัวข้อวิจัยที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย หนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจและได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างมากสำหรับประเทศไทยคือ พลังงานชีวมวล เนื่องจากประเทศไทยมีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก อีกทั้งกากไขมันที่ได้จากบ่อดักไขมันมีสมบัติทางด้านพลังงานที่น่าสนใจคือ มีค่าความร้อนสูง มีปริมาณเถ้าและซัลเฟอร์ต่ำ (นิศากร, 2545) ทำให้การแปรรูปกากไขมันหรือของเสียที่เกิดขึ้นนี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม อาทิเชื้อเพลิงอัดแท่ง จึงเป็นแนวทางหนึ่งของการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ ที่จะนำไปสู่การป้องกันมลพิษและลดของเสียให้น้อยที่สุดให้กับโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันจากร้านอาหารและโรงแรมสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (นิศากร, 2545; กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ประกอบกับการจัดการกากไขมันหรือกากตะกอนที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสำเร็จรูปกระป๋องที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันคือ การนำไปผลิตอาหารสัตว์ ปุ๋ย หรือใช้วิธีการฝังกลบ ทำให้การศึกษาในเรื่องการใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานของกากไขมันจากโรงงานอุตสาหกรรมยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด

โครงงานพิเศษนี้จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันผสมกับขี้เลื่อย เหตุผลในการเลือกขี้เลื่อยมาเป็นวัตถุผสมเนื่องจากกากไขมันที่เลือกใช้มีความชื้นค่อนข้างสูง ประกอบกับขี้เลื่อยมีสมบัติในการดูดความชื้นได้ดี สามารถดูดซับส่วนที่เป็นน้ำจากกาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันและทำให้การอัดเป็นแท่งสามารถเกิดได้ง่ายขึ้น ซึ่งผลจากการวิจัยนี้จะนำไปสู่การตัดสินใจในการเลือกวิธีในการจัดการกากไขมันของโรงงานอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากไขมันกับขี้เลื่อยในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพและสมบัติทางด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันกับขี้เลื่อย
3. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันแบบเปียกและแบบแห้ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 กากไขมันที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตปลาทูน่ากระป๋องและขี้เลื่อยที่นำมาผสมกับกากไขมันได้มาจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา

1.3.2 ศึกษาสมบัติด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย โดยวิเคราะห์ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ ค่าความร้อน และปริมาณกำมะถัน

1.3.3 ศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างกากไขมันกับขี้เลื่อย โดยมี

1.3.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชนิดของกากไขมัน (สภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง) ปริมาณกากไขมันและปริมาณขี้เลื่อยที่ผสมกันในอัตราส่วนโดยน้ำหนักจำนวน 8 อัตราส่วน ดังนี้ 100 ต่อ 0, 90 ต่อ 10, 80 ต่อ 20, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50, 40 ต่อ 60, 20 ต่อ 80, 0 ต่อ 100

1.3.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งแบ่งการทดสอบเป็น 3 ชนิด ได้แก่สมบัติทางกายภาพ โดยพารามิเตอร์ที่ทำการวัดคือค่าต้านแรงกดและดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก สมบัติด้านพลังงาน โดยพารามิเตอร์ที่วัดคือค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณกำมะถัน ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ และค่าความร้อน และศึกษาสมบัติด้านการเผาไหม้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงซึ่งสามารถพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้

1.4.2 เป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการกากของเสียและนำมาใช้ประโยชน์ควบคู่กัน

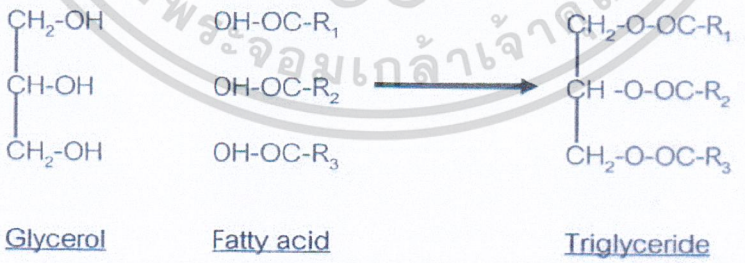
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไขมันและน้ำมัน

ไขมัน (fat) และน้ำมัน (oil) เป็นสารอาหารจำพวกลิปิด (lipid) ที่มีอยู่ในธรรมชาติที่สามารถสกัดจากเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ มีคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือไม่ละลายน้ำและแอลกอฮอล์ที่เย็นแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และปิโตรเลียมอีเทอร์ มีลักษณะลื่นและเหนียวเหนอะหนะเมื่อจับต้อง และที่อุณหภูมิปกติไขมันจะมีลักษณะเป็นของแข็งซึ่งไขมันจะค่อยๆหลอมละลายเมื่อได้รับความร้อน ส่วนน้ำมันเป็นของเหลวโดยมีความแตกต่างที่สำคัญคือจุดหลอมเหลว (Melting point)

ไขมันและน้ำมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic Compounds) ซึ่งประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนคล้ายกับคาร์โบไฮเดรต แต่มีสัดส่วนที่แตกต่างกันคือจำนวนออกซิเจนต่ำกว่าในคาร์โบไฮเดรตเมื่อเทียบในปริมาณที่เท่ากัน (กรมควบคุมมลพิษ,2551) ไขมันและน้ำมันตามธรรมชาติจะมีส่วนประกอบทางเคมีที่เหมือนกัน คือ มีเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล หรือไตรกลีเซอไรด์ที่มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2.1 เป็นส่วนประกอบมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มีโมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และกรดไขมันในปริมาณเล็กน้อย นอกจากนี้ยังอาจพบสารอื่นๆ เช่น ฟอสโฟลิปิด สเตอรอล วิตามิน ไฮโดรคาร์บอน เม็ดสี(Pigment) สารจากการออกซิเดชันปนอยู่ด้วย (กรมควบคุมมลพิษ,2551) ไขมันและน้ำมันจะเกิดการสลายตัวให้กรดไขมันอิสระและกลีเซอรอลเมื่อนำไปต้มในmineral acids หรือด่าง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประเภทของไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

1. น้ำมันและไขมันธรรมดา (Simple lipid) ได้แก่ เอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ถ้าแอลกอฮอล์นั้นเป็นกลีเซอรอล (glycerol) ไขมันนี้จะเรียกว่าเอซิลกลีเซอรอล (acylglycerol) หรือกลีเซอไรด์ (glyceride) ถ้าอยู่ในสภาพของเหลวก็เรียกว่าน้ำมัน (oil) ถ้าอยู่ในสภาพของแข็งจะเรียกว่าไขมัน (fat) ถ้าแอลกอฮอล์นั้นมีขนาดใหญ่กว่ากลีเซอรอล ไขมันนั้นก็จะเป็นของแข็งในสภาพปกติและเรียกว่าไข (wax)

2. น้ำมันและไขมันประกอบ (Compound lipid) ได้แก่ น้ำมันและไขมันธรรมดาที่มีสารอื่นเพิ่มขึ้น มีอยู่ 3 ชนิดด้วยกัน แล้วแต่ชนิดของส่วนที่เพิ่มมา คือ

2.1 ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) หรือ ฟอสโฟกลีเซอไรด์ (Phosphoglyceride) มีส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นฟอสเฟตและแอลกอฮอล์

2.2 ไกลโคลิปิด (glycolipid) มีส่วนที่เพิ่มขึ้นเป็นคาร์โบไฮเดรต

2.3 ไลโปโปรตีน (Lipoprotein) เป็นไขมันที่มีโปรตีนจับอยู่ด้วย ทำหน้าที่เป็นตัวขนส่งไขมันในโลหิต และเป็นส่วนประกอบของเยื่อเซลล์

3. อนุพันธ์น้ำมันและไขมัน (Derived lipid) ได้แก่ อนุพันธ์ต่างๆที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของไขมันสองประเภทข้างต้น เช่น กรดไขมัน (fatty acid) แอลกอฮอล์ (alcohol) รวมทั้งสารอื่นๆที่มาจากไลโปโปรตีน

4. น้ำมันและไขมันเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous lipid) ได้แก่ สารอื่นๆที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมัน มักพบอยู่รวมกับไขมันในธรรมชาติ และจะละลายในสารละลายที่ใช้สกัดไขมัน สารเหล่านี้ได้แก่ สเตอรอยด์ (steroid) วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน และสารประเภทเทอร์ปีน (terpene)

2.1.2 กรดไขมัน (Fatty acid)

เนื่องจากไขมันและน้ำมันประกอบด้วยเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมันเป็นส่วนประกอบหลัก กรดไขมันจึงจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของไขมันเกือบทุกชนิดดังตารางที่ 2.1 และมีบทบาทสำคัญในการกำหนดจุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมัน หัวข้อนี้จึงทำการทบทวนความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกรดไขมัน

กรดไขมัน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอนต่อกันเป็นสายยาวและมีหมู่คาร์บอกซิลิก (COOH) ที่ปลายด้านหนึ่งของคาร์บอน มีสูตรทั่วไปคือ RCOOH ซึ่ง R หมายถึง หมู่อัลคิล (C_nH_{2n+1}) โดยกรดไขมันส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4-22 อะตอม แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดตามพันธะคู่ที่มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่ในโมเลกุลไม่มีพันธะคู่จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนหรือฮาโลเจนได้อีกแล้ว มีสูตรคือ $C_nH_{2n}O_2$ ตัวอย่างของไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นสารประกอบ ได้แก่ ไขมันจากสัตว์ กรดไขมันชนิดนี้มีคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 24 อะตอม ยิ่งมีจำนวนคาร์บอนอะตอมมาก จุดหลอมเหลวของไขมันยิ่งสูงมากขึ้นไปด้วย

-กรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่ในโมเลกุลมีพันธะคู่ที่สามารถรวมตัวกับฮาโลเจนได้อีก มีสูตรคือ $C_nH_{2n-2}O_2$ หรือ $C_nH_{2n-4}O_2$ กรดไขมันชนิดนี้มีคาร์บอน16 ถึง 20 อะตอม ตามปกติเมื่อมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบในไขมันมากจะทำให้จุดหลอมเหลวของไขมันนั้นต่ำ ดังนั้นไขมันจึงมักมีสภาพเป็นของเหลวหรือน้ำมัน

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ำมันและไขมันชนิดต่างๆ

No.	oil or fat	Carbon to double bond ration							
		14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3	20:0	22:1
1.	ถั่วเหลือง		6-10	2-5	20-30	50-60	5-11		
2.	ข้าวโพด	1-2		2-5	19-49	34-62	น้อยมาก		
3.	ถั่วลิสง			2-3	50-65	20-30			
4.	มะกอก			2-3	73-84	10-12	น้อยมาก		
5.	เมล็ดฝ้าย	0-2		1-2	23-35	40-50	น้อยมาก		
6.	น้ำมัน(ไลโนเลอิก)ดอกคำฝอย			1.5	8.8	83.8			
7.	น้ำมัน(โอเลอิก)ดอกคำฝอย			1.4	74.4	19.7			
8.	น้ำมัน(โอเลอิก)เมล็ดพืช			1.3	59.9	21.1	13.2		
9.	น้ำมัน(อีลูอิก)เมล็ดพืช			0.8	13.1	14.1	9.7	7.4	50.7
10.	เนย	7-10		10-13	28-31	1-2.5	0.2-0.5		
11.	น้ำมันหมู	1-2		12-18	40-50	7-13	0-1		
12.	ไข	3-6		20-25	37-43	2-3			
13.	น้ำมันลินซีด			2-4	25-40	35-40	25-60		
14.	ไขมันสัตว์สีเหลือง	2.43		12.96	44.32	6.97	0.67		

ที่มา : Linstromberg, D.C. (1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย

ไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย หมายถึง ไขมัน น้ำมัน ขี้ผึ้ง กรดไขมัน และสารจำพวก non volatile อื่นๆ ที่สามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) เป็นสารอาหารที่มีอยู่ในธรรมชาติได้มาจากพืชและสัตว์ ดังนั้นน้ำเสียจากกิจกรรมการประกอบอาหารไม่ว่าจะเป็นน้ำเสียจากร้านอาหาร รวมไปถึงอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารอย่างเช่นอุตสาหกรรมการผลิตปลากระป๋อง ย่อมต้องพบน้ำมันและไขมันปนเปื้อนส่วนใหญ่

2.2.1 ประเภทของไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย

น้ำมันและไขมันที่พบในน้ำเสียสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือพวกที่ละลายน้ำได้ น้ำมันในรูปอิมัลชัน และน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ (วาริษา, 2551)

1. น้ำมันที่ละลายน้ำได้ เป็นพวกที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ความสามารถในการละลายน้ำขึ้นอยู่กับสมบัติประจำตัวของน้ำมัน ไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ง่าย (มักมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ) มักละลายน้ำได้ดี นอกจากนี้ไฮโดรคาร์บอนที่มีโพลาริตีสูงและน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะละลายน้ำได้ดี

2. น้ำมันในรูปอิมัลชัน จะเป็นน้ำมันที่อยู่ในรูปอนุภาคขนาดเล็กคล้ายคอลลอยด์ ดังนั้นจึงมองเห็นเป็นความขุ่นในน้ำ น้ำมันละลายน้ำอาจกลายเป็นอิมัลชันได้เมื่อถูกกระทำด้วยแรงภายนอก เช่น ถูกบดอัด เป็นต้น ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีการใช้สารซักฟอกหรือ Surfactant ในการชำระล้างน้ำมันหรืองานอื่นๆ ลักษณะของน้ำมันที่พบในน้ำจึงอาจมี Surfactant อยู่ด้วย เม็ดน้ำมันอิมัลชันชนิดนี้เป็นเม็ดน้ำมันที่มีความคงตัวมาก ทำให้แยกออกจากน้ำเสียได้ยาก สาเหตุมาจากสารซักฟอกทำให้น้ำมันมีประจุชนิดเดียวกัน และลดแรงตึงผิวของเม็ดน้ำมัน ทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง (มักเล็กกว่า 20 ไมครอน)

3. น้ำมันลอยบนผิวน้ำ มีลักษณะเป็นฟิล์ม เนื่องจากไขมันและน้ำมันมักมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงเป็นเรื่องปกติที่จะพบว่ามีน้ำมันลอยอยู่เหนือน้ำเป็นฝ้า หรือเป็นฟิล์ม ซึ่งขวางกั้นการถ่ายเทออกซิเจนหรือบังแสง น้ำมันปริมาณเล็กน้อยสามารถสร้างฟิล์มปิดพื้นที่ผิวน้ำได้มากมาย เนื่องจากฟิล์มเหล่านี้มักเป็นโมเลกุลเดี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ

2.2.2 ไขมันและน้ำมันในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตปลาทูน่ากระป๋อง

กระบวนการผลิตปลากระป๋องเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำสูง ทำให้เกิดน้ำเสียจากหลายขั้นตอน ทั้งจากการล้างทำความสะอาดปลา การตัดแต่งเนื้อปลา การนึ่งปลา การนึ่งฆ่าเชื้อ การลดอุณหภูมิกระป๋อง การล้างกระป๋องที่ปิดผนึกแล้ว การล้างอุปกรณ์และพื้นในสายการผลิต ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีความสกปรกในรูปสารอินทรีย์สูงมาก โดยเฉพาะการปนเปื้อนของไขมันและโปรตีน (ตารางที่ 2.2) เนื่องมาจากในตัวปลาจะมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบสูงถึงร้อยละ 30 ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา อายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด สภาพแวดล้อม และฤดูกาล จากสัดส่วนนี้ร้อยละ 25 เป็นกรดไขมันอิ่มตัว และอีกร้อยละ 75 เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (วาริษา, 2551)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำเสียและปริมาณความสกปรกของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอนการผลิต	ลักษณะน้ำเสีย (อัตราการเกิดต่อตันผลิตภัณฑ์)	ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)	อัตราการเกิดต่อตันปลาสด (ลูกบาศก์เมตร)
การละลายน้ำแข็ง	BOD : 2,000 mg/L (15kg)	275	6.88
การล้างปลา		125	0.31
การผ่าปลา ควักไส้ หักหัว หางและขูดปลา	COD : 3,000 mg/L (N/A)	185	4.63
การนึ่งปลา	TSS : 1,000 mg/L (11 kg)	N/A	0.2-0.6
การทำให้อุณหภูมิปลานึ่งเย็นตัว	FOG : N/A (5.6 kg)	49	1.23
การล้างกระป๋อง		8	0.62

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2548)

2.2.3 การกำจัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย

การกำจัดไขมันและน้ำมันจากน้ำเสียมีหลายวิธีขึ้นกับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ปริมาณ สภาพและชนิดของไขมัน เป็นต้น ซึ่งวิธีการกำจัดไขมันและน้ำมันแบ่งได้ดังนี้ (นิศากร, 2545)

1. วิธีการทางด้านกายภาพ

วิธีการทางด้านกายภาพเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากและแพร่หลายที่สุด เนื่องจากทำได้รวดเร็ว กระบวนการไม่ซับซ้อน ระบบบำบัดมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป ค่าใช้จ่ายดำเนินการโดยรวมแล้วต่ำหากเทียบกับวิธีอื่นๆ วิธีทางกายภาพมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 การทำให้ลอยตัวตามธรรมชาติ

หลักการวิธีนี้อาศัยคุณสมบัติความถ่วงจำเพาะ ไขมันและน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ เมื่อมีระยะเวลากักพักภายในถังเพียงพอจะทำให้ไขมันและน้ำมันลอยตัวขึ้นมาที่ผิวน้ำ วิธีการนี้จะใช้ถังดักไขมัน (grease trap) และเครื่องแยกไขมัน (grease interceptors) วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีปริมาณน้ำเสียและปริมาณไขมันและน้ำมันไม่มากนัก เช่น บ้านเรือน ร้านอาหาร โรงแรมขนาดเล็ก เป็นต้น

1.2 การเติมอากาศใต้ภาวะความดันปกติ (Aeration or air flotation)

การเติมอากาศภายใต้ภาวะความดันปกติ เป็นการเป่าอากาศลงไปในน้ำเสียโดยตรง เพื่อให้ฟองอากาศพาไขมันและน้ำมันลอยตัวขึ้นมาสู่ผิวน้ำ อาศัยหลักการอัดอากาศเข้าไปในถังความดันที่มีน้ำเสียอยู่ เมื่อน้ำเสียอิ่มตัวด้วยอากาศที่อัดเข้าไป จะทำการลดความดันลงเพื่อเข้าสู่สภาวะความดันปกติ และปล่อยก๊าซในรูปฟองอากาศออกมาซึ่งจะดันไขมันขึ้นสู่ผิวน้ำด้านบน วิธีการนี้เหมาะสำหรับแยกไขมันและน้ำมันที่มีแนวโน้มจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้เอง ฟองอากาศเพียงแต่ช่วยพาให้ลอยขึ้นได้เร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะไขมันที่ไม่สามารถแยกได้ด้วยบ่อดักไขมัน

1.3 การทำให้เกิดสูญญากาศ (Vacuum flotation)

วิธีการนี้จะทำการดูดอากาศภายในถังพักน้ำเสียออกไปทำให้สภาพภายในถังมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศจะทำให้อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved air) แยกตัวลอยขึ้นมาทำให้ช่วยยกและพาเอาโมเลกุลของไขมันและน้ำมันลอยขึ้นมาสู่ผิวน้ำด้วย วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับไขมันและน้ำมันที่มีขนาดเล็กๆ ได้เป็นอย่างดี เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพลังงานมาก ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศที่มีขนาดใหญ่พอที่จะสร้างระบบสูญญากาศได้ทั่วถึง ต้องออกแบบถังกักพักโดยเฉพาะ สามารถใช้ได้ดีกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันมากๆ

1.4 การอัดอากาศปะปนกับน้ำในสภาพความดันสูง (Dissolved air flotation ; DAF)

หลักการของวิธีนี้คือการใช้ปั๊มอัดอากาศและน้ำให้เข้ากับที่ความดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในถังควบคุมความดัน โดยใช้เวลา 2-3 นาที เพื่อให้อากาศละลายน้ำได้ จากนั้นลดความดันลงให้เข้าสู่สภาวะปกติเพื่อให้อากาศละลายน้ำได้น้อยลง อากาศส่วนเกินจะแยกออกจากน้ำเป็นฟองอากาศเล็กๆ และช่วยพาเอาโมเลกุลของน้ำและไขมันที่มีโมเลกุลเล็กๆ ในรูปของคอลลอยด์ และอิมัลชันออกจากน้ำทิ้งได้ดี ระบบ DAF นี้ในปัจจุบันใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานปลากระป๋อง เป็นต้น มีอยู่ 2 รูปแบบคือ แบบที่ไม่มีการหมุนเวียนและแบบที่มีการหมุนเวียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการทางเคมี

วิธีการทางกายภาพไม่สามารถกำจัดไขมันและน้ำมันที่ละลายในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงต้องอาศัยวิธีการทางเคมีเพื่อให้ไขมันและน้ำมันแยกตัวออกจากน้ำ แล้วจึงใช้วิธีทางกายภาพต่อไป สารเคมีที่ใช้สำหรับแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำนั้นได้แก่ สารอนินทรีย์ เช่น กรดกำมะถัน สารส้ม คลอรีน เป็นต้น และสารอินทรีย์สังเคราะห์ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าสารอนินทรีย์ ส่วนสารที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นสารอนินทรีย์ คือ กรดกำมะถัน

3. วิธีการทางชีวภาพ

วิธีการทางด้านกายภาพและทางด้านเคมีนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสภาพของไขมันและน้ำมันได้ เป็นเพียงแต่การแยกเอาไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสียเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องนำไปกำจัดหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป วิธีการทางชีวภาพ มีการใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ที่สามารถย่อยสลายไขมันและน้ำมันได้ โดยกระบวนการย่อยสลายสุดท้ายจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ แบคทีเรียที่ใช้ย่อยสลายนั้นในปัจจุบันมีการพัฒนาในรูปแบคทีเรียสำเร็จรูป

จากวิธีการกำจัดไขมันและน้ำมันเบื้องต้นพบว่าสามารถแยกเอาไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสียได้ โดยวิธีทางกายภาพซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมากและแพร่หลายที่สุด เนื่องจากทำได้รวดเร็ว กระบวนการไม่ซับซ้อน ระบบบำบัดมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโดยรวมแล้วต่ำหากเทียบกับวิธีอื่นๆ

2.3 เชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง

เชื้อเพลิงอัดแท่งแข็ง หมายถึง เชื้อเพลิงที่เกิดจากการใช้แรงกดหรือแรงดันต่ออนุภาคเล็กๆของวัตถุดิบ จนทำให้เกิดการอัดแน่นพอเหมาะที่จะรวมตัวกันเป็นก้อนโดยอาจมีตัวประสาน หรือไม่มีตัวประสาน เพื่อให้มวลสารรวมตัวกันและเกาะกันได้ดี

2.3.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

วัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งมีหลากหลายชนิด ที่พบส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือทิ้งประเภทลิกโนเซลลูโลส เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ฟางข้าว ชานอ้อย ต้นมันสำปะหลัง เหง้ามันสำปะหลัง หญ้าคา หญ้าขจรจบ ไมยราบ ผักตบชวา ใบจามจุรี กะลาปาล์ม ต้นฝ้าย ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กากทานตะวัน เปลือกทุเรียน เศษถ่านหุงต้มที่เหลือใช้จากการใช้แล้ว (กรมพัฒนาและการส่งเสริมพลังงาน, 2535 อ้างถึงใน อุกฤษ์, 2552) เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีสมบัติด้านพลังงานอยู่ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงของวัสดุเหลือใช้

วัสดุเหลือใช้	สารระเหย (%โดยน้ำหนัก)	ถ่านคงตัว (%โดยน้ำหนัก)	เถ้า (%โดยน้ำหนัก)	กำมะถัน (%โดยน้ำหนัก)	ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)
ขี้เลื่อย	75.4	22.4	2.0	0.20	4500
กากอ้อย	73.9	17.6	8.5	0.3	4400
แกลบ	62.7	17.4	20.0	0.14	3600
ฟางข้าว	74.4	18.3	7.3	-	4000
ซังข้าวโพด	76.1	21.8	2.1	-	4400
ขุยมะพร้าว	63.3	29.4	7.1	0.06	4800
ต้นถั่วเหลือง	72.5	19.1	8.4	-	4500
ต้นมันสำปะหลัง	76.2	19.1	4.7	1.3	4000
เหง้ามันสำปะหลัง	75.0	17.0	8.0	0.28	4500
เศษหวาย	70.5	23.7	5.7	-	4800
ไมยราบยักษ์	71.2	25.1	3.7	-	4600
ผักตบชวา	58.9	15.3	25.8	1.19	3100
ไม้ยางพารา	45.70	7.71	1.59	-	2476

ที่มา : นารา พิทักษ์อรรณพ (2541)

2.3.2 หลักการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง

กระบวนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งประกอบด้วยการให้แรงดันแก่มวลของอนุภาค โดยอาจมีตัวประสาน หรือไม่มีตัวประสาน เพื่อให้มวลสารรวมตัวกันและเกาะกันได้ดี โดยแบ่งตามแรงดันออกเป็น 3 แบบ (Mishra and Grover, 1996)

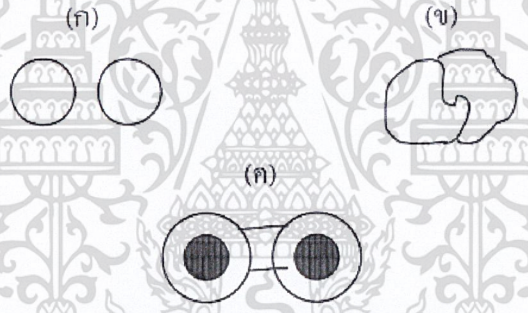
1. การอัดแท่งแบบที่ใช้แรงดันสูงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล บริเวณพื้นที่ผิวสัมผัสของวัสดุที่เป็นของเหลว (liquid) และของแข็ง (solid) เรียกว่า แรงแอดฮีชัน (adhesion forces) และการเกิดพันธะอินเตอร์ลอคกิง (interlocking bond) ระหว่างวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การอัดแท่งแบบที่ใช้แรงดันปานกลางโดยอาศัยความร้อนช่วยในการอัดตัวของวัสดุ ความร้อนทำให้วัสดุที่มีสารพวกลิกนิน และเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ อ่อนตัวยึดเกาะกันได้

3. การอัดแท่งแบบที่ใช้แรงดันต่ำโดยอาศัยตัวประสาน (binders) ช่วยในการอัดตัวของวัสดุ สำหรับกลไกการอัดแท่งแบบใช้ตัวประสาน ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวประสาน โดยตัวประสานที่ดีจะต้องมียางเหนียวที่ทำหน้าที่ยึดเกาะกับวัสดุได้ดี เช่น ทาร์ และสารอินทรีย์ที่มียางเหนียวเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ กลไกการยึดติดของตัวประสานขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของแข็งกับของเหลว (adhesion forces) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของวัสดุชนิดเดียวกัน (cohesion forces) และพันธะอินเตอร์ลอคกิ้ง (Interlocking bond) ระหว่างวัสดุ

วัสดุที่มีขนาดเล็กสามารถอัดแท่งโดยใช้แรงดันสูง ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน โดยที่ความแข็งของวัสดุอัดแท่งขึ้นอยู่กับแรงแวนเดอร์วาลล์ (van der Waals forces) และการเกิดพันธะอินเตอร์ลอคกิ้ง ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กลไกการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง
(ก) แรงแวนเดอร์วาลล์ (van der Waals forces)
(ข) พันธะอินเตอร์ลอคกิ้ง (interlocking bond)
(ค) ชั้นยางเหนียวของตัวประสาน (viscous binders adsorption layers)

2.3.3 ขั้นตอนการอัดแท่ง

วัสดุที่นำมาอัดแท่ง ทั้งที่ต้องใช้ตัวประสานหรือไม่ใช้ตัวประสาน โดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนในการอัดแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง ดังนี้

-การบด (Grinding) เพื่อให้วัสดุมีขนาดเล็กลง ทำให้เกิดการอัดติดเป็นก้อนทำได้ง่ายขึ้น

-การอบ (Drying) วัสดุที่ผ่านการบดแล้วจะถูกอบให้มีความชื้นที่เหมาะสมในการอัดก้อน ถ้าความชื้นมากเกินไป เชื้อเพลิงอัดแท่งจะแตกเมื่อสูญเสียความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การผสม (Mixing) การผสมวัสดุกับตัวประสานและสารเคมีต่างๆเพื่อให้อัดเชื้อเพลิงเป็นแท่งได้ โดยที่เวลาในการผสมจะต้องมากพอที่จะผสมสารต่างๆเข้าเป็นเนื้อเดียวกันในขั้นนี้อาจมีการผสมน้ำถ้ามีความชื้นของส่วนผสมน้อยเกินไป โดยทั่วไปชีวมวลต่างๆมีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน

-การอัดขึ้นรูป (Pressing) ส่วนผสมจะถูกใส่เข้าไปในเครื่องอัด แรงในการอัดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและกระบวนการในการอัด ดังนั้น คุณภาพของเชื้อเพลิงที่ได้ขึ้นกับแรงอัดและระยะเวลาที่อัด

2.3.4 วิธีการอัดแท่ง

สามารถแบ่งตามวิธีการอัดเป็น 2 แบบ คือ การอัดแบบร้อน และการอัดเย็น

2.3.4.1 การอัดแบบร้อน (Hot Densification) เป็นวิธีที่นิยม สามารถใช้กับวัสดุทั่วไปได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ ขี้เลื่อย แกลบ และเศษไม้ เป็นการอัดที่ถือกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 57 ปี โดยมี R.T.Bowling เป็นผู้คิดค้นประดิษฐ์ฟืนสังเคราะห์จากขี้เลื่อยให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีประสิทธิภาพสูง ไม่มีเขม่าควัน เถ้า และกลิ่นเหม็น มีข้อดีคือ ให้เปลวไฟสะอาด สามารถทำสีเปลวไฟได้ตามต้องการ (Fitzgerald, 1980) ซึ่งวิธีการอัดแท่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ตามชนิดของเครื่องอัด คือ

-การอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Palletizing)

-การอัดแท่งด้วยเกลียว (Screw Press Densification)

-การอัดแท่งด้วยลูกสูบ (Piston Press Densification)

-การอัดแท่งด้วยลูกกลิ้ง (Roll Press Densification)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ความร้อน ได้แก่

1. ปริมาณความชื้น (Moisture content) ชีวมวลที่มีความชื้นสูงจะสูญเสียพลังงานมากในการทำให้วัสดุแห้ง และมีค่าความร้อนต่ำกว่าชีวมวลที่มีความชื้นต่ำกว่า (Mishra and Grover, 1996) ส่วนวัสดุที่มีความชื้นต่ำ มีข้อเสียในการจับตัวเป็นก้อน และการอัดแท่งทำให้มีรอยแตกบนผิวของแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำที่อยู่ในวัตถุดิบมีส่วนช่วยกระจายความร้อนในมวลวัตถุ ถ้าวัตถุดิบมีน้ำไม่เพียงพอทำให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี แรงดันที่ต้องการใช้ในการอัดแท่งจึงเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าวัสดุมีน้ำมากเกินไปทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกกระจายไป ส่งผลให้น้ำกลายเป็นไอ และบ่อยครั้งทำให้เกิดการระเบิดออกมาจากกระบอกอัด โดยทั่วไป พบว่าปริมาณความชื้นของวัสดุที่เหมาะสมควรมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 ทั้งนี้เพื่อให้วัสดุดังกล่าวเกาะกันเป็นแท่งได้ง่าย ไม่มีรอยแตกร้าว และมีความแข็งแรงเพียงพอสามารถขนส่งได้โดยไม่แตกหัก (Reed and Bryant, 1978)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขนาดของชิ้นวัตถุดิบ (Particle size) เศษวัสดุแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เศษเหลือจากการทำไม้ จะได้เศษไม้ที่มีทั้งปลายไม้ ส่วนที่ผุ หรือมีตำหนิ ได้แก่ ขี้เลื่อย ขี้กบเพื่อให้วัสดุเหลือใช้ที่มีขนาดยาวและใหญ่ มีขนาดเล็กลงได้ โดยการนำไปย่อยและบดเพื่อให้เหมาะสมกับการป้อนเข้าเครื่องอัดแท่ง Intermediate Technology Development Group รายงานว่า ขนาดชิ้นส่วนของวัสดุโดยเฉลี่ยควรจะมีขนาด 3 มิลลิเมตร โดยที่ร้อยละ 20 ของวัสดุควรมีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และส่วนที่เหลือควรมีขนาด 2-4 มิลลิเมตร (ITDG, 1984) ในวัสดุที่มีขนาดเล็กอยู่แล้วอาจไม่ต้องย่อยหรือบด แต่ต้องผ่านทำการร่อนด้วยตะแกรงเสียก่อน มิฉะนั้นวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ปะปนอยู่ จะทำให้ไม่สามารถอัดเป็นแท่งได้ดี ทำให้ได้เชื้อเพลิงอัดแท่งมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอ

3. แรงดัน (Pressure) แรงดันในกระบอกอัดเกิดจากการที่สกรูอัดหมุนดันให้วัสดุที่ป้อนเข้าเครื่องอัดติดกับผนังกระบอกอัด โดยแรงดันขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างเกลียวอัด ความสูงของเกลียว ความเร็วของสกรู ตลอดจนระยะห่างระหว่างผนังกระบอกอัดกับสกรู เมื่อวัสดุถูกสกรูหมุนดันให้ติดกับกระบอกอัดที่ได้รับความร้อนจากแผ่นให้ความร้อน จะทำให้เกิดการเกาะตัวกันและแรงเสียดทานระหว่างกระบอกกับแท่งเชื้อเพลิงที่กำลังเคลื่อนตัวออก จะช่วยทำให้เกิดแรงดันที่เหมาะสม ทำให้วัสดุเกิดการอัดตัวแน่นยิ่งขึ้น

4.อุณหภูมิ (Temperature) Rougerie (1980) ได้คิดหาวิธีการอัดแท่งกับวัสดุประเภทลิกนินเซลลูโลส (ขี้เลื่อย) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 85-160 °C เพื่อที่จะให้ลิกนินอ่อนตัวยึดเกาะกันได้แน่นขึ้น ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่มีความแข็ง ขณะที่ Cerpean, et. al. (1983) ได้ทดลองการทนแรงอัด (Compressive strength) ของชิ้วมวลอัดแท่ง การทนแรงอัดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ระหว่างการอัดพบว่าการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อุณหภูมิ 220°C ทำให้ได้แท่งอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูงสุด นอกจากนี้ Intermediate Technology Development Group รายงานว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงควรน้อยกว่า 150 °C และพบว่าช่วงเวลาการอัดแท่งที่เหมาะสมนั้น ควรจะน้อยที่สุดไม่เกิน 2 วินาที (ITDG, 1984)

อุณหภูมิของเครื่องอัดร้อนที่เหมาะสม ควรอยู่ในช่วง 260-300 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้วัสดุเหลือใช้ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย กากอ้อย เกาะกันเป็นแท่งได้อย่างมีประสิทธิภาพและสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด (นารา พิทักษ์อรรณพ, 2529) จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่า อุณหภูมิเหมาะสมต่อการอัดแท่งเชื้อเพลิงควรอยู่ระหว่าง 200-300 °C

การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยการอัดแบบร้อนมีข้อดี คือ สามารถใช้กับวัสดุทั่วไปได้อย่างกว้างขวาง ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวประสาน และเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสูง ส่วนข้อเสียของการอัดแบบร้อน คือ เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าการอัดแบบเย็น วัสดุที่ใช้ในการอัดต้องมีความชื้นต่ำไม่เกินร้อยละ 10 อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดสูง และเครื่องอัดแท่งมีราคาแพงและดูแลรักษายาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.2 การอัดแบบเย็น (Cold Densification) วิธีนี้จะใช้อุณหภูมิในระหว่างการอัดต่ำ สามารถแบ่งเป็นการอัดแบบใช้ตัวประสาน และแบบไม่ใช้ตัวประสาน โดยวิธีการอัดแบบไม่ใช้ตัวประสานสามารถทำได้กับวัสดุชีวมวลที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน คือ มีน้ำยางเหนียว เช่น พืชสด และวัสดุชีวมวลที่เน่าเปื่อยหรือผ่านการหมัก เนื่องจากการหมักชีวมวลทำให้เส้นใยหรือเนื้อเยื่ออ่อนตัวและสร้างสารที่เป็นยางเหนียว ทำให้ใช้พลังงานที่ใช้ในการอัดลดลง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าการอัดโดยวิธีอัดแบบความร้อน การอัดวิธีนี้ ถ้าวัตถุดิบที่ใช้เป็นพืชที่ไม่มีวัสดุประสาน ได้แก่ Gelatin, Pectin, Lignin ฯลฯ หรือมีปริมาณน้อย จะต้องผสมกับตัวประสานเพื่อให้การอัดแท่งได้ผลดี (Stienswat and Buachanda, 1986; Bhattacharya, et. al. 1988) ตัวอย่างของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากการอัดแบบเย็นหรือไม่ใช้ความร้อนที่มีการวิจัยในประเทศไทย ได้แก่ (ITDG, 1984)

-การอัดโดยใช้พืชสดชนิดเดียวกันเป็นตัวประสาน ได้แก่ เพกติน เฮลลาตินกัม เป็นต้น

-การอัดโดยใช้พืชสดชนิดอื่นๆเป็นตัวประสาน เพราะตัวมันเองไม่มียางเหนียวเพียงพอหรือมีน้อยมาก เช่น การอัดผักตบชวาผสมชานอ้อย

-การอัดโดยใช้ตัวเชื่อมประสานจากภายนอกเป็นตัวผสม เพื่อให้การจับตัวเป็นก้อนดีขึ้น เช่น การอัดไมยราบยักษ์ผสมกับลิกไนท์ผง

-การอัดพืชที่หมักจนเหม็นบูด (ferment) พืชบางชนิดใช้เวลาเพียง 3-4 วัน บางชนิดใช้เวลานานกว่านี้พืชบางชนิดไม่จำเป็นต้องหมักถึงขั้นเหม็นบูด แต่หมักพอให้ชุ่มน้ำก็พอจะทำให้การอัดง่ายขึ้น

-การอัดพืชที่หมักที่มีการเน่าเปื่อยบางส่วน จนถึงเน่าเปื่อยดี ในพืชบางชนิดใช้เวลาหมัก 3-4 สัปดาห์ ทำให้การอัดง่ายขึ้น ซึ่งปุ๋ยหมักก็อาจนำมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้

-การอัดพืชที่หมักโดยผสมตัวประสานจากภายนอก ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง โมลาส และแอสฟัสท์

-การอัดเปียกโดยใช้ตัวเชื่อมประสาน สามารถใช้อัดเศษอาหารที่ยังไม่เน่าบูด หรือเศษอาหารที่เน่าบูดแล้ว เศษใบตองที่ห่ออาหาร เปลือกข้าวโพด ฝักอ่อนที่ยังสดๆ เศษกระดาษที่แช่น้ำ ฯลฯ

-การอัดแห้งวัสดุแห้งที่เป็นชีวมวลทกชนิดผสมตัวประสาน ได้แก่ เศษพืช ฟางข้าว เศษกระดาษ หรือขยะมูลฝอยเมื่อผสมกับตัวเชื่อมประสานที่เหมาะสม ก็สามารถนำมาอัดเป็นแท่งได้

ข้อดีของการอัดแบบเย็นคือ
1. สิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่าการอัดแบบร้อน
2. ค่าความร้อนที่ได้แตกต่างจากการอัดแบบร้อนเพียงเล็กน้อย
3. ขั้นตอนวิธีการเตรียมวัตถุดิบไม่ยุ่งยาก
4. อุณหภูมิที่ใช้ในการอัดต่ำ
5. เครื่องอัดแท่งมีราคาถูกและดูแลรักษาง่าย

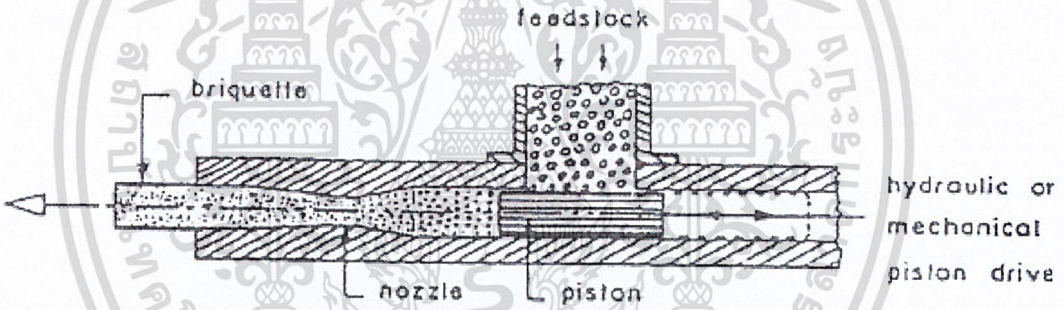
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของการอัดแบบเย็นคือ ต้องใช้ตัวประสาน หรือถ้าไม่ใช้ตัวประสานสามารถทำได้กับวัสดุชีวมวลที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประสาน

2.3.5 เครื่องอัดแท่ง

เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่มใหญ่ (Karchesy and Koch, 1979) คือ

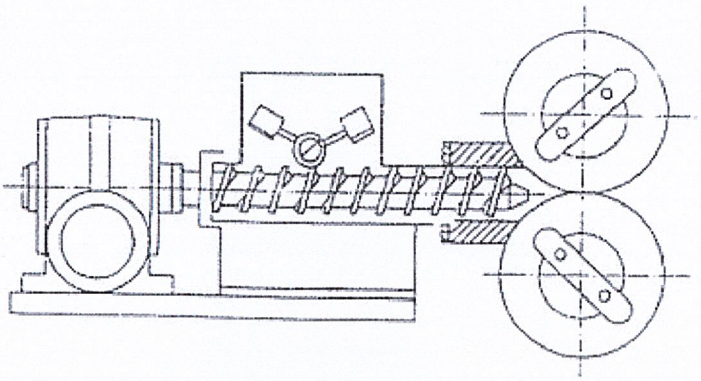
2.3.5.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) ประกอบด้วยลูกสูบชัก (reciprocation piston) เพื่อดันวัตถุดิบเข้าไปในกระบอกรูปเรียว (tapered die) (รูปที่2.3) หลักการทำงานคือ ลูกสูบอัดวัสดุเข้าไปในกระบอกอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นตัวรีดรูปกรวย (concial choke) หรือเป็นรูปเรียวทำหน้าที่ด้านการเคลื่อนที่ของวัสดุ ผลจากการต้านรวมทั้งการขัดสีของวัสดุกับผนังท่อนี้ ทำให้เกิดความร้อนที่อุณหภูมิในช่วง 150-300 °C ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50-100 มิลลิเมตร เครื่องอัดแบบนี้มีความสามารถในการผลิตได้ 40-1000 kg/hr และมีปัญหาที่พบโดยทั่วไปคือ การขัดสีของกระบอกอัด และการแตกของลูกสูบ (Bhattacharya, et.al. 1988)



รูปที่ 2.3 เครื่องอัดแบบลูกสูบ

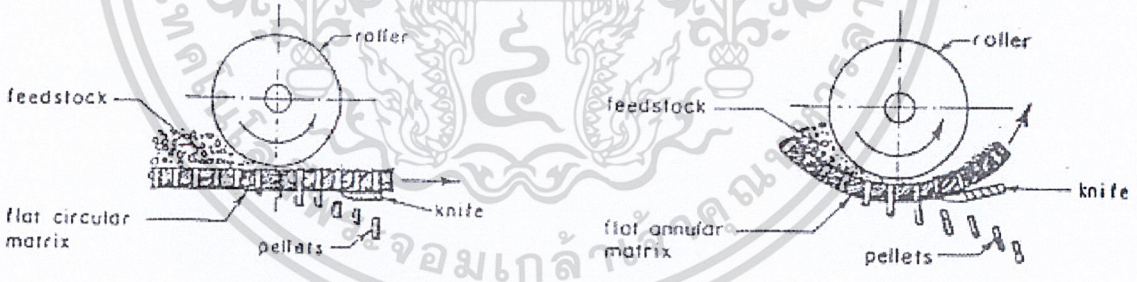
2.3.5.2 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Poll Press) หลักการทำงานคือ กระบวนการอัดจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุดิบตกลงมาในระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองที่หมุนทิศทางตรงกันข้าม ทำให้วัตถุดิบถูกอัดแน่นเข้าไปในร่องไว้ แล้วหมุนมาประกบกันได้เชื้อเพลิงอัดเป็นก้อนรูปหมอน (Pillow-shaped briquettes) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 การอัดแท่งแบบนี้ต้องการวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าการอัดแบบอื่นโดยที่แท่งเชื้อเพลิงที่ได้จะมีความทนทานน้อยกว่าการอัดแบบอื่น เนื่องจากช่วงเวลาในการอัดสั้น ทำให้แรงอัดต่ำ และอุณหภูมิในกระบอกอัดไม่สูงพอที่จะหลอมละลายลิกนินเพื่อช่วยในการอัดตัวกันเป็นแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง

2.3.5.3 เครื่องอัดเม็ดหรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Palletizing Press) ประกอบด้วย แม่พิมพ์ โดยที่แรงอัดระหว่างลูกกลิ้ง (roller) และแม่พิมพ์ (matrix) ทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสี และทำการอัดวัตถุดิบผ่านแผ่นแม่พิมพ์ที่เจาะกันเป็นรู มี 2 แบบ คือ เครื่องอัดแบบแม่พิมพ์แผ่นกลม (Disk matrix press) และเครื่องอัดแบบแม่พิมพ์วงแหวน (Ring matrix press) ดังแสดงในรูปที่ 2.5ก และ 2.5ข แท่งอัดเม็ดที่ถูกอัดออกมา จะถูกตัดด้วยใบมีดตามขนาดความยาวที่กำหนดไว้ ซึ่งปกติจะมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร ถ้าแท่งอัดมีขนาดใหญ่กว่านี้จะใช้การอัดแบบเป็นลูกบาศก์ (Cubing) แทนการอัดเป็นเม็ด (pelleting)



(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 เครื่องอัดเม็ด หรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ

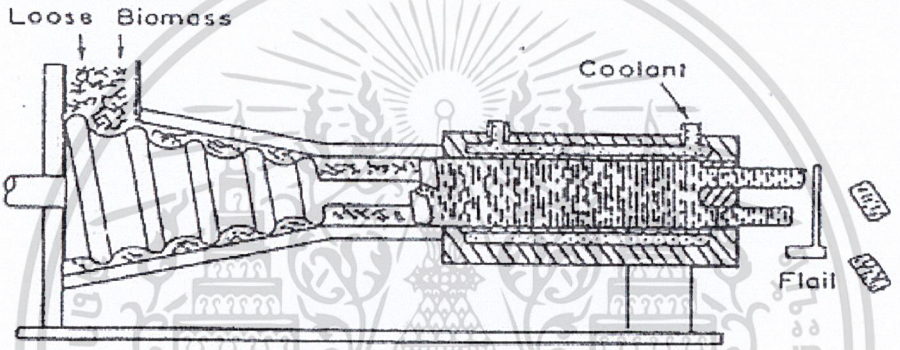
ก) แบบแม่พิมพ์แผ่นกลม ข) แบบแม่พิมพ์วงแหวน

2.3.5.4 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) เป็นเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ เป็นแท่งฟืนซึ่งนิยมใช้ในเชิงอุตสาหกรรม ซึ่งมีความสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายประการ ได้แก่ เชื้อเพลิงที่ผลิตได้สะดวกต่อการเก็บ การนำมาใช้งาน และการขนส่ง โดยแบ่งเครื่องอัดออกเป็น 3 ประเภท คือ

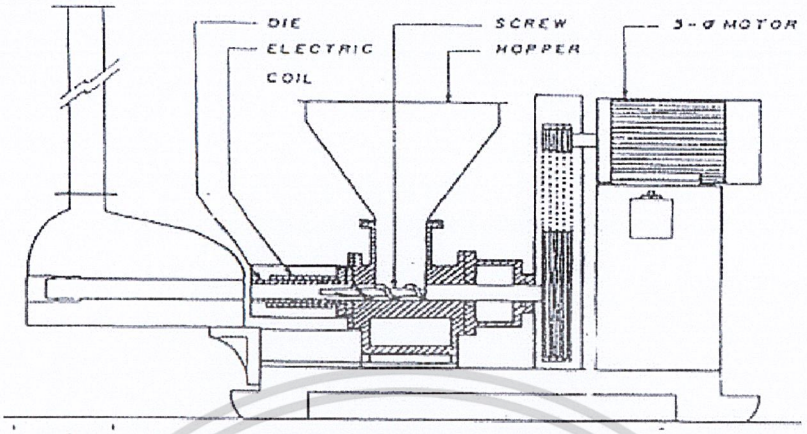
1. เครื่องอัดแบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) มีหลักการทำงานคือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวไปข้างหน้า เมื่อพ้นเกลียวไปวัสดุถูกดันผ่านกระบอกอัดขนาด 25 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.6 การไหลของวัสดุเข้าไปในกระบอกอัดเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงเสียดทานที่มากขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 100-200 °C กำลังในการผลิตของเครื่องอัดแท่งแบบนี้อยู่ในช่วง 500-1000 kg/hr อัตรากำลังของมอเตอร์อยู่ระหว่าง 36-75 kw วัสดุที่ใช้ทำการอัดควรมีลักษณะเม็ดละเอียดและมีปริมาณความชื้นร้อยละ 8-10



รูปที่ 2.6 เครื่องอัดแบบเกลียวรูปเกลียว

2. เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด (Screw Press with a Heat) มีหลักการทำงาน คือ เกลียวรูปกรวยจะดันวัสดุให้เคลื่อนตัวเข้าไปในท่อ (barrel) หรือกระบอกอัดที่มีอุณหภูมิจากขดลวดความร้อนประมาณ 200-350 °C ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ความร้อนทำให้วัสดุพวกลิกนินและเซลลูโลสหลอมละลาย แล้วทำหน้าที่เป็นตัวประสาน ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกาะตัวกันดี ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อนทรงกระบอกหกเหลี่ยมขนาดประมาณ 50 มิลลิเมตร มีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องให้ก๊าซหรือควันที่เกิดในระหว่างการอัดถ่ายเทออกมา กำลังในการผลิตอยู่ช่วง 50-500 kg/hr (Karchesy and Koch, 1979) วัสดุที่ใช้ควรมีลักษณะเม็ดละเอียด และมีความชื้นในช่วงร้อยละ 8-12 ปัญหาของเครื่องอัดแบบนี้คือ การขัดสีของกระบอกอัดและเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 เครื่องอัดแบบเกลียวพร้อมด้วยขดลวดความร้อนที่กระบอกอัด

3. เครื่องอัดแบบเกลียวคู่ (Twin-Screw Press) ประกอบเกลียวอัด 2 อัน ต่อกับเพลาที่สวมเข้ากับชิ้นส่วนของเกลียวที่เปลี่ยนความเร็วในการหมุนได้ เนื่องจากแรงอัด และแรงเสียดสีสูง ทำให้อุณหภูมิของวัตถุดิบสูงถึง 250 °C จึงต้องมีส่วนหล่อเย็นที่กระบอกอัด วัตถุดิบที่ใช้ควรมีปริมาณความชื้นร้อยละ 25 ขึ้นไป สามารถทำการอัดได้โดยไม่ต้องทำให้แห้งก่อน กำลังการผลิตของเครื่องอัดนี้อยู่ในช่วง 2800-3600 kg/hr ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้

2.3.6 สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์คุณภาพและสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล จะใช้องค์ประกอบที่สำคัญของเชื้อเพลิงเป็นหลัก (Fitzgerald. 1980) โดยแบ่งออกเป็นสมบัติทางด้านเคมี และสมบัติทางกายภาพ

2.3.6.1 สมบัติทางด้านเคมี

1.การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis) เป็นการวิเคราะห์แบบง่ายๆ โดยการเผาเชื้อเพลิงภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงส่วนประกอบที่สำคัญบางอย่างของเชื้อเพลิง ได้แก่

-ความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งลดลง และจะทำให้เชื้อเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย โดยที่ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่ง จะต้องไม่เกินร้อยละ 10 (Reed and Bryant, 1978 ; Mishra and Grover, 1996)

-ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปภายในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่ชีวมวลจะมีปริมาณเถ้าต่ำ ยกเว้นแกลบมีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 20 (Mishra and Grover, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สารระเหยง่าย (Volatile Matters) คือ ส่วนของเนื้อเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน

-คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) คือมวลของคาร์บอนที่เหลือในเชื้อเพลิงอัดแท่งหลังจากที่เอาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

-ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของการสันดาปจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงอัดแท่ง

2. การวิเคราะห์โดยละเอียด (Ultimate analysis) เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบของเชื้อเพลิง โดยจะรายงานเป็นปริมาณร้อยละของธาตุต่างๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ %C, %N, %O, %S, %Si เป็นต้น การวิเคราะห์แบบนี้ต้องทำการทดสอบโดยใช้เทคนิคขั้นสูงเพราะต้องหาค่าส่วนประกอบดังกล่าวอย่างละเอียด

2.3.6.2 สมบัติทางด้านกายภาพ

เป็นการประเมินคุณภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยศึกษาสมบัติด้านกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น การทนแรงอัด และดัชนีการแตกร่วน เป็นต้น

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวเป็นองค์ประกอบสูง แต่มีสารระเหย และปริมาณเถ้าต่ำ สำหรับเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีความชื้นสูง จะมีผลทำให้มีค่าความร้อนต่ำ (สมชาย และ กัญจนา, 2525) อย่างไรก็ตาม ชีวมวลที่ได้จากพืชมีคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำมันธรรมชาติและถ่านหิน คือ มีธาตุกำมะถันน้อย และไม่มีมลภาวะหรือสารพิษอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว นอกจากนี้ยังมีปริมาณเถ้าต่ำ (นารา, 2529) เชื้อเพลิงที่ดีควรมีสมบัติดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สมบัติที่ดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

คุณสมบัติ	ปริมาณ
คาร์บอนเสถียร (Fixed carbon)	ไม่น้อยกว่า 75%
สารระเหยง่าย (Volatile matters)	ไม่เกิน 25%
ขี้เถ้า (Ash)	ไม่เกิน 8%
ความชื้น (Moisture)	ไม่เกิน 10%
ค่าความร้อน (Heating value)	ไม่น้อยกว่า 5000 cal/g
ความพรุน (Porosity)	สูง

ที่มา : พุฒินันท์ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นารา พิทักษ์อรรณพ (2524) ได้เสนองานวิจัยเรื่องการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้เพื่อทดแทนฟืนและผลิตเป็นถ่านสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้หุงต้มในครัวเรือน พบว่าวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงแข็งนี้นำมาจากโรงงานต่างๆ ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย กากอ้อย เปลือกถั่ว ขุยมะพร้าว ใบไม้แห้ง เป็นต้น โดยนำมาผึ่งแดดให้แห้งประมาณ 1-2 แดด มีความชื้นประมาณ 10% บดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอัดด้วยเครื่องอัดระบบใช้ความร้อน ใช้เวลาอัดประมาณ 1 ท่อน/นาที สามารถอัดได้ 500 ท่อน/วัน (ปฏิบัติงานวันละ 6 ชั่วโมง) เชื้อเพลิงที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร น้ำหนักโดยเฉลี่ย 1.3 กิโลกรัม/ท่อน เชื้อเพลิงที่ได้ใช้ทนกว่าไม้ เพราะมีความหนาแน่นสูงกว่าและสามารถนำไปเผาเป็นถ่านซึ่งให้ความร้อนสูงกว่าถ่านไม้ทั่วไป

สุริยา ชัยเดชทยากูล (2544) ทำการศึกษาโดยนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมาผสมกับเศษชิ้นไม้สับจากการสับไม้ก่อนเข้าขบวนการผลิตเยื่อกระดาษ จำนวน 11 อัตราส่วนผสม ดังนี้ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 50:50 40:60 30:70 40:60 30:70 20:80 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วอัดเป็นแท่ง เผาให้ถ่านเชื้อเพลิงและทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการลงทุน เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยในแต่ละส่วนผสมทำการทดลอง 10 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนกับเศษชิ้นไม้สับ ตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 โดยน้ำหนัก สามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ เมื่อนำไปเผาเป็นถ่านแล้วนำไปทดสอบสมบัติหลักทางด้านเชื้อเพลิงแล้วหาส่วนผสมที่ดีที่สุด พบว่า อัตราส่วนผสม 70:30 มีสมบัติดีที่สุด เมื่อนำไปศึกษาด้านการลงทุนพบว่า อัตราผลตอบแทนการลงทุนสูง หากนำไปผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจะให้ค่าตอบแทนสูงกว่าการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผาและมีความเหมาะสมกว่าในการใช้ทรัพยากรให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยการใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่มีอยู่ในประเทศ รวมทั้งเป็นการลดความสกปรกภายในบริเวณโรงงาน

นิศากร ดอนกระสินธุ์ (2545) ได้ศึกษาความเหมาะสมในการนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิง โดยนำมาผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อย(โดยปริมาตร) 1:1 , 1:2 , 1:3 และ 1:4 แล้วอัดเป็นแท่ง และทดสอบคุณสมบัติหลักด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM 6 ด้าน คือปริมาณความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถันรวม และค่าความร้อน รวมทั้งประสิทธิภาพการใช้งานความร้อน ในด้านมลพิษทางอากาศทำการตรวจวัดความเข้มข้นของ CO , NO และ SO_2 ที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ รวมทั้งตรวจวัดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของ CO ในเบื้องต้น ในบรรยากาศภายในห้องที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิง จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสม 1:3 มีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด

นพดล, ปราโมทย์ และอุทัย (2546) ได้ทำการศึกษาถึงผลของถ่านหินลิกไนท์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพถ่านแกลบผสมชานอ้อยจากการอัดแท่งเชื้อเพลิงโดยใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรู โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการทดสอบการคงตัวของเถ้าจากถ่านที่ใช้สัดส่วน แกลบ: ชานอ้อย (35:65) ผสมลิกไนท์ 9% พบว่าเถ้าที่ได้ไม่คงตัว ตอนที่ 2 ทำการผลิตถ่านในสัดส่วนถ่านหินลิกไนท์ 0 3 7 11 และ 15% โดยให้สัดส่วนของแกลบต่อชานอ้อยคงที่ แล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ พบว่าถ่านที่ผสมลิกไนท์ให้ผลที่ดีกว่าถ่านไม้ในด้านของการเผาไหม่ที่ยาวนานกว่า ส่วนปริมาณของเถ้า ปริมาณของกำมะถัน ค่าความร้อน และ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ ให้ผลที่ด้อยกว่าเมื่อเทียบกับถ่านไม้ เพราะ ค่าพลังงานความร้อนจากถ่านที่มีการผสมลิกไนท์ในสัดส่วนต่างๆอยู่ระหว่าง 26.8-27.9 kJ/g ซึ่งไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละสัดส่วน แสดงว่าลิกไนท์ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านที่อัดแท่งแบบใช้ความร้อนด้วยเครื่องอัดแบบสกรูให้สูงขึ้นได้

วิศรุต, วีรเชษฐ์ และศิรญาณ (2546) ได้นำวัสดุเหลือทิ้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ถ่านอัดแท่งในงานวิจัยนี้เตรียมจากผงถ่าน (Charcoal) จากเศษวัสดุจากการเกษตร ได้แก่ ผงถ่านจากกะลามะพร้าว และผงถ่านจากเปลือกทุเรียน โดยมีน้ำแป้งเป็นสารยึด (Binder) และมีผงถ่านหิน (Coal) เป็นสารเติมแต่ง โดยศึกษาถึงปริมาณและชนิดของสารเติมแต่ง และชนิดผงถ่านที่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่ง โดยนำส่วนผสมทุกชนิดให้เข้ากัน แล้วนำมาอัดขึ้นรูปเป็นแท่ง จากนั้นนำมาอบให้แห้ง แล้วจึงนำมาทดสอบสมบัติต่างๆ จากการทดลองพบว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมถ่านหินแอนทราไซต์มีความหนาแน่น ปริมาณความชื้นรวม ปริมาณเถ้า ปริมาณความร้อน และความแข็งแรงกดอัดสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน แต่มีเปอร์เซ็นต์ความเครียดที่จุดเสียเสถียรภาพต่ำกว่า โดยถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วนมีปริมาณความชื้นรวม และปริมาณเถ้าสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินแอนทราไซต์ ส่วนเวลาในการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินแอนทราไซต์ และถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาผสมผงถ่านหินลิกไนท์มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลาล้วน ดังนั้นผงถ่านกะลาจึงมีความเหมาะสมในการนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งมากกว่าผงถ่านเปลือกทุเรียน

วนิตา จาดดำ (2548) ได้ศึกษาวิธีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากชาเขียวโดยวิธีอัดแบบร้อนและอัดแบบเย็น ศึกษาขนาดกากชาเขียวที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง ศึกษาสัดส่วนของการผสมแป้งมันสำประหลังซึ่งใช้เป็นตัวประสานในอัตราส่วนของกากชาเขียวต่อแป้งมันสำปะหลังต่างๆ จากการทดลองพบว่าวิธีการอัดแบบเย็นดีกว่าวิธีการอัดแบบร้อน ขนาดของกากชาเขียวแบบบดละเอียดซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดอยู่ในช่วง 12-35 เมช ให้ผลดีกว่ากากชาแบบไม่บดในด้านคุณสมบัติทางด้านกายภาพและที่อัตราส่วนของกากชาเขียวต่อ แป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสมคือ 9.5:0.5 จากการศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียว พบว่า ความชื้น เถ้า สารระเหย และค่าความร้อนมีค่าเท่ากับ 5.20%±0.26, 7.67%±0.21, 20.10%±0.46 และ 6110 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง แต่คาร์บอนคงตัวมีค่าเท่ากับ 66.67%±0.35 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของถ่านอัดแท่ง

ชนากานต์, วรวุฒิ และสหโชค (2548) ได้ศึกษาถึงผลของชนิดและปริมาณตัวประสานต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากใบชา โดยใช้ตัวประสาน 2 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลังเกรดที่ใช้ในการบริโภคและแป้งมันสำปะหลังเกรดที่ใช้ในอุตสาหกรรม และทำการแปรอัตราส่วนของกากใบชาต่อแป้งมันสำปะหลังทั้งสองชนิด เป็น100:0 (กากใบชาเพียงอย่างเดียว), 99:1, 98:2, 97:3, 96:4 และ 95:5 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการอัดขึ้นรูปโดยวิธีแบบไม่ใช้ความร้อน แล้วนำไปเผาให้กลายเป็นถ่าน ทำการศึกษาสมบัติทางเคมีของถ่านที่ได้ ได้แก่ ค่าความร้อน, ปริมาณเถ้า, ปริมาณสารระเหย, ปริมาณคาร์บอนคงตัว, ปริมาณความชื้น ในขณะที่สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาในการจุดติดไฟ, ความคงตัวของเถ้า, ความหนาแน่น, การทนแรงอัดและค่าดัชนีการแตกร่วน จากการทดลอง พบว่า ชนิดและอัตราส่วนของตัวประสานไม่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากใบชา ยกเว้นค่าการทนแรงอัดโดยค่าดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของแป้งที่ใช้เป็นตัวประสานเพิ่มขึ้นจาก 0-5% โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (Automatic Bomb Calorimeter) รุ่น CALLENKAMP Autobomb
2. เครื่องอัดเม็ด (Pellet press)
3. ตู้อบ (Drying Oven)
4. เตาเผาอุณหภูมิสูง 1200 °C (Muffle Furnace) ยี่ห้อ Nabertherm รุ่น Controller P320
5. โถดูดความชื้น (Desiccator)
6. เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบไฮโดรลิก (Hydraulic press) ที่มีกระบอกอัดยาว 17 cm. เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 1 cm. เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 4 cm.
7. เครื่องทดสอบแรงกดแบบ UTM (Universal testing machine) รุ่นWF14120 Ring No 15774
8. เครื่องชั่ง (Balance) ชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Precisa รุ่น 205 A
9. Hot plate ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น ISOTEMP
10. ตะแกรงร่อนขนาด 10 mesh
11. ครูซิเบิล พร้อมฝาปิด
12. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Merohm Swiss Made รุ่น 827
13. เตาอังโล่
14. นาฬิกาจับเวลา
15. บริภัณฑ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

3.1.2 สารเคมี

1. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate; Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Ajax Finechem Pty Ltd.
2. กรดเบนโซอิค (Benzoic acid; C_6H_5COOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
4. เมททิลเรด (Methyl red) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT
5. เมททิลออเรนจ์ (Methyl orange) เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

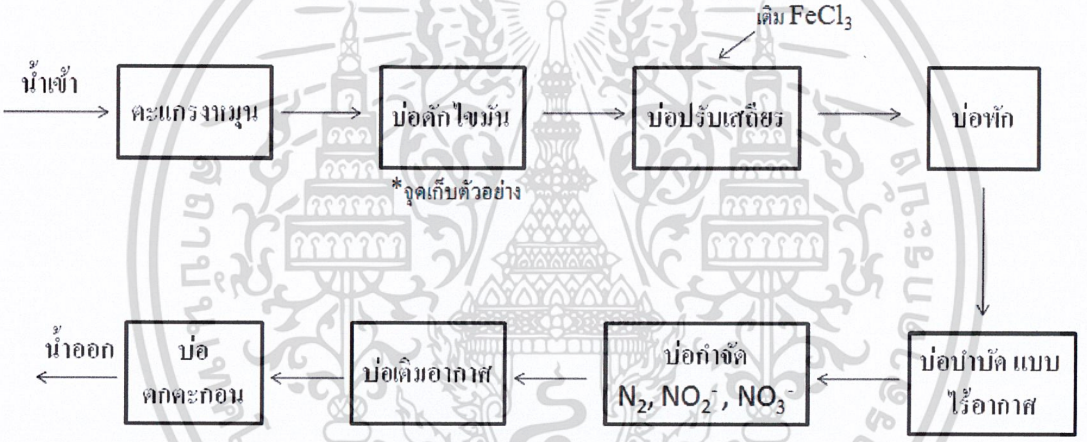
6. แบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride; $BaCl_2$) เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ CARLO ERBA

7. ซิลเวอร์ไนเทรต (Silver nitrate; $AgNO_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific

8. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific

3.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่างกากไขมัน

ตัวอย่างกากไขมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เก็บรวบรวมมาจากบ่อดักไขมันที่มีระบบกวาดอัตโนมัติของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร โดยบ่อดักไขมันดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (รูปที่ 3.1 โดยเครื่องหมาย * แสดงจุดเก็บตัวอย่าง) โดยทำการเก็บกากไขมันในปริมาณที่มากพอ กากไขมันที่ใช้ในการศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือใช้ตามสภาพที่ได้รับ (as-received) และอีกส่วนคือจะนำไปตากแห้ง 7 วัน จากนั้นเก็บในถุงพลาสติก ซึ่งจะเรียกว่ากากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง



รูปที่ 3.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง

3.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างขี้เลื่อย

ขี้เลื่อยที่ใช้ในการทดลองเป็นขี้เลื่อยที่เก็บรวบรวมมาจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง นำมาผึ่งแดดให้แห้งแล้วเก็บใส่ถุงพลาสติก เพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

3.4 การศึกษาสมบัติด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย

กากไขมันและขี้เลื่อยที่เตรียมได้ในหัวข้อ 3.2 และ 3.3 จะถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงาน ได้แก่ การวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) และการหาค่าความร้อน (Heating value) อ้างอิงตามวิธีการมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) ดังแสดงในตาราง 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงานของกากไขมัน ขี้เลื่อย และเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์*
ค่าความชื้น	ASTM D 3173
ปริมาณเถ้า	ASTM D 3174
ปริมาณสารระเหย	ASTM D 5832-95
ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่	ASTM D 3172
ค่าความร้อน	ASTM D 5865
ปริมาณกำมะถัน	ASTM D 3177

*รายละเอียดวิธีการดังแสดงในภาคผนวก ก

3.5 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนักต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1. ผสมกากไขมันแบบเปียกกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่างๆกันจำนวน 8 อัตราส่วน โดยน้ำหนักดังนี้กากไขมันต่อขี้เลื่อย 100 ต่อ 0, 90 ต่อ 10, 80 ต่อ 20, 60 ต่อ 40, 50 ต่อ 50, 40 ต่อ 60, 20 ต่อ 80, 0 ต่อ 100

2. นำกากไขมันที่ผสมกับขี้เลื่อยแล้วใส่ลงในเบ้าอัดแท่งเชื้อเพลิง แล้วนำไปอัดโดยใช้เครื่องอัดแบบไฮโดรลิก (hydraulic press) ให้ขนาดแท่งเชื้อเพลิงมีความยาว 17 cm. เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 4 cm. และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 1 cm.

3. นำเชื้อเพลิงอัดแท่งแล้วไปตากแห้งเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด จึงนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติด้านพลังงานและศึกษาการเผาไหม้ต่อไป

4. ทำการทดลองซ้ำด้วยวิธีการข้างต้น แต่เปลี่ยนชนิดของกากไขมันที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียก เป็นกากไขมันแบบแห้ง

3.6 การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ การวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงาน และการวิเคราะห์การนำไปใช้งาน

3.6.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ การทดสอบค่าต้านแรงกด (Compressive strength) การทดสอบดัชนีค่าต้านการตกกระแทก (Impact resistance index) รายละเอียดวิธีการดังแสดงในภาคผนวก ก

3.6.2 การวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงาน

เชื้อเพลิงอัดแท่งจะถูกนำมาวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงาน ได้แก่การวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis) และการหาค่าความร้อน (Heating value) อ้างอิงตามวิธีการมาตรฐานของ ASTM

3.6.3 การวิเคราะห์การนำไปใช้งาน

เชื้อเพลิงอัดแท่งถูกนำมาวิเคราะห์การนำไปใช้งานด้วยการนำไปทดสอบการเผาไหม้ ด้วยการนำแท่งเชื้อเพลิงมาทำการเผาไหม้ในสภาวะที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในครัวเรือน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งเชื้อเพลิงอัดแท่งตัวอย่างละ 400 กรัม
2. ใช้แท่งเชื้อเพลิงชุบน้ำมันก๊าดประมาณ 1 ml วางไว้ในเตาเพื่อใช้เป็นเชื้อติดไฟ
3. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือลงในเตาอย่างโปร่งให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ประมาณ 3 ใน 4 ของเตา แล้วจุดไฟ รอจนไฟติด
4. ทำการสังเกตและบันทึกผลข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.1 การจุดติดไฟ : เป็นความสามารถในการจุดติดไฟของแท่งเชื้อเพลิง โดยจะบันทึกเวลาที่เชื้อเพลิงใช้ในการติดไฟเริ่มแรก (นาที)

4.2 ช่วงเวลาที่มีควันจากการเผาไหม้ (นาที)

4.3 ระยะเวลาในการเผาไหม้ : เป็นระยะเวลาตั้งแต่เชื้อเพลิงลุกติดไฟจนแท่งเชื้อเพลิงในเตามอดดับ (นาที)

4.4 ช่วงเวลาที่มีกลิ่นจากการเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิง (นาที)

3.7 การวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลผลการทดลองสมบัติด้านพลังงาน ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความร้อนและองค์ประกอบด้านพลังงาน ได้แก่ ความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนเสถียร กำมะถัน และการเผาไหม้ มาทำการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับผลการศึกษาสมบัติของแท่งเชื้อเพลิงเขียวชนิดอื่นๆ และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพมาทำการวิเคราะห์ ได้แก่ การทดสอบแรงกด และดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก เพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำกากไขมันเปียกและกากไขมันแห้งจากบ่อดักไขมันมาผสมกับขี้เลื่อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิงนั้นมีความเหมาะสมเพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการนำกากไขมันที่เก็บรวบรวมจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรสาคร กลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิง โดยนำมาผสมกับขี้เลื่อยจากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา กากไขมัน(สภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง)และขี้เลื่อยถูกนำมาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านพลังงานก่อนทำการผสมตามวิธีการมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ ค่าความร้อน และปริมาณกำมะถัน จากนั้นจึงนำมาผสมกันในจำนวน 8 อัตราส่วน ดังนี้ 100:0 90:10 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 เพื่อทำการอัดเป็นแท่ง พร้อมทั้งศึกษาผลของอัตราส่วนผสมระหว่างกากไขมันกับขี้เลื่อยทั้ง 8 อัตราส่วน แล้วนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้มาวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ (ค่าต้านแรงกดและดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก) สมบัติด้านพลังงาน (ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณกำมะถัน ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ และค่าความร้อน) และศึกษาสมบัติด้านการเผาไหม้

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย

กากไขมันที่เก็บรวบรวมจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋อง มีสีเทา ลักษณะเป็นของแข็งกึ่งเหลวดังรูปที่ 4.1 ก และมีกลิ่นค่อนข้างแรง-แรงมาก เมื่อนำไปผึ่งแดดเป็นเวลา 7 วัน จะเกาะตัวเป็นแผ่นลักษณะเป็นของแข็ง มีสีน้ำตาลเข้มดังรูปที่ 4.1 ข และยังมีกลิ่นค่อนข้างแรง

(ก) (ข)

รูปที่4.1 กากไขมันที่ใช้ในการศึกษา (ก) สภาพที่ได้รับ และ (ข) สภาพน้ำหนักแห้งหลังผึ่งแดดเป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำขี้เลื่อยและกากไขมันทั้งสองสภาพคือสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านพลังงานโดยประมาณ (Proximate analysis) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อยก่อนผสม

คุณสมบัติ	กากไขมัน		ขี้เลื่อย
	สภาพที่ได้รับ (as-receive)	สภาพน้ำหนักแห้ง (dry-basis)	สภาพน้ำหนักแห้ง (dry-basis)
ความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	54.75	11.11	6.73
เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.37	1.34	1.33
สารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	40.78	86.78	90.79
คาร์บอนเสถียร (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	2.09	0.77	1.14
กำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	0.26*	0.01	0.03
ค่าความร้อน (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)	7,586*	6,322	6,321

หมายเหตุ* วิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ

กากไขมัน : เมื่อวิเคราะห์ตามสภาพที่ได้รับ (as-receive) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 54.74 โดยน้ำหนัก เถ้าร้อยละ 2.37 โดยน้ำหนัก สารระเหยร้อยละ 40.78 โดยน้ำหนัก คาร์บอนเสถียรร้อยละ 2.09 โดยน้ำหนัก กำมะถันร้อยละ 0.26 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อน 7,586 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และเมื่อวิเคราะห์ตามสภาพน้ำหนักแห้ง (dry-basis) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 11.11 โดยน้ำหนัก เถ้าร้อยละ 1.34 โดยน้ำหนัก สารระเหยร้อยละ 86.78 โดยน้ำหนัก คาร์บอนเสถียรร้อยละ 0.77 โดยน้ำหนัก กำมะถันร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อน 6,322 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

ขี้เลื่อย : เมื่อวิเคราะห์ตามสภาพน้ำหนักแห้ง (dry-basis) มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.73 โดยน้ำหนัก เถ้าร้อยละ 1.33 โดยน้ำหนัก สารระเหยร้อยละ 90.79 โดยน้ำหนัก คาร์บอนเสถียรร้อยละ 1.14 โดยน้ำหนัก กำมะถันร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อน 6,321 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม

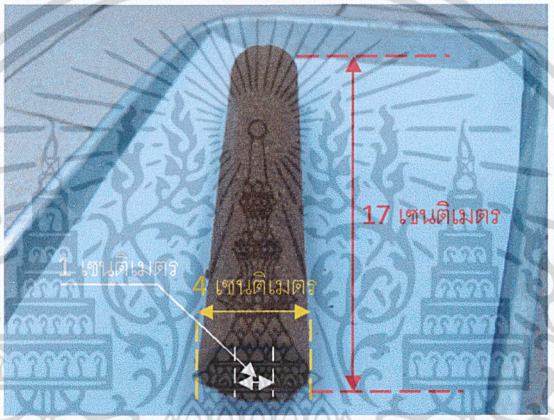
จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ (ประเสริฐ และคณะ, 2532) แล้ว พบว่ากากไขมันและขี้เลื่อยมีค่าความร้อนสูง แต่ทั้งกากไขมันและขี้เลื่อยมีจุดด้อยคือมีสารระเหยเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง โดยกากไขมันที่อยู่ในสภาพน้ำหนักแห้ง (dry-basis) จะมีปริมาณสารระเหยสูงกว่ากากไขมันที่อยู่ในสภาพที่ได้รับ (as-receive)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีสารระเหยเป็นองค์ประกอบสูง หากมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอจะทำให้เกิดเขม่าควันมาก

4.2 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนักต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ทำการทดลองโดยผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีกากไขมันผสมกับขี้เลื่อยจำนวน 8 อัตราส่วน ดังนี้ 100:0 90:10 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการอัดเย็นโดยใช้เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบไฮโดรลิก เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้เป็นรูปทรงกระบอก (รูปที่ 4.2) ความยาวของแท่งเชื้อเพลิง 17 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และมีรูเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1 เซนติเมตร เมื่อทำการอัดแท่งเสร็จแล้วจึงนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ไปตากแดดเป็นเวลา 3 วัน



รูปที่ 4.2 ขนาดแท่งเชื้อเพลิง (อัตราส่วนกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10)

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงทั้ง 8 อัตราส่วน พบว่าอัตราส่วนผสมที่มีปริมาณกากไขมันในปริมาณสูงจะสามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ง่ายขึ้นกว่าอัตราส่วนผสมที่มีกากไขมันในปริมาณน้อยกว่า แท่งเชื้อเพลิงมีผิวเรียบ สีน้ำตาล และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของขี้เลื่อยสูงขึ้น การอัดขึ้นรูปจะค่อนข้างทำได้ยาก ผิวของแท่งเชื้อเพลิงจะแตกขรุขระ และเปราะง่าย นอกจากนี้พบว่าที่อัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อย 100:0 (ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ก) และ 0:100 (ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ข) จะไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้

(ก) (ข)

รูปที่ 4.3 การอัดขึ้นรูปของกากไขมันต่อขี้เลื่อย (ก) อัตราส่วน 100:0 (ข) อัตราส่วน 0:100

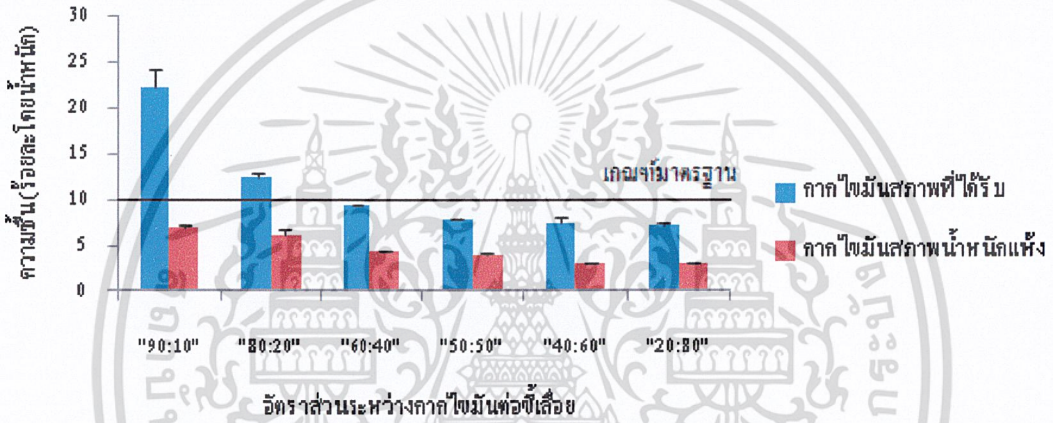
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ตากแห้งแล้ว มาทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงตามวิธีการมาตรฐานของ American Society for Testing and Materials (ASTM) 6 ด้าน ได้แก่ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ ค่าความร้อน และปริมาณกำมะถัน ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.3.1 ปริมาณความชื้น

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ปริมาณความชื้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

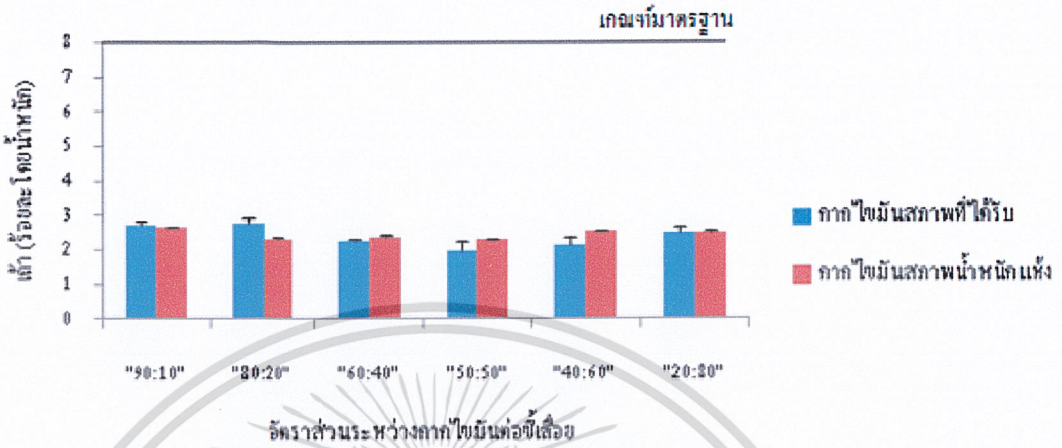
จากรูป จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบคือตามสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้งนั้นมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของปริมาณขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากขี้เลื่อยมีสมบัติดูดความชื้นได้ดี ซึ่งจะช่วยดูดซับส่วนที่เป็นน้ำจากกากไขมัน

เมื่อเปรียบเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากตัวอย่างกากไขมันทั้งสองประเภทพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันตามสภาพที่ได้รับมีปริมาณความชื้นมากกว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันตามสภาพน้ำหนักแห้ง โดยค่าความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่อัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อย 90:10 และ 80:20 มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของสมบัติที่ดีของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (พุฒินันท์, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ปริมาณเถ้า

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณเถ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.5



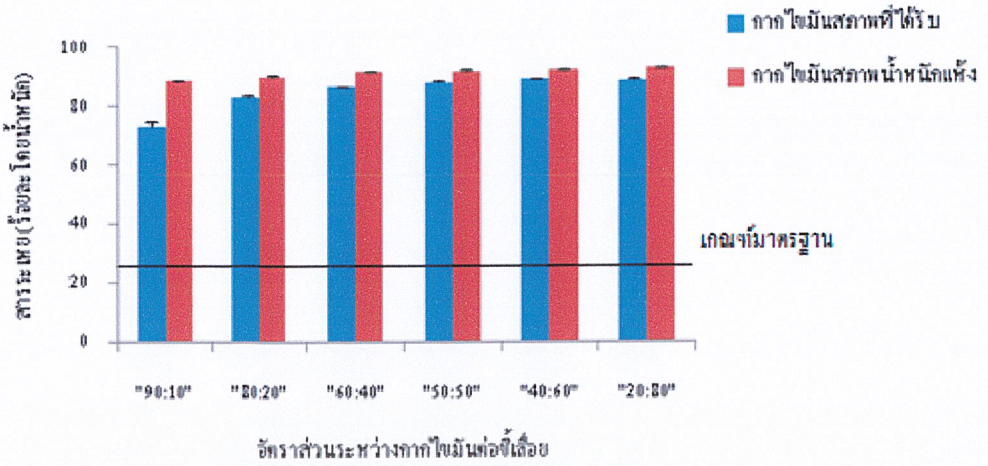
รูปที่ 4.5 ปริมาณเถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

จากรูป แสดงให้เห็นว่าปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบคือตามสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 1- 3 % ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่กำหนดว่าจะต้องมีปริมาณเถ้าไม่เกิน 8 % (พุฒินันท์, 2546) และเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งชนิดอื่นๆ (ประลอง 2542, อาทิตย์ 2532, วัฒนา 2529, สุริยา 2544 และวชิรา 2538) พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยนี้มีเถ้าอยู่ในปริมาณน้อย จึงไม่น่าก่อให้เกิดผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองและการนำเถ้าไปกำจัด (นิศากร, 2545) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบนี้ พบว่ามีปริมาณเถ้าใกล้เคียงกัน

4.3.3 ปริมาณสารระเหย

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณสารระเหย ดังแสดงในรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

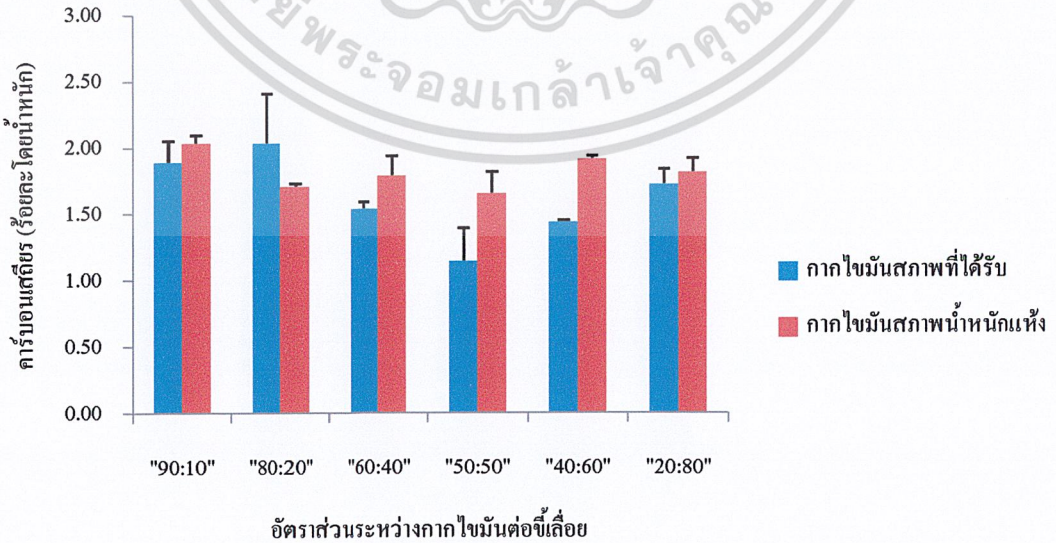


รูปที่ 4.6 ปริมาณสารระเหย (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

จากรูป จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบคือตามสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารระเหยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของปริมาณขี้เลื่อยที่เพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยนี้มีค่าปริมาณสารระเหยอยู่ระหว่าง 73–92% ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นิศากร, 2545) ที่ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารผสมกับขี้เลื่อย แสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันผสมกับขี้เลื่อยมีปริมาณสารระเหยสูง จะมีแนวโน้มก่อให้เกิดควันเป็นจำนวนมาก

4.3.4 ปริมาณคาร์บอนเสถียร

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณคาร์บอนเสถียรดังแสดงในรูปที่ 4.7



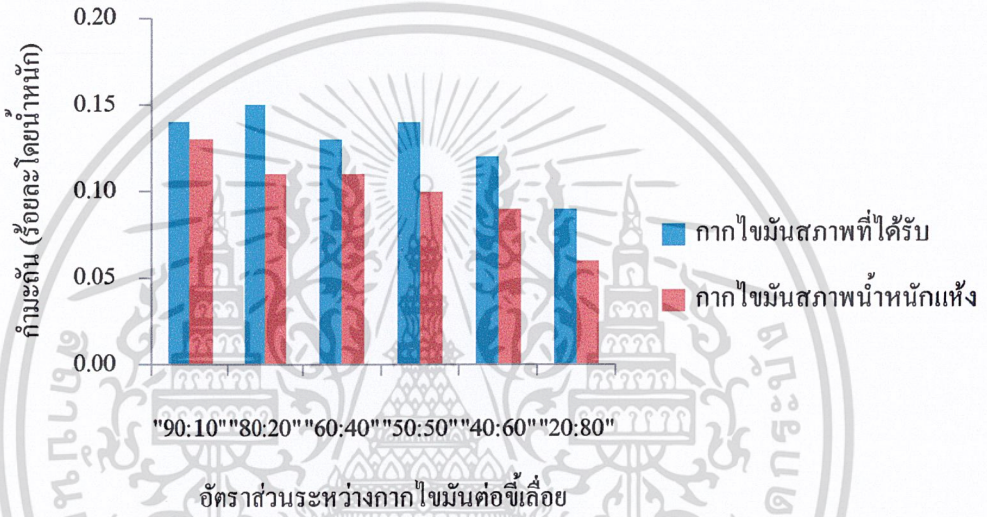
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ปริมาณคาร์บอนเสถียร (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

จากรูปที่ 4.7 พบว่าแท่งเชื้อเพลิงในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณคาร์บอนเสถียรต่ำมาก มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 1.14 -2.03 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากกากไขมันและขี้เลื่อยที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้มีปริมาณสารระเหยสูง เมื่อทำการเผาไหม้ทำให้ค่าความร้อนที่ได้มาจากสารระเหยเป็นส่วนใหญ่ จึงเหลือส่วนที่เป็นคาร์บอนเสถียรต่ำ

4.3.5 ปริมาณกำมะถัน

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณกำมะถันดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ปริมาณกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

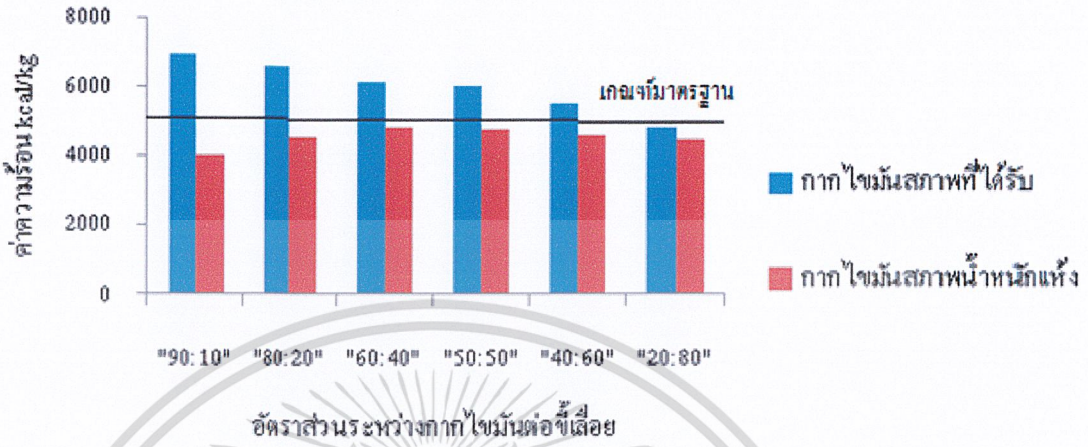
จากรูป จะเห็นได้ว่าปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบคือตามสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง มีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของปริมาณกากไขมันลดลง โดยเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันตามสภาพที่ได้รับมีปริมาณกำมะถัน โดยเฉลี่ยลดลงจากร้อยละ 0.14 โดยน้ำหนักที่อัตราส่วนผสม 90:10 เหลือร้อยละ 0.09 โดยน้ำหนัก และเมื่อวิเคราะห์เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง พบว่ามีแนวโน้มในทำนองเดียวกัน จะเห็นได้ว่าปริมาณกำมะถันมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น

ปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยนี้ มีอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก คือ อยู่ในช่วง 0.06 – 0.15 ร้อยละโดยน้ำหนัก โดยมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติเชื้อเพลิงอัดแท่ง แสดงให้เห็นว่าในการเผาไหม้จึงไม่น่าก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศจากออกไซด์ของซัลเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ปริมาณค่าความร้อน

เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนผสมต่างๆกัน มีปริมาณค่าความร้อนดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ปริมาณค่าความร้อน (kcal/kg) ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่า ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันตามสภาพที่ได้รับจะมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณกากไขมันที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของ (นิศากร, 2545) ที่ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารผสมกับขี้เลื่อย โดยการเพิ่มขี้เลื่อยในสัดส่วนร้อยละ 80 โดยน้ำหนักจะทำให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่กำหนดว่าจะต้องมีปริมาณค่าความร้อนไม่น้อยกว่า 5,000 kcal/kg (พุฒินันท์, 2546)

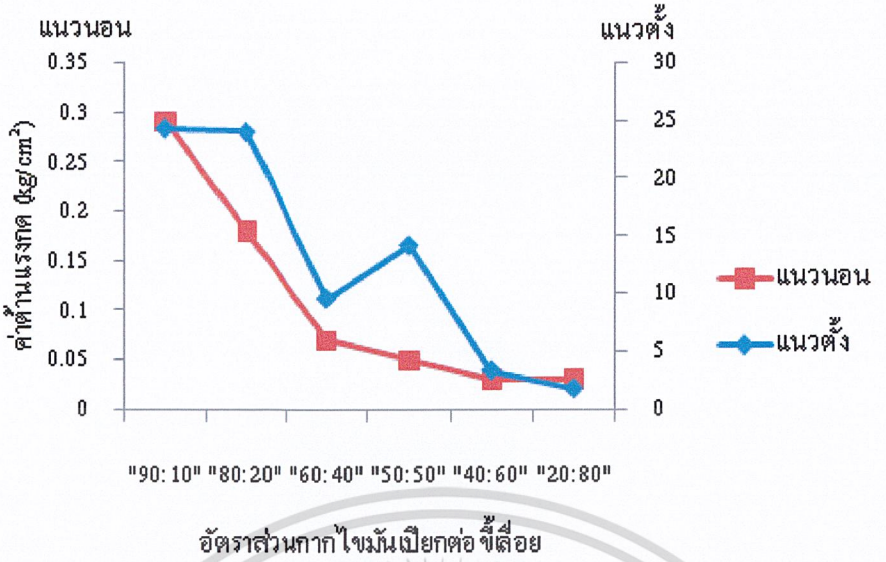
ในกรณีของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งในทุกอัตราส่วนมีค่าค่อนข้างคงที่ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 4,000 – 4,800 kcal/kg แม้ว่าจะเพิ่มปริมาณกากไขมันหรือปริมาณขี้เลื่อยก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งและขี้เลื่อยมีค่าความร้อนใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาผสมกันค่าความร้อนจึงไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพแห้งในทุกอัตราส่วนที่ทดสอบมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

4.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

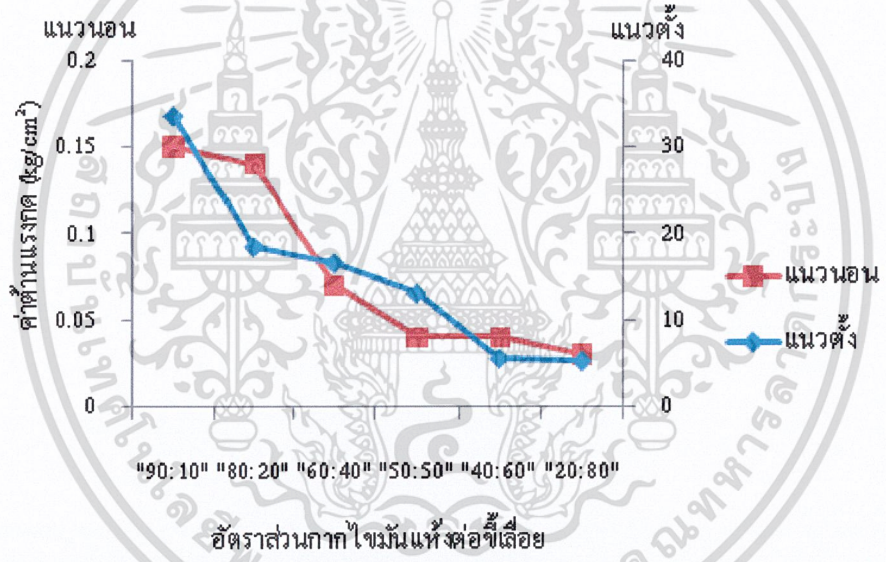
4.4.1 ค่าต้านแรงกด

เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ตากแห้งแล้ว เมื่อนำมาทำการทดสอบค่าต้านแรงกดในแนวตั้งและแนวนอน โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ค่าต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันตามสภาพที่ได้รับผสมขี้เลื่อย



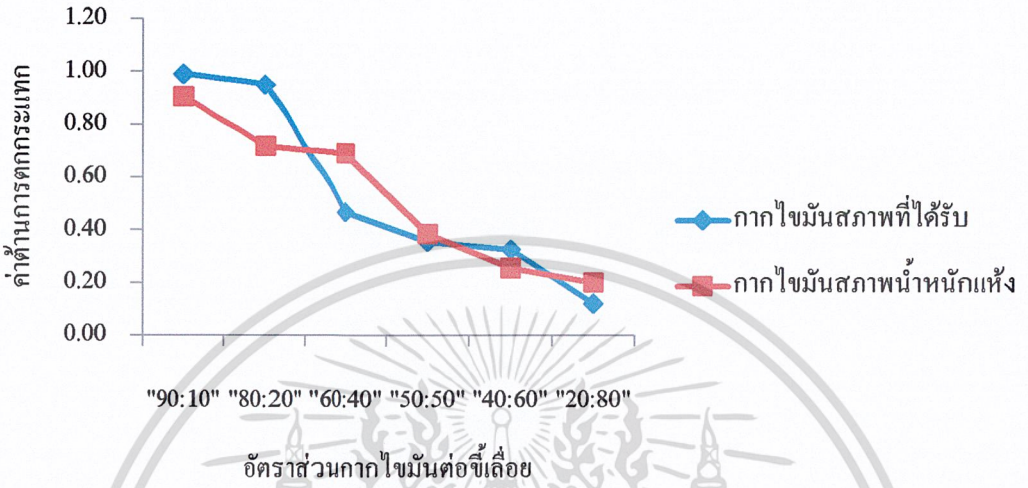
รูปที่ 4.11 ค่าต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันตามสภาพน้ำหนักแห้งผสมขี้เลื่อย

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณของขี้เลื่อยเพิ่มสูงขึ้น จะมีผลทำให้ค่าต้านแรงกดของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบมีค่าน้อยลง หรืออีกนัยหนึ่งคือมีความเปราะมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการมีกากไขมันในปริมาณที่น้อยลง จะทำให้ไม่สามารถประสานกากไขมันและขี้เลื่อยได้อย่างทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก

เมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ตากแห้งแล้วมาทำการทดสอบดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก โดยชั่งแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง300 g นำมาปล่อยตกกระแทกที่ความสูง 2 m ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ดัชนีค่าต้านการตกกระแทกของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

จากรูป จะเห็นว่าดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทกของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตจากกากไขมันทั้งสองรูปแบบคือตามสภาพที่ได้รับและสภาพน้ำหนักแห้ง มีค่าแนวโน้มน้อยลงตามปริมาณกากไขมันที่ลดลง เป็นการบ่งชี้ว่าแท่งเชื้อเพลิงจะมีความเปราะและแตกหักง่ายเมื่อเพิ่มขี้เลื่อยในปริมาณที่สูงขึ้น แสดงว่ากากไขมันทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานในการอัดแท่ง

4.5 ผลการวิเคราะห์สมบัติด้านการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เมื่อนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ตากแห้งแล้วมาทำการทดสอบการเผาไหม้ในสภาวะที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในครัวเรือนโดยใช้เตาอั้งโล่ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ก สมบัติด้านการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันเปียกผสมขี้เลื่อย

การทดสอบ	เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันเปียกผสมขี้เลื่อย					
	90:10	80:20	60:40	50:50	40:60	20:80
การจุดติดไฟ (นาที)	1	1	1	1	1	1
ระยะเวลามีควัน (นาที)	3	3	3	6	5	6
ระยะเวลามีกลิ่น (นาที)	3	3	3	4	5	7
ระยะเวลาที่เผาไหม้ (ลุกติดไฟจนมอดดับ) (นาที)	27	19	20	19	22	21

ตารางที่ 4.2 ข สมบัติด้านการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันแห้งผสมขี้เลื่อย

การทดสอบ	เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันแห้งผสมขี้เลื่อย					
	90:10	80:20	60:40	50:50	40:60	20:80
การจุดติดไฟ (นาที)	1	1	1	1	1	2
ระยะเวลามีควัน (นาที)	2	2	2	2	4	8
ระยะเวลามีกลิ่น (นาที)	1	1	2	2	4	8
ระยะเวลาที่เผาไหม้ (ลุกติดไฟจนมอดดับ) (นาที)	18	18	17	18	18	22

จากตารางที่ 4.2 ก และ 4.2 ข สามารถอธิบายผลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจุดติดไฟ : เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อย ใช้ระยะเวลาในการจุดติดไฟสั้นเพียง 1 นาที ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของนิศากร (2545) ซึ่งทำการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารผสมกับขี้เลื่อย

ระยะเวลามีควันและมีกลิ่น : เชื้อเพลิงอัดแท่งกากไขมันผสมขี้เลื่อย เมื่อทำการเผาไหม้จะมีควันและกลิ่น ดังรูปที่ 4.13 เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 1-8 นาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนของปริมาณขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นและกากไขมันลดลง ระยะเวลาในการเกิดกลิ่นและควันจะแนวโน้มเพิ่มขึ้น สัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณสารระเหยที่เป็นองค์ประกอบของแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลามีควันและมีกลิ่นในระหว่างการเผาไหม้พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียกก่อให้เกิดควันมากกว่าและมีระยะเวลาทำให้เกิดกลิ่นนานกว่าเชื้อเพลิงจากกากไขมันแบบแห้ง

ระยะเวลาในการติดไฟทั้งหมด : เมื่อทำการเผาไหม้ตั้งแต่เชื้อเพลิงลุกติดไฟจนมอดดับ ใช้ระยะเวลาโดยประมาณ 18-27 นาที ต่อปริมาณแท่งเชื้อเพลิง 400 กรัม

รูปที่ 4.13 ควันที่เกิดจากการทดสอบการเผาไหม้ของแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันผสมขี้เลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์สมบัติต่างๆของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางด้านพลังงานและสมบัติทางด้านกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมระหว่างกากไขมันกับขี้เลื่อยกับเกณฑ์มาตรฐานคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.3 สรุปการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมัน (สภาพที่ได้รับ) ผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	อัตราส่วน กากไขมัน : ขี้เลื่อย (สภาพที่ได้รับ)						เกณฑ์มาตรฐาน
	90:10	80:20	60:40	50:50	40:60	20:80	
ปริมาณความชื้น	X	X	/	/	/	/	ไม่เกิน 10 %
ปริมาณเถ้า	/	/	/	/	/	/	ไม่เกิน 8%
ปริมาณสารระเหย	X	X	X	X	X	X	ไม่เกิน 25 %
ปริมาณคาร์บอนเสถียร	X	X	X	X	X	X	ไม่น้อยกว่า 75 %
ค่าความร้อน	/	/	/	/	/	X	ไม่น้อยกว่า 5000 kcal/kg
ปริมาณกำมะถัน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A
การเผาไหม้	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A
ค่าการตกกระแทก	/	/	X	X	X	X	อยู่ระหว่าง 0.5 – 1
ค่าต้านแรงกด	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

หมายเหตุ: / = มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน, X = ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน, N/A = ไม่มีข้อมูลกำหนด, ND = ไม่สามารถประเมินได้

ตารางที่ 4.4 สรุปการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมัน (สภาพน้ำหนักแห้ง) ผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วนต่างๆ เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	อัตราส่วน กากไขมัน : ขี้เลื่อย (สภาพน้ำหนักแห้ง)						เกณฑ์มาตรฐาน
	90:10	80:20	60:40	50:50	40:60	20:80	
ปริมาณความชื้น	/	/	/	/	/	/	ไม่เกิน 10 %
ปริมาณเถ้า	/	/	/	/	/	/	ไม่เกิน 8%
ปริมาณสารระเหย	X	X	X	X	X	X	ไม่เกิน 25 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง	อัตราส่วน กากไขมัน : ขี้เลื่อย (สภาพน้ำหนักแห้ง)						เกณฑ์มาตรฐาน
	90:10	80:20	60:40	50:50	40:60	20:80	
ปริมาณคาร์บอนเสถียร	X	X	X	X	X	X	ไม่น้อยกว่า 75 %
ค่าความร้อน	X	X	X	X	X	X	ไม่น้อยกว่า 5000 kcal/kg
ปริมาณกำมะถัน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A
การเผาไหม้	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A
ค่าการตกกระแทก	/	/	/	X	X	X	อยู่ระหว่าง 0.5 – 1
ค่าต้านแรงกด	ND	ND	ND	ND	ND	ND	N/A

หมายเหตุ: / = มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน, X = ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน, N/A = ไม่มีข้อมูลกำหนด, ND = ไม่สามารถประเมินได้

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันทั้งสองประเภทมีข้อดีที่สำคัญคือมีปริมาณเถ้าต่ำ โดยการใช้กากไขมันตามสภาพที่ได้รับในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งมีข้อได้เปรียบที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับกากไขมันสภาพแห้งคือเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีค่าความร้อนสูงในแทบทุกอัตราส่วนที่ทำการทดสอบ ข้อดีที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการใช้กากไขมันตามสภาพที่ได้รับในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งคือกากไขมันสามารถนำมาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการแพร่กระจายของกลิ่นไปยังพื้นที่โดยรอบดังที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการตากแห้ง เมื่อพิจารณาสมบัติในด้านพลังงานประกอบกับสมบัติทางกายภาพของเชื้ออัดแท่งผสมจากกากไขมันตามสภาพที่ได้รับพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างกากไขมันตามสภาพที่ได้รับกับขี้เลื่อยในอัตราส่วน 60:40 จัดเป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดต่อการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เนื่องจากเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมในอัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าความร้อนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง (ตารางที่ 4.3) นอกจากนี้ที่อัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยในอัตราส่วน 60:40 ยังเป็นอัตราส่วนที่สามารถนำกากไขมันมาใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณมากกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอัดแท่งผสมในอัตราส่วน 50:50 และ40:60 ซึ่งมีคุณสมบัติในเรื่องความชื้น ปริมาณเถ้าและค่าความร้อนผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.3) ข้อควรระวังสำหรับการใช้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่สัดส่วนดังกล่าวคือเชื้อเพลิงมีความเปราะแตกหักได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารระเหยสูง ซึ่งส่งผลต่อปริมาณควันที่เกิดขึ้นในช่วงการจุดติดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องกลับมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างกากไขมันกับขี้เลื่อย พร้อมทั้งศึกษาสมบัติด้านพลังงาน สมบัติทางกายภาพ และสมบัติการเผาไหม้ ของแท่งเชื้อเพลิง จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางด้านพลังงานของกากไขมันและขี้เลื่อย

กากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องที่ใช้ในการทดลอง มีคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาและนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ คือ มีค่าความร้อนสูง มีปริมาณเถ้าและกำมะถันต่ำ แต่ในการนำไปใช้ประโยชน์มีข้อที่ต้องพิจารณาคือการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพราะกากไขมันมีสารระเหยในปริมาณสูง

5.1.2 ผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยโดยน้ำหนักต่อสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

จากการศึกษาผลของอัตราส่วนกากไขมันต่อขี้เลื่อยต่อคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งจำนวน 8 อัตราส่วน คือ 100:0 90:10 80:20 60:40 50:50 40:60 20:80 และ 0:100 พบว่าเมื่อใช้ขี้เลื่อยในปริมาณเพิ่มขึ้นและกากไขมันลดลง จะทำให้การอัดขึ้นรูปนั้นทำได้ยาก ผิวสัมผัสไม่เรียบและเปราะง่าย

5.1.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ด้านสมบัติทางกายภาพ (ค่าต้านแรงกดและดัชนีค่าต้านทานการตกกระแทก) และสมบัติด้านพลังงาน (ค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณกำมะถัน ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ และค่าความร้อน) พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งมีปริมาณความชื้น กำมะถัน ค่าต้านแรงกดและดัชนีการตกกระแทกลดลง ปริมาณค่าความร้อนและสารระเหยเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณเถ้าและคาร์บอนเสถียรนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ถือว่าค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อปริมาณขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นและกากไขมันลดลง

ส่วนการศึกษาสมบัติด้านการเผาไหม้ พบว่าจะเกิดเขม่าควันและกลิ่นสูง เมื่อปริมาณขี้เลื่อยเพิ่มขึ้นและกากไขมันลดลง แท่งเชื้อเพลิงมีระยะการใช้งานได้ประมาณ 18-27 นาที

จากการวิเคราะห์สมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่ง สามารถสรุปได้ว่า กากไขมันตามสภาพที่ได้รับมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งมากกว่า โดยการผสมกับขี้เลื่อยในอัตราส่วน 60:40 จะได้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีค่าความร้อนสูง มีปริมาณความชื้นและปริมาณกำมะถันอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาหาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านอัดแท่งผสมกับกากไขมัน เพื่อลดปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนของกากไขมัน
2. ศึกษาวิธีการปรับปรุงสมบัติของเชื้อเพลิงอัดแท่งในเรื่องความเปราะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, ส่วนน้ำเสียอุตสาหกรรม. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป: ประเภทปลา. กรุงเทพฯ : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย.

กรมควบคุมมลพิษ, สำนักจัดการคุณภาพน้ำ, ส่วนน้ำเสียชุมชน. 2551. คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับร้านอาหาร. กรุงเทพฯ : บริษัท ทีคิวพี จำกัด.

ชนากานต์ เตี้ยงสูงเนิน, วรวุฒิ ศิริเดารพ และสหโชค สกุลเผือก. 2548. ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากใบชา. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548.

นพดล พรชนัน, ปราโมทย์ เลิศล้ำยอง และอุทัย วิวิธเทศ. 2546. การเพิ่มประสิทธิภาพเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยถ่านหินลิกไนท์ด้วยการอัดแท่งแบบใช้ความร้อนโดยเครื่องอัดแบบสกรู. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2546.

นารา พิทักษ์อรรณพ. 2524. เชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้. ใน : รายงานการประชุมทางวิชาการ เรื่อง เตาเศรษฐกิจและเชื้อเพลิงถ่าน ; 5-6 มีนาคม 2524 : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประทศไทย : กรุงเทพ ; 25-27

นารา พิทักษ์อรรณพ. 2529. “อุตสาหกรรมการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้.” หน้า 10. ใน เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการ 22-24 กรกฎาคม 2529. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

นารา พิทักษ์อรรณพ. 2541. รายงานฉบับที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้. กรุงเทพฯ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. โครงการวิจัย ที่ ก. 31-05 พัฒนาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากวัสดุเหลือใช้ขั้นอุตสาหกรรม.

นิศากร ดอนกระสินธุ์. 2545. การนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารมาผสมกับขี้เลื่อยเพื่อเป็นเชื้อเพลิงแท่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2545.

ประลอง ดำรงไทย. 2542. แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน. กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิชาการกรมป่าไม้.

พุฒินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2546. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. กรุงเทพฯ : ชมรมสวนป่าผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วชิรา เพิ่มสุริยา. 2538. การพัฒนาถ่านหินอัดก้อนสำหรับหม้อไอน้ำอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต พ.ศ. 2538.

วนิตา จาดดำ. 2548. การศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดแท่งจากกากชาเขียวที่ผลิตโดยเครื่องอัดแบบเกลียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์และคณะ. 2529 เชื้อเพลิงเขียว (โครงการเชื้อเพลิงแข็ง). รายงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ.

วาริษา วาแม. 2551. การใช้ประโยชน์กากไขมันจากบ่อดักไขมันโรงงานปลากระป๋องในอาหารไก่เนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2551.

วิศรุต ปียะวานิชย์ ,วีรเชษฐ์ ตั้งทรงเจริญ และศิรญาณ เทียมธรรมวงศ์. 2546. การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2546.

สมชาย โอสุวรรณ และกัญจนา บุณยเกียรติ. 2525. การศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของเตาถ่าน. วารสารเคมีวิศวกรรมเทคโนโลยีทางอาหารและเชื้อเพลิง 1. 75-79.

สุรพล สายพานิช. 2538. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ Activated sludge. ใน: การควบคุมและดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงณ์มหาวิทยาลัย หน้า 195-196.

สุริยา ชัยเดชทยากูล. 2544. การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2544.

อาทิตย์ มะลิทอง. 2532. การผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาและผักตบชวาผสมถ่านลิกไนท์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต พ.ศ. 2532.

อุกฤษฏ์ โข่ศรี. 2552. ถ่านอัดแท่งพลังงานทางเลือกในยุคน้ำมันแพง. คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร [Online]. Available: http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/energy/00000-888.html

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Parctice for Proximate Analysis of Coal and Coke : ASTM D 3172. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke: ASTM D 3173. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

เอกสารนี้เป็น[illegible]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal: ASTM D 3174. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis Sample of Coal and Coke : ASTM D 3175. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke: ASTM D 3177. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

American Society for Testing and Material (ASTM) 1999. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke: ASTM D 5865. Annual Book of ASTM Standard, vol. 05.05, USA.: American Society for Testing and Material.

Bhattacharya, S.C., Ram M. Sivasakthy, S and Shrestha, S. 1988. State of the Art for biocoal Technology. Biocoal Project, AIT-GTZ. Thailand.

Fitzgerald, O.A. 1980. Wood Waste Magic. Timer information. American Ingenuity and Enterprise Solve One of the Problem of Waste of Natural Resources : No.24

ITDG. 1984. Small Scale Briquetting : Project 470. Intermediate Technology Development Grop. Rugby, United Kingdom. 3-5

Karchesy, J. and Koch, P. 1979. Energy Production from Hard Woods Growing on Southern Pine Sites. General Technical Report SO-24. USDA Forest Service.

Linstromberg, D.C. (1970). Organic chemistry. W.W. Health and Co. Lexington, M.A.

Mishra, L.K. and Grover P.D. 1996. Biomass Briquetting. Technology and Practices. Bangkok : Food and Agriculture Organization the United Nations Bangkok.

Reed T. and Bryant B. 1978. Densified biomass . a new from of solid fuel . Solar energy research institute , Division of Midwest research institute , Golden , Colorado.

Rougerie, J.L. 1980. France Patent No. 24716120. Quoted in the "Literature Survey Report on Partial Pyrolysis Briquetting and Briquette Testing" for ITDG by BEST in March 1987.

Stienswat, W. and Buachanda, V. 1986. "Green Fuel-Potential Feedstock for Gasifier." Proceedings of Regional Training Workshop on Energy from Biomass 3-7 March 1986, King Mongkut's Institute of Technology, Bangkok Thailand : 132-147.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี

- การวิเคราะห์โดยประมาณ (Proximate analysis)

1.1 การหาปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นในกากไขมัน ขี้เลื่อย และเชื้อเพลิงอัดแท่ง จะทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 3173

เครื่องมือ

1. Drying oven สามารถปรับอุณหภูมิได้ 104-110 องศาเซลเซียส
2. Crucible พร้อมฝาปิด

วิธีวิเคราะห์

1. นำ crucible พร้อมฝาปิด อบที่อุณหภูมิ 104-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น 15-30 นาที
2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 1 กรัม (±0.5 มิลลิกรัม) ใส่ใน crucible ที่เตรียมไว้
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 104-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาอบทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator 15-30 นาที ชั่งน้ำหนัก

คำนวณปริมาณความชื้น (%) $= \left[\frac{(A-B)}{A}\right] \times 100$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

B = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากที่อบแห้ง (กรัม)

ความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกันผลการวิเคราะห์สองครั้งแตกต่างกันไม่เกินที่กำหนดไว้ดังนี้

ตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 5 แตกต่าง ไม่เกิน 0.2%

ตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 5 แตกต่างไม่เกิน 0.3 %

1.2 การหาปริมาณเถ้า

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทำตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 3174 ซึ่งปริมาณเถ้าของตัวอย่างคิดจากส่วนที่เหลืออยู่หลังจากการเผาไหม้ ภายใต้อุณหภูมิ เวลา ความดัน และน้ำหนักของตัวอย่าง ที่กำหนด

เครื่องมือ

1. เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) สามารถปรับอุณหภูมิได้มากกว่า 750 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิหมุนเวียนได้เพียงพอ

วิธีวิเคราะห์

1. นำ crucible ไปอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นในdesiccator 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 1 กรัม (±0.1 มิลลิกรัม) ใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว
3. นำไปใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิสูง เปิดเตาเผาให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึง 450 องศาเซลเซียส ภายใน 1 ชั่วโมง และ 750 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง เผาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 750±10 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำออกจากเตาเผาทิ้งไว้ให้เย็น ใน desiccator นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวณปริมาณเถ้า (%) $= \left[\frac{(A-B)}{C}\right] \times 100$

เมื่อ A = น้ำหนักของ crucible และเถ้า (กรัม)

B = น้ำหนักของ crucible (กรัม)

C = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

1.3 การหาปริมาณสารระเหย

ปริมาณสารระเหยเป็นการกล่าวถึงน้ำหนักที่หายไป (หลังจากที่หักปริมาณความชื้นและเถ้าออกแล้ว) เมื่อเผาตัวอย่างภายในสภาวะที่กำหนด ส่วนที่หายไปนี้เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์ เมื่อถูกความร้อน ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 5832 – 95 (อ้างอิงจาก มหาวิทยาลัยนเรศวร) ดังนี้

เครื่องมือ

1. electric muffle furnace ปรับอุณหภูมิได้ 950 องศาเซลเซียส
2. crucible พร้อมฝาปิด
3. เครื่องดูดความชื้น (Desicator)
4. เครื่องชั่ง

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน 1 กรัม ใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้วปิดฝาให้สนิท

2. นำ crucible ที่บรรจุตัวอย่างแล้ววางบน crucible support แล้วหย่อนลงในเตาเผาอุณหภูมิ 950±20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที นำขึ้นจากเตาทิ้งให้เย็นใน desiccators 15-20 นาที ชั่งน้ำหนัก

3. ชั่งน้ำหนักของถ้วยทนไฟและตัวอย่างที่เหลือพร้อมฝา

การคำนวณ

น้ำหนักที่หายไป (%) $= \left[\frac{(A-B)}{A}\right] \times 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา (กรัม)

B = น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ปริมาณสารระเหย (%) = C – M – A

เมื่อ C = ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสีย (กรัม)

M = ร้อยละความชื้น

A = ร้อยละเถ้า

1.4 การหาปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ (fixed carbon)

ตาม ASTM D 3172 ปริมาณธาตุคาร์บอนคงที่ ได้จากการคำนวณ ดังนี้

การคำนวณ % fixed carbon = 100 – (% ความชื้น + % เถ้า + % สารระเหย)

1.5 การวิเคราะห์หาค่าความร้อนและปริมาณกำมะถัน

วิธีวิเคราะห์มาตรฐาน ASTM D 5865 และ D 3177

เครื่องมือ

1. ตู้อบ (Oven) ช่วงอุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส
2. เครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) พร้อมอุปกรณ์ดังต่อไปนี้
   บอมบ์แคลอรีมิเตอร์, Jacket, bucket, ถ้วยโลหะสำหรับใส่ตัวอย่าง, ลวดนิกเกิล
3. เครื่องชั่ง (Analytical Balance) ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. แท่นให้ความร้อน (Hotplate)
5. เดซิเคเตอร์ (Desiccator)
6. กระดาษกรองเบอร์ 1 และ เบอร์ 42
7. เครื่อง Automatic Sulphure analysis พร้อมอุปกรณ์ประกอบดังนี้
   เตาเผาแบบท่อ (Tube furnace), Combustion tube, Sample combustion boats, Boat puller
8. เครื่องประมวลผล (Computer)

สารเคมี

1. แก๊สออกซิเจน ความบริสุทธิ์ 99.99%
2. แอร์ซีโร (Air zero)
3. สารละลายแอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ ความถ่วงจำเพาะ 0.90
4. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.0709 นอร์มัล (1 มิลลิลิตร = 1 แคลอรี) เตรียมโดยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงปริมาณ 3.76 กรัม ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรในขวดปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1:1
   เตรียมโดยเทกรดไฮโดรคลอริกที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.19 ปริมาตร 500 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรซึ่งบรรจุในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเก็บในขวดสารเคมี
6. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10
   เตรียมโดยละลาย $BaCl_2.H_2O$ 100 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
7. สารละลายเอทธานอลความเข้มข้นร้อยละ 90
   เตรียมโดยปิเปตเอทธานอล 90 มิลลิลิตร ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
8. สารละลายเมทธิลออเรนจ์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
   เตรียมโดยละลายเมทธิลออเรนจ์ 0.1 กรัมในสารละลายเอทธานอลความเข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร กรองแล้วเก็บในขวดสีชา

ความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเดียวกัน ผลการวิเคราะห์สองครั้งจะต้องแตกต่างกันไม่เกิน50บีทียู/ปอนด์ ในรูปของ dry basis

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างใส่ลงในครูซิเบิลโลหะ โดยควรใช้น้ำหนักตัวอย่างเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้ว มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เคลวิน โดยน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละประเภทควรเป็นดังนี้
   เชื้อเพลิงตัวอย่างประมาณ 1 กรัม
   Benzoic Acid ประมาณ 1.2 กรัม
2. นำครูซิเบิลใส่ลงใน Ring support จากนั้นผูกให้ลวดความร้อน (firing wire) ที่มีความยาว 120 มิลลิเมตร จากอิเล็กโทรดหนึ่งไปยังอิเล็กโทรดหนึ่ง แล้วนำด้ายสำลี (cotton) ที่ยาวประมาณ 30 มิลลิเมตร ผูกที่กึ่งกลางของลวดให้ความร้อน โดยให้ปลายของด้ายสำลี (cotton) สัมผัสกับตัวอย่างในครูซิเบิล (ควรใช้ความยาวของลวดและด้ายคงที่ในแต่ละครั้งของการทดลอง)
3. ปิเปตน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Bomb เพื่อดูดกลืนไอน้ำจากการสันดาป ประกอบ Bomb แล้วปิดฝาให้แน่น
4. ค่อยๆอัดก๊าซออกซิเจนลงใน Bomb ผ่านทาง filling tube อย่างช้าๆเพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเป่าตัวอย่างหกจากครูซิเบิลทำการอัดก๊าซให้ได้ความดันประมาณ 30 บาร์ เมื่อได้ความดันที่ต้องการแล้วใช้ sealing cap ปิด filling tube ให้แน่น เพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนซึมออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำน้ำประปา 2100 กรัม ใส่ลงใน calorimeter vessel จากนั้นนำ Bomb ที่ใส่ตัวอย่างและก๊าซออกซิเจนเรียบร้อยแล้วใส่ลงไป สังเกตฟองอากาศที่รั่วออกมาจากฝา Bomb ถ้ามีให้รีบแก้ไขโดยนำ Bomb ขึ้นจาก calorimeter vessel แล้ว release ก๊าซออกซิเจนออก แล้วทำข้อ 4 ใหม่จนกว่าจะไม่มีก๊าซออกซิเจนรั่วออกมา
6. ถ้าไม่มีก๊าซออกซิเจนรั่วออกมาแล้ว ให้เลื่อนฝาปิด calorimeter vessel ลงมา โดยให้ Bomb firing plug เสียบเข้าไปในรูของ electrode socket ที่ด้านบนของ Bomb เราสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้โดยกดปุ่มเปิดเครื่อง ON/OFF แล้วตามด้วยกดปุ่ม TEST บนแผงควบคุมจะต้องมีสัญญาณไฟติด
7. กรณีถ้าน้ำใน water jacket กับใน calorimeter vessel มีอุณหภูมิต่างกัน ควรจะทำให้น้ำทั้ง 2 ส่วนมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน โดยปรับที่ Balance control โดยถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกาจะเพิ่มอุณหภูมิของน้ำใน jacket แต่ถ้าหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะลดอุณหภูมิของน้ำใน jacket
8. เมื่อสัญญาณไฟขึ้นที่ปุ่ม READY แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงานแล้ว ให้ทำการวัดอุณหภูมิตอนเริ่มต้น (T_1) ให้กดปุ่ม THERMOMETER READER/VIBRATOR จากนั้นตามด้วยปุ่ม FIRE เพื่อเป็นการจุดระเบิด โดยต้องกดปุ่มนาน 2 วินาที และเพื่อจะตรวจสอบการจุดระเบิดว่าสำเร็จหรือไม่ให้กดปุ่ม TEST จะต้องไม่มีสัญญาณไฟติด
9. ให้อ่านค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 วินาที ไปจนกว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นสูงสุดและคงที่ (T_2) (ประมาณ 6-8 นาที) อุณหภูมิสุดท้ายไม่ควรจะต่างกันเกิน 0.002 องศาเซลเซียส
10. นำ Bomb ออกจาก calorimeter vessel ทำการปล่อยก๊าซออกซิเจนที่เหลือออกก่อนจากนั้นเปิดฝา
11. Bomb นำ wash solotion (เตรียมโดย Methyl Orange 1 ml. ลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร) มาล้างครูซิเบิลข้างในตัวและฝา Bomb จนกระทั่งหมดความเป็นกรด สังเกตได้จากน้ำที่ล้างออกมาไม่เป็นสีชมพูแล้ว โดยเก็บน้ำที่ล้างแล้วไว้ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการวัดความยาวลวดที่เหลือหลังการเผาไหม้ แล้วบันทึกผล
12. นำน้ำที่ได้จากข้อ 11. มาไทเทรตกับสารละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น 0.0709 นอร์มัลจนได้จุดยุติเป็นสีเหลือง บันทึกปริมาตรที่ใช้ไปเพื่อนำไปคำนวณค่าความร้อนของตัวอย่าง
13. นำสารละลายจากข้อ 12. มาทำการปรับพีเอชด้วยสารละลาย NH_4OH ให้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.5-7.0 โดยทดสอบด้วยกระดาษวัดพีเอช
14. ต้มสารละลายที่ปรับพีเอชแล้วจนเดือด นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 และล้างด้วยน้ำร้อนต่อ 5-6 ครั้ง ปรับปริมาตรด้วยน้ำร้อนให้ได้ 250 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. หยด HCl 1:1 (เตรียมโดยผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นกับน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากัน) จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงไป นำสารละลายที่ได้ไปต้มให้เดือด ขณะเดียวกันก็เติมสารละลาย $BaCl_2$ เข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร ลงไป 10 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตอย่างช้าๆพร้อมคนไปด้วยตลอดเวลา
16. นำไปต้มให้เดือดนาน 15 นาที แล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ที่เป็น fine ashless paper แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งจนหมดคลอไรด์ ซึ่งทดสอบโดยใช้ซิลเวอร์ไนเทรต ($AgNO_3$)
17. นำ porcelain crucible พร้อมฝามาทำการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล
18. นำกระดาษกรองที่กรองตะกอนของ $BaSO_4$ มาใส่ใน porcelain crucible แล้วเผากระดาษกรองจนไหม้หมดโดยใช้ตะเกียงบุนเสน จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
19. นำ porcelain crucible มาทิ้งไว้ให้เย็นในเดสสิเคเตอร์ บันทึกน้ำหนักของครูซิเบิลกระเบื้องพร้อมกระดาษกรองหลังอบ
20. คำนวณหาปริมาณกำมะถันและค่าความร้อนของตัวอย่าง

<u>หมายเหตุ</u> ก่อนทำการหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ควรทำการปรับเทียบเครื่องเสียก่อน โดยใช้ตัวอย่างเป็น Benzoic Acid ประมาณ 1.2 กรัม

การคำนวณ $Hg = (tE - C_1 - C_2 - C_3)/g$

เมื่อ Hg = ค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ทั้งหมด (gross colorific value) , แคลอรี่/

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น , องศาเซลเซียส

E = ค่าความจุของความร้อนของ combustion bomb (heat capacitor or energy equivalent of the calorimeter) , แคลอรี่/องศาเซลเซียส

C_1 = ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก (acid correction ; energy of foemation nitric acid) , แคลอรี่

= 1 มิลลิลิตร ของ Na_2CO_3 0.0709 N มีค่าเท่ากับ 1 แคลอรี่

C_2 = ค่าความร้อนของเส้นลวด (fuse correction) , แคลอรี่

= (0.23 cal/mm)(ความยาวลวดที่ถูกเผาไหม้)

C_3 = ค่าความร้อนของการเกิดกรดซัลฟูริก (sulfur correction) , แคลอรี่

= (13.8 cal/g)(%S)(น้ำตัวอย่างที่ใช้)

g = น้ำหนักของตัวอย่าง , กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{Sulfur (\%)} = \frac{(weight\ BaSO4)\times 13.738}{weight\ sample}$$

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพ

การวิเคราะห์ทางกายภาพได้แก่ การทดสอบค่าต้านแรงกด (Compressive strength) การทดสอบดัชนีค่าต้านการตกกระแทก (Impact resistance index)

2.1 การทดสอบแรงกด โดยการนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่แห้งแล้ว ตัดให้มีขนาดยาวประมาณ 20 mm ใช้เครื่องทดสอบแรงกดแบบ UTM (Universal testing machine) รุ่นWF14120 Ring No 15774

สูตร : $\sigma_c = F/A$

เมื่อ σ_c = การทนแรงอัดของแท่งเชื้อ (kg/cm^2)

F = แรงอัดที่กระทำแท่งเชื้อเพลิงจนกระทั่งแท่งเชื้อเพลิงแตก (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดของแท่งเชื้อเพลิง (cm^2)

2.2 การทดสอบค่าต้านการตกกระแทก โดยนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่แห้งแล้วใส่ถุงประมาณ 300 กรัม นำไปชั่งน้ำหนัก แล้วทดสอบโดยการปล่อยให้ตกลงกระทบพื้นซีเมนต์แข็งสูงจากพื้น 2 m ซ้ำๆกัน 3 ครั้ง จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร นำส่วนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่เหลือจากการร่อนแล้วไปชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาค่าต้านการตกกระแทก

สูตร : $R = \frac{W_f}{Wi}$

เมื่อ R = ค่าต้านการตกกระแทก

W_i = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)

W_f = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือหลังทดสอบ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางด้านเคมี

ตารางที่ ข.1 ค่าความชื้น

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucibleอบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ร้อยละความชื้น
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	1	2.0546	49.5565	50.4348	57.25
	2	2.1435	41.9904	43.0324	51.38
	3	2.0403	46.8419	47.7475	55.61
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	1	1.0028	44.5049	45.4012	10.62
	2	1.0092	43.4380	44.3378	10.84
	3	1.0055	46.0978	46.9839	11.87
ขี้เลื่อย	1	2.0053	48.4063	50.2892	6.10
	2	2.0049	43.2938	45.1448	7.67
	3	2.0095	42.4654	44.3459	6.41
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (กากไขมัน:ขี้เลื่อย)- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (90:10)	1	1.0055	48.3967	49.1628	23.80
	2	1.0024	43.2906	44.0998	19.27
	3	1.0077	42.4621	43.2341	23.38
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (80:20)	1	1.0087	49.5514	50.4331	12.59
	2	1.0043	41.9933	42.8696	12.74
	3	1.0017	46.8132	47.6943	12.03
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (60:40)	1	1.0083	42.7745	43.6889	9.31
	2	1.0055	39.1132	40.0245	9.36
	3	1.0036	45.3218	46.2317	9.33
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (50:50)	1	1.0073	46.5357	47.4557	8.66
	2	1.0056	45.2393	46.1565	8.79
	3	1.0024	45.0007	45.9162	8.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucibleอบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+ตัวอย่างหลังอบ (g)	ร้อยละความชื้น
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (40:60)	1	1.0058	31.2101	32.1363	7.91
	2	1.0063	44.5532	45.4815	7.75
	3	1.0059	47.2761	48.2136	6.79
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (20:80)	1	1.0023	41.7068	42.6351	7.38
	2	1.0077	45.4852	46.4248	6.75
	3	1.0072	44.6172	45.5506	7.32
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (90:10)	1	1.0062	48.6383	49.5741	6.99
	2	1.0041	43.4327	44.3653	7.12
	3	1.0008	42.4593	43.3900	7.00
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (80:20)	1	1.0099	49.5570	50.5085	5.78
	2	1.0035	42.2322	43.1662	6.92
	3	1.0002	47.2239	48.1686	5.54
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (60:40)	1	1.0063	43.2584	44.2200	4.44
	2	1.0060	43.3873	44.3514	4.16
	3	1.0061	43.2956	44.2592	4.22
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (50:50)	1	1.0067	43.2391	44.2069	3.86
	2	1.0019	42.4569	43.4201	3.86
	3	1.0080	39.3607	40.3260	4.23
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (40:60)	1	1.0059	46.4388	47.4129	3.16
	2	1.0015	41.9971	42.9683	3.02
	3	1.0035	44.5698	45.5423	3.08
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (20:80)	1	1.0078	39.9293	40.9078	2.90
	2	1.0007	45.4818	46.4525	2.99
	3	1.0065	42.3569	43.3339	2.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณเถ้า

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucible อบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+เถ้าหลังเผา (g)	ร้อยละเถ้า
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	1	2.0546	49.5565	49.6120	2.70
	2	2.1435	41.9904	42.0372	2.18
	3	2.0403	46.8419	46.8873	2.22
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	1	1.0028	44.5049	44.5187	1.37
	2	1.0092	43.4380	43.4505	1.23
	3	1.0055	46.0978	46.1119	1.40
ขี้เลื่อย	1	2.0053	48.4063	48.4285	1.10
	2	2.0049	43.2938	43.3240	1.50
	3	2.0095	42.4654	42.4932	1.38
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (กากไขมัน:ขี้เลื่อย) - กากไขมันสภาพที่ได้รับ (90:10)	1	1.0055	48.3967	48.4249	2.80
	2	1.0024	43.2906	43.3184	2.77
	3	1.0077	42.4621	42.4872	2.49
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (80:20)	1	1.0087	49.5514	49.5817	3.00
	2	1.0043	41.9933	42.0192	2.57
	3	1.0017	46.8132	46.8409	2.76
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (60:40)	1	1.0083	42.7745	42.7965	2.18
	2	1.0055	39.1132	39.1352	2.18
	3	1.0036	45.3218	45.3453	2.34
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (50:50)	1	1.0073	46.5357	46.5548	1.89
	2	1.0056	45.2393	45.2632	2.37
	3	1.0024	45.0007	45.0179	1.71
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (40:60)	1	1.0058	31.2101	31.2284	1.81
	2	1.0063	44.5532	44.5751	2.17
	3	1.0059	47.2761	47.3002	2.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนัก crucible อบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+เถ้าหลังเผา (g)	ร้อยละเถ้า
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (20:80)	1	1.0023	41.7068	41.7327	2.58
	2	1.0077	45.4852	45.5079	2.25
	3	1.0072	44.6172	44.6436	2.62
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (90:10)	1	1.0062	48.6383	48.6641	2.56
	2	1.0041	43.4327	43.4589	2.60
	3	1.0008	42.4593	42.4863	2.69
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (80:20)	1	1.0099	49.5570	49.5812	2.39
	2	1.0035	42.2322	42.2551	2.28
	3	1.0002	47.2239	47.2469	2.29
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (60:40)	1	1.0063	43.2584	43.2821	2.35
	2	1.0060	43.3873	43.4116	2.41
	3	1.0061	43.2956	43.3192	2.34
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (50:50)	1	1.0067	43.2391	43.2623	2.30
	2	1.0019	42.4569	42.4796	2.26
	3	1.0080	39.3607	39.3842	2.33
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (40:60)	1	1.0059	46.4388	46.4644	2.54
	2	1.0015	41.9971	42.0217	2.45
	3	1.0035	44.5698	44.5952	2.53
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (20:80)	1	1.0078	39.9293	39.9555	2.59
	2	1.0007	45.4818	45.5059	2.40
	3	1.0065	42.3569	42.3815	2.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ปริมาณสารระเหย

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วยอบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+ส่วนที่เหลือหลังเผาที่ 950 °c (g)	ร้อยละสารระเหย
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	1	2.0546	49.5565	49.6016	37.85
	2	2.1435	41.9904	42.0312	44.52
	3	2.0403	46.8419	46.8865	39.97
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	1	1.0028	44.5049	44.5123	87.26
	2	1.0092	43.4380	43.4452	87.20
	3	1.0055	46.0978	46.1065	85.85
ขี้เลื่อย	1	2.0053	48.4063	48.4250	91.85
	2	2.0049	43.2938	43.3196	89.53
	3	2.0095	42.4654	42.4897	90.98
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (กากไขมัน:ขี้เลื่อย) - กากไขมันสภาพที่ได้รับ (90:10)	1	1.0055	48.3967	48.4153	71.53
	2	1.0024	43.2906	43.3117	75.84
	3	1.0077	42.4621	42.4795	72.39
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (80:20)	1	1.0087	49.5514	49.5772	81.84
	2	1.0043	41.9933	42.0110	82.91
	3	1.0017	46.8132	46.8312	83.39
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (60:40)	1	1.0083	42.7745	42.7904	86.92
	2	1.0055	39.1132	39.1290	86.87
	3	1.0036	45.3218	45.3366	86.84
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (50:50)	1	1.0073	46.5357	46.5452	88.49
	2	1.0056	45.2393	45.2543	87.34
	3	1.0024	45.0007	45.0107	88.61
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (40:60)	1	1.0058	31.2101	31.2247	88.81
	2	1.0063	44.5532	44.5677	88.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	น้ำหนักถ้วยอบแห้ง (g)	น้ำหนัก crucible+ส่วนที่เหลือหลังเผาที่ 950 °c (g)	ร้อยละสารระเหย
	3	1.0059	47.2761	47.2904	89.38
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (20:80)	1	1.0023	41.7068	41.7246	88.25
	2	1.0077	45.4852	45.5010	89.42
	3	1.0072	44.6172	44.6356	88.22
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (90:10)	1	1.0062	48.6383	48.6591	88.37
	2	1.0041	43.4327	43.4523	88.31
	3	1.0008	42.4593	42.4802	88.20
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (80:20)	1	1.0099	49.5570	49.5743	90.10
	2	1.0035	42.2322	42.2491	89.10
	3	1.0002	47.2239	47.2412	90.42
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (60:40)	1	1.0063	43.2584	43.2764	91.41
	2	1.0060	43.3873	43.4036	91.79
	3	1.0061	43.2956	43.3154	91.46
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (50:50)	1	1.0067	43.2391	43.2543	92.32
	2	1.0019	42.4569	42.4728	92.28
	3	1.0080	39.3607	39.3796	91.55
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (40:60)	1	1.0059	46.4388	46.4578	92.40
	2	1.0015	41.9971	42.0164	92.59
	3	1.0035	44.5698	44.5892	92.44
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (20:80)	1	1.0078	39.9293	39.9487	92.56
	2	1.0007	45.4818	45.4987	92.90
	3	1.0065	42.3569	42.3754	92.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ปริมาณคาร์บอนเสถียร

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	ร้อยละคาร์บอนคงที่
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	1	57.25	2.70	37.85	2.19
	2	51.38	2.18	44.52	1.90
	3	55.61	2.22	39.97	2.18
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	1	10.62	1.37	87.26	0.73
	2	10.84	1.23	87.20	0.71
	3	11.87	1.40	85.85	0.86
ขี้เลื่อย	1	6.10	1.10	91.85	0.93
	2	7.67	1.50	89.53	1.28
	3	6.41	1.38	90.98	1.20
เชื้อเพลิงอัดแท่ง (กากไขมัน:ขี้เลื่อย) - กากไขมันสภาพที่ได้รับ (90:10)	1	23.80	2.80	71.53	1.84
	2	19.27	2.77	75.84	2.10
	3	23.38	2.49	72.39	1.72
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (80:20)	1	12.59	3.00	81.84	2.55
	2	12.74	2.57	82.91	1.76
	3	12.03	2.76	83.39	1.79
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (60:40)	1	9.31	2.18	86.92	1.57
	2	9.36	2.18	86.87	1.57
	3	9.33	2.34	86.84	1.47
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (50:50)	1	8.6667	1.8962	88.49	0.94
	2	8.79	2.37	87.34	1.49
	3	8.66	1.71	88.61	0.99
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (40:60)	1	7.91	1.81	88.81	1.45
	2	7.75	2.17	88.63	1.44
	3	6.79	2.39	89.38	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ลำดับการวิเคราะห์	ร้อยละความชื้น	ร้อยละเถ้า	ร้อยละสารระเหย	ร้อยละคาร์บอนคงที่
- กากไขมันสภาพที่ได้รับ (20:80)	1	7.38	2.58	88.25	1.77
	2	6.75	2.25	89.42	1.56
	3	7.32	2.62	88.22	1.82
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (90:10)	1	6.99	2.5641	88.37	2.06
	2	7.1208	2.6093	88.31	1.95
	3	7.00	2.69	88.20	2.08
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (80:20)	1	5.78	2.39	90.10	1.71
	2	6.92	2.28	89.10	1.68
	3	5.54	2.29	90.42	1.72
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (60:40)	1	4.44	2.35	91.41	1.78
	2	4.16	2.41	91.79	1.62
	3	4.22	2.34	91.46	1.96
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (50:50)	1	3.86	2.30	92.32	1.50
	2	3.86	2.26	92.28	1.58
	3	4.23	2.33	91.55	1.87
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (40:60)	1	3.16	2.54	92.40	1.88
	2	3.02	2.45	92.59	1.92
	3	3.08	2.53	92.44	1.93
- กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง (20:80)	1	2.90	2.59	92.56	1.92
	2	2.99	2.40	92.90	1.68
	3	2.93	2.44	92.78	1.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ค่าความร้อน

ตัวอย่าง	ค่าความร้อน (kcal/kg)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	7586*
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	6322
ขี้เลื่อย	6321
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	6914*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	6574*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	6117*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	6014*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	5488*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	4837*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	4028*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	4525*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	4857*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	4746*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	4619*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	4464*

หมายเหตุ* วิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ปริมาณซัลเฟอร์

ตัวอย่าง	ซัลเฟอร์ (ร้อยละ)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	0.26*
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	0.01
ขี้เลื่อย	0.03
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	0.14*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	0.15*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	0.13*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	0.14*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	0.12*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	0.09*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	0.13*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	0.11*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	0.11*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	0.10*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	0.09*
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	0.06*

หมายเหตุ* วิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางด้านกายภาพ

ตารางที่ ข.7 ระยะเวลาในการจุดติดไฟ

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการจุดติดไฟ (นาที)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-
ขี้เลื่อย	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.8 ระยะเวลาในการมีควัน

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการมีควัน (นาที)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-
ขี้เลื่อย	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	6
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	5
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	6
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	4
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ระยะเวลาในการมีกลิ่น

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการมีกลิ่น (นาที)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-
ขี้เลื่อย	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	3
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	4
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	5
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	7
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	1
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	2
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	4
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 ระยะเวลาในการเผาไหม้ (ลุกติดไฟ – มอดดับ)

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการเผาไหม้ (นาที)
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-
ขี้เลื่อย	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	27
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	19
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	20
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	19
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	22
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	21
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	18
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	18
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	17
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	18
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	18
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ค่าต้านการตกกระแทก

ตัวอย่าง	น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)	น้ำหนักเชื้อเพลิงหลังทดสอบ (g)	ค่าต้านการตกกระแทก
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-	-	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-	-	-
ขี้เลื่อย	-	-	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	312.60	309.47	0.99
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	305.58	290.30	0.95
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	308.36	144.93	0.47
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	309.10	111.28	0.36
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	304.64	97.48	0.32
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	309.04	37.08	0.12
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	308.20	278.34	0.90
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	302.50	216.90	0.72
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	308.92	212.81	0.69
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	317.88	122.02	0.38
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	314.03	79.84	0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	น้ำหนักเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)	น้ำหนักเชื้อเพลิงหลังทดสอบ (g)	ค่าต้านการตกกระแทก
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	311.25	62.14	0.20

ตารางที่ ข.12 ค่าต้านแรงกด

ตัวอย่าง	แรงอัดที่กระทำตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างแตก (kg)	
	แรงอัดในแนวตั้ง	แรงอัดในแนวนอน
กากไขมันสภาพที่ได้รับ	-	-
กากไขมันสภาพน้ำหนักแห้ง	-	-
ขี้เลื่อย	-	-
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 90:10	286.4	29.34
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 80:20	283.0	17.99
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 60:40	112.8	6.808
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 50:50	167.0	4.643
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 40:60	39.55	2.961
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพที่ได้รับต่อขี้เลื่อย 20:80	20.92	3.014
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10	395.4	14.67
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 80:20	217.5	14.37
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 60:40	195.4	7.328
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 50:50	153.6	4.326
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 40:60	64.96	4.321

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	แรงอัดที่กระทำตัวอย่างจนกระทั่งตัวอย่างแตก (kg)	
	แรงอัดในแนวตั้ง	แรงอัดในแนวนอน
เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันสภาพน้ำหนักแห้งต่อขี้เลื่อย 20:80	61.66	3.218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการคำนวณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณสมบัติด้านพลังงาน

การคำนวณปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของตัวอย่างสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น}(\%) = \left[\frac{(A-B)}{A}\right] \text{x } 100 \qquad (1)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

B = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากที่อบแห้ง (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียกต่อขี้เลื่อย 90:10

ปริมาณความชื้น(%) = $[(1.0055 - 0.7661)/1.0055] \times 100$

= 23.81%

ในการคำนวณหาปริมาณความชื้น(%) ทั้ง 3 ครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีเดียวกัน

∴ ปริมาณความชื้น(%) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 22.16%

การคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้า } (\%) = \left[\frac{(A-B)}{C}\right] \text{x } 100 \qquad (2)$$

เมื่อ A = น้ำหนักของ crucible และเถ้า (กรัม)

B = น้ำหนักของ crucible (กรัม)

C = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียกต่อขี้เลื่อย 90:10

ปริมาณเถ้า(%) = $[(48.4249 - 48.3967)/1.0055] \times 100$

= 2.80%

ในการคำนวณหาปริมาณเถ้า(%) ทั้ง 3 ครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีเดียวกัน

∴ ปริมาณปริมาณเถ้า(%)เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.69%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาปริมาณสารระเหย

$$\text{น้ำหนักที่หายไป}(\%) = \left[\frac{(A-B)}{A}\right] \text{x } 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

B = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากเผาแล้ว (กรัม)

ปริมาณสารระเหย (%) = น้ำหนักที่หายไป (%) – ปริมาณความชื้น (%) – ปริมาณเถ้า (%)

(3)

ตัวอย่างการคำนวณ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียกต่อขี้เลื่อย 90:10

น้ำหนักที่หายไป (%) = [(1.0055 – 0.0186)/1.0055]×100

= 98.15%

ปริมาณสารระเหย (%) = 98.15 – 23.81 – 2.80

= 71.54%

ในการคำนวณหาปริมาณสารระเหย(%) ทั้ง 3 ครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีเดียวกัน

∴ ปริมาณสารระเหย(%) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 73.26%

การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงที่

ปริมาณคาร์บอนคงที่(%) = 100 - (%ความชื้น + %ปริมาณเถ้า + %ปริมาณสารระเหย) (4)

ตัวอย่างการคำนวณ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบเปียกต่อขี้เลื่อย 90:10

ปริมาณความชื้น(%) = 23.81%

ปริมาณเถ้า(%) = 2.80%

ปริมาณสารระเหย(%) = 71.54%

ปริมาณคาร์บอนคงที่(%) = 100 - (23.81 + 2.80 + 71.54)

= 1.85%

ในการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงที่(%) ทั้ง 3 ครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีเดียวกัน

∴ ปริมาณปริมาณคาร์บอนคงที่(%)เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.89%

เอกสารนี้ [illegible] นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่าความร้อน

$$Hg = (tE - C_1 - C_2 - C_3)/g \qquad (5)$$

เมื่อ Hg = ค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ทั้งหมด (gross colorific value), แคลอรี่/กรัม

T = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น, องศาเซลเซียส

E = ค่าความจุของความร้อนของ combustion bomb (heat capacitor or energy equivalent of the calorimeter), แคลอรี่/องซาเซลเซียส

C_1 = ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก (acid correction ; energy of foemation nitric acid), แคลอรี่ (1 มิลลิลิตร ของ Na_2CO_3 0.0709 N มีค่าเท่ากับ 1 แคลอรี่)

C_2 = ค่าความร้อนของเส้นลวด (fuse correction), แคลอรี่

C_3 = ค่าความร้อนของการเกิดกรดซัลฟูริก (sulfur correction), แคลอรี่

g = น้ำหนักของตัวอย่าง, กรัม

ตัวอย่างการคำนวณ

กากไขมันแบบแห้ง

หา E จาก $E = [(H_c \times m) + C_1 + C_2]/t$

$= [(26463.7\ J/g \times 0.5041) + (3.4 \times 4.1858)\ J + (0.96\ J/mm \times 32\ mm)]/1.66\ ^{\circ}C$

$= 8063.4355$

แทนค่า $Hg = [(1.66\ ^{\circ}C \times 8063.4355\ J/^{\circ}C) - (3.4 \times 4.1858)\ J - (0.96\ J/mm \times 32\ mm) - (55.2\ J/g \times 0.0327 \times 0.5041g)/0.5041$

$= 26461.90\ J/g$

$= 6321.82\ kcal/kg$

ในการคำนวณหาค่าความร้อนทั้ง 3 ครั้งสามารถทำได้ด้วยวิธีเดียวกัน

∴ ปริมาณค่าความร้อนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6321.92 kJ/kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์(\%)} = \frac{(\text{weight BaSO4}) \times 13.738}{\text{weight sample}} \qquad (6)$$

ตัวอย่างการคำนวณ

กากไขมันแบบแห้ง

$$\text{ปริมาณซัลเฟอร์(\%)} = \frac{0.0012 \times 13.738}{0.5041}$$

$$= 0.0327\%$$

การคำนวณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การหาค่าต้านทานการตกกระแทก

ทำการทดลองโดยการปล่อยแท่งเชื้อเพลิงในถุงพลาสติกจากที่สูง 200 cm. โดยชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงหนักประมาณ 300 g แล้วปล่อยจากที่สูง 3 ครั้ง จากนั้นร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 mm. ทำการชั่งน้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือ โดยคำนวณจากสูตร

$$R = \frac{W_f}{W_i} \qquad (7)$$

R = ค่าต้านการตกกระแทก

W_i = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงก่อนทดสอบ (g)

W_f = น้ำหนักแท่งเชื้อเพลิงหลังทดสอบ (g)

ตัวอย่างการคำนวณ

เชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากไขมันแบบแห้งต่อขี้เลื่อย 90:10

$$R = \frac{278.34}{308.20} = 0.90$$

ค่าต้านการตกกระแทกเท่ากับ 0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าต้านแรงกด

ทำการทดลองโดยการวัดค่าต้านแรงกดทั้ง 2 แบบ คือ การต้านแรงกดในแนวตั้งและแนวนอน

วิธีคำนวณค่าต้านแรงกด

1. ค่าต้านแรงกดในแนวตั้ง

คำนวณน้ำหนักของเครื่อง Tensile ที่กดอัดแท่งเชื้อเพลิงในแนวตั้ง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma_c = F/A \qquad (8)$$

เมื่อ σ_c = ค่าต้านแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง (kg/cm^2)

F = แรงที่กดอัดลงในแท่งเชื้อเพลิง

A = พื้นที่หน้าตัด (cm^2)

พื้นที่หน้าตัดของแท่งเชื้อเพลิง หาได้จาก เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเชื้อเพลิง จากสูตร

$A = (\P D_1^2/4) - (\P D_2^2/4)$; $D_1 = 4$ cm.

$D_2 = 1$ cm.

$A = \P(4)^2/4 - \P(1)^2/4$

$A = 12.5664 - 0.7853$

$A = 11.7811\ cm^2$

2. ค่าต้านแรงกดในแนวนอน คำนวณได้จากสมการ(8) เช่นกัน และสามารถคำนวณพื้นที่ผิวทรงกระบอก จากสูตร $2\P r \times L$ (9)

ตัวอย่างการคำนวณ

อัตราส่วนแท่งเชื้อเพลิงกากไขมันเปียกผสมขี้เลื่อย 90:10

แรงกดอัดในแนวตั้ง = 286.4 kg / 11.78 cm^2

= 24.31 kg / cm^2

∴ ค่าต้านแรงกดในแนวตั้งเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 24.3101 kg/cm^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกดอัดในแนวนอน หาได้จาก

เส้นผ่านศูนย์กลาง = 4 cm ; r = 2 cm ; L = 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง = 8 cm

ดังนั้น พื้นที่ผิวทรงกระบอก = $2\times\P\times2\ cm\times8\ cm = 100.53\ cm^2$

แรงกดอัดในแนวนอน = $586.8\ kg / 100.53\ cm^2$

$= 0.29\ kg/\ cm^2$

$\therefore$ ค่าการต้านแรงกดในแนวนอนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $0.29\ kg/cm^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้