การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมัน กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

THE STUDY OF MIXTURED RATIO OF FUEL FROM FAT DREGS, RESIDUE OF FAT DREGS AND AGRICULTURAL WASTE

สำรวม โกศลานันท์
SUMROUM KOSALANUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมัน กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

สำรวม โกศลานันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

THE STUDY OF MIXTURED RATIO OF FUEL FROM FAT DREGS, RESIDUE OF FAT DREGS AND AGRICULTURAL WASTE

SUMROUM KOSALANUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้า และวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และข้อความต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสำรวม โกศลานันท์

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร THE STUDY OF MIXTURED RATIO OF FUEL FROM FAT DREGS, RESIDUE OF FAT DREGS AND AGRICULTURAL WASTE
ชื่อนักศึกษา	นายสำรวม โกศลานันท์
รหัสประจำตัว	115070403010 - 7
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. พิพัฒน์ ปราโมทย์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	30 มิถุนายน 2553
สถานที่สอบ	ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร. มนูศักดิ์ จานทอง)

..... กรรมการ
(ดร. ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐกานต์ นิตยพัธน์)

..... กรรมการและเลขานุการ
(ดร. พิพัฒน์ ปราโมทย์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
นักศึกษา	นายสำรวม โกศลานันท์
รหัสประจำตัว	115070403010 - 7
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. พิพัฒน์ ปราโมทย์

บทคัดย่อ

กากไขมันจากบ่อบำบัดน้ำเสีย และกากของกากไขมันซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากการสกัดเอาไขมันและน้ำมันออกจากกากไขมันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ เป็นของเสียที่ต้องนำไปกำจัดอย่างถูกวิธีเพื่อมิให้ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการกำจัด งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำของเสียทั้ง 2 ชนิด ไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในโรงงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้นำไปศึกษาในแง่ของพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาของผสม เมื่อทำการแปรผันปริมาณกากไขมัน และกากของกากไขมันตั้งแต่ 25% ถึง 75% ผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด ซึ่งทำการบดละเอียดก่อนนำไปผสม

ผลการศึกษาพบว่ากากไขมันให้พลังงานความร้อน 13.706 ± 0.442 kJ/g ซึ่งต่ำกว่าขี้เลื่อยและซังข้าวโพด ซึ่งให้พลังงานความร้อนสูงกว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอื่นๆ คือ 13.929 ± 0.096 kJ/g และ 14.041 ± 0.289 kJ/g ตามลำดับ แต่แกลบเป็นวัสดุให้พลังงานความร้อนต่ำสุด คือ 11.533 ± 0.728 kJ/g ส่วนกากของกากไขมันให้พลังงานความร้อนต่ำสุด เมื่อเทียบกับวัสดุทดสอบทั้งหมด คือ 11.311 ± 0.696 kJ/g ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแปรผันตรงกับปริมาณกากไขมัน ส่วนค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุขี้เลื่อยและซังข้าวโพดแปรผกผันกับปริมาณกากของกากไขมัน ของผสมที่มีปริมาณกากไขมันและกากของกากไขมันตั้งแต่ 50% ขึ้นไปเริ่มมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวไม่รวมตัวเป็นก้อน

ผลการทดลองจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าของผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากไขมัน มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปศึกษาและพัฒนาผลิตเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

คำสำคัญ : กากไขมัน กากของกากไขมัน แกลบ ขี้เลื่อย เหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด

Thesis Title :	THE STUDY OF MIXTURED RATIO OF FUEL FROM FAT DREGS, RESIDUE OF FAT DREGS AND AGRICULTURAL WASTE
Student Name :	Mr. Sumroum Kosalanun
Student ID :	115070403010 - 7
Degree Award :	Master of Engineering
Study Program :	Mechanical Engineering
Academics Year :	2010
Thesis Advisor :	Dr. Pipat Pramot

ABSTRACT

Fat dregs from wastewater sumps and the residue of fat dregs, which is left after the extraction of lipids from fat dregs are required to be treated properly to prevent environmental pollution and appropriate treatment costs money. This research aimed to investigate the potential of the utilization of the above wastes as fuels for combustion in factories by mixing them with agricultural wastes. This work studied the heat of combustion of the mixtures when the quantities of fat dregs and residue of fat dregs were varied between 25-75%. Grinded agricultural wastes used in this study were rich husks, sawdust, cassava rhizomes, and corn cobs.

It was found that the heat of combustion of fat dregs was 13.706 ± 0.442 kJ/g which was lower than saw dust and corncobs. Saw dust and corncobs had the heat of combustion of 13.929 ± 0.096 kJ/g and 14.041 ± 0.289 kJ/g, respectively, which were higher than those of other agricultural wastes while that of rice husks was the lowest i.e. 11.533 ± 0.728 kJ/g. The heat of combustions were of the mixtures of fat dregs correlated with the quantity of fat dregs. Meanwhile, the heat of combustions of the mixtures of the residue of fat dregs and sawdust, and corncobs were correlated reversely with the quantity of the residue of fat dregs. The mixtures containing 50% of fat dregs or residue of fat dregs and above were semi-solid therefore further processes might be needed for convenient utilization as combustible fuel.

The results of this work showed that the mixture of corn cobs and fat dregs was most suitable for further studies and development of combustible fuel.

keyword : fat dregs, residue of fat dregs, rice husks, saw dust, cassava roots and corn cobs

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพศาล เหลืองตระกูล และผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณ์ คงสาคร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และอาจารย์สุทธิมา วันเพ็ง กลุ่มวิชาภาษาอังกฤษ สาขาวิชาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เป็นกำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด ซึ่งอาจารย์บางท่านในอดีตนั้นเคยสอนผู้วิจัยมา เมื่อครั้งที่ศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างยนต์ วิทยาเขตพระนครเหนือ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในการสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยนี้

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณผู้ที่มีพระคุณสูงสุด คือ บุพการีอันเป็นที่เคารพรักซึ่งได้ให้ชีวิต แนวทาง ความคิดริเริ่ม และการเรียนรู้ รวมถึงกำลังใจให้ผู้วิจัยฟันฝ่าอุปสรรคต่างๆ มาได้ทุกวันนี้ ตลอดจนเป็นตัวอย่างของอาชีพได้อย่างถ่องแท้ เป็นบุคคลที่ผู้วิจัยรักเคารพและศรัทธาเสมอมา หากงานวิจัยนี้ จะมีประโยชน์ใดอันทรงคุณค่าทางการศึกษา ขอผลบุญกุศลทั้งหลาย จงส่งผลแด่ท่าน ครูบาอาจารย์ และบุพการีของผู้วิจัยที่ทำให้ผู้วิจัยในวันนี้ และหากมีส่วนหนึ่งส่วนใดผิดพลาดประการใดในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ และขออภัยมา ณ ที่นี้

สำรวม โกศลานันท์

30 มิถุนายน 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา	3
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	4
2.2 ค่าความร้อน	6
2.3 ค่าความร้อนจำเพาะ	8
2.4 กระบวนการสันดาป	12
2.5 บทปริทัศน์วรรณกรรม	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	16
3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	16
3.3 กรรมวิธีในการผสมกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	17
3.4 การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	19
4.1 ลักษณะทางกายภาพของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง (ต่อ)	19
4.2 ค่าความร้อนจากวัสดุต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสม	19
4.3 ค่าความร้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	21
4.4 ค่าความร้อนจากของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	21
บทที่ 5 การวิจารณ์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง	22
5.1 การวิจารณ์ผลการทดลอง	22
5.2 สรุปผลการทดลอง	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	26
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง	
ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่	
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและปริมาณความร้อน (kJ/kg)	4
2.2 คุณสมบัติของของแข็งและของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C	9
2.3 คุณสมบัติของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C	10
4.1 ค่าความร้อนเฉลี่ย (kJ/g) ของวัสดุต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของของผสม	19
4.2 ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	20
4.3 ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	20

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบภายในของบอมบ์แคลอริมิเตอร์	8
2.2 การให้ความร้อนกับวัสดุตัวกลางภายใต้ความดันคงที่และปริมาตรคงที่	9
2.3 ความสัมพันธ์ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิของน้ำ	11
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/(kg K)	12
3.1 บอมบ์แคลอริมิเตอร์	18
3.2 ขั้นตอนการใช้ลวดผูกปลายทั้ง 2 ข้าง	18

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AF_{theo}	อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎี
a	เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้
b	เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60 % ของอุณหภูมิทั้งหมด
c	เวลาที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด - ต่ำสุด)
c	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ
C_1	ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก
C_2	ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริก
C_3	ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า
c_p	ความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
c_v	ความจุความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่
m	มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์
Q	ปริมาณความร้อน
T_a	อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้
T_c	อุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุด
ΔT	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง
r_1	อัตราอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้
r_2	อัตราอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังจุดบอมบ์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสภาวะสังคมเมืองที่วุ่นวายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหลวงใหญ่ๆ ประกอบกับการจราจรที่ติดขัดทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ต่างเร่งรีบในการดำรงชีวิต ในเรื่องของการเดินทาง การประกอบอาชีพ การแสวงหาอาหารเพื่อการดำรงชีพ จะเห็นได้ว่าตามศูนย์การค้าหลายแห่ง จะแน่นขนัดไปด้วยผู้คนที่ต่างก็มาหาอาหารรับประทานมากกว่าการทำอาหารทานเองที่บ้าน เพราะความสะดวกรวดเร็ว ความหลากหลายของอาหาร โดยทั่วไปแล้ว ศูนย์การค้าเหล่านี้จะมีระบบรวบรวมน้ำเสียเพื่อนำไปทำการบำบัด โดยมีบ่อพักน้ำเสีย ในบริเวณต่างๆ ของศูนย์การค้าก่อนที่จะส่งต่อน้ำเสียเหล่านี้ไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียที่บริเวณบ่อพักต่างๆ จะพบไขมันที่ปะปนมากับน้ำเสียลอยตัวสะสมอยู่บนผิวน้ำเป็นชั้นหนาบ้าง บางบ้าง ขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันและน้ำมันที่มีอยู่ในน้ำเสีย ไขมันและน้ำมันเหล่านี้มาจากการประกอบอาหาร โดยศูนย์อาหารและร้านอาหารต่างๆ ที่อยู่ในศูนย์การค้า ชั้นไขมันเหล่านี้ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “กากไขมัน” เป็นของเสียที่ต้องนำไปบำบัดอย่างถูกวิธี เพื่อป้องกันการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม วิธีการบำบัดที่ง่ายวิธีหนึ่งและเป็นที่นิยม คือ การฝังกลบ โดยค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างผู้ประกอบการให้นำไขมันเหล่านี้ไปฝังกลบมีราคาประมาณ 1,000 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นราคาที่ยังไม่รวมค่าขนส่ง ดังนั้นหากมีการนำกากไขมันเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการกำจัดกากไขมัน และยังช่วยลดมลพิษที่อาจเกิดขึ้นจากการกำจัดกากไขมันที่ไม่ถูกต้องอีกด้วย

กากไขมันดังกล่าวประกอบด้วยไขมันและน้ำมันที่เน่าเสีย มีกลิ่นเหม็น อย่างไรก็ตามไขมันและน้ำมันเหล่านี้ให้พลังงานความร้อนได้ ดังนั้นหากนำไปผสมกับวัสดุอื่น เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเพิ่มมวลและปริมาณของแข็ง อาจทำให้ได้ของผสมในลักษณะของแข็งที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

การผลิตไบโอดีเซลจากไขมันสกัดจากกากไขมันดังกล่าวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ อย่างไรก็ตาม การสกัดกากไขมันนี้จะมีส่วนของแข็งที่เหลือจากการสกัดในที่นี้จะเรียกว่า “กากของกากไขมัน” ซึ่งต้องนำไปกำจัดเช่นเดียวกับกากไขมันดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุทางการเกษตร และของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ทำให้สามารถประเมินศักยภาพในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงผสม ระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในอัตราส่วนต่างๆ

1.2.2 ศึกษาพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงผสม ระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในอัตราส่วนต่างๆ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ไขมันจากพืชและสัตว์มีความสามารถในการจุดติดไฟได้ น้ำมันพืชโดยทั่วไปให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 35,000 kJ/kg ไขมันและน้ำมันจากสัตว์ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 37,000 kJ/kg ส่วนน้ำมันเตา (Burner fuel oil no.2) ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 45,000 kJ/kg เห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย หากนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจะช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนได้ นอกจากนี้วัสดุเหล่านี้ ยังมีส่วนช่วยทำให้ไขมันเหล่านี้จับตัวได้ด้วย มีความสะดวกในการขนส่ง และการอุปโภคตามครัวเรือน

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีจำนวนค่อนข้างมากหลายชนิด ในการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาผสมกับกากไขมันและกากของกากไขมันในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง

งานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเชื้อเพลิงจากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และจากของผสมระหว่างกากของกากไขมันที่เหลือจากการสกัดไขมันจากกากไขมันเพื่อการผลิตไบโอดีเซลกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ในแง่ของพลังงานความร้อนและลักษณะทางกายภาพของของผสมดังกล่าว

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่จะนำมาศึกษา ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง

1.4.2 อัตราส่วนโดยมวลระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่จะทำการศึกษา 75 : 25 , 50 : 50 และ 25 :75

1.4.3 อัตราส่วนโดยมวลระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่จะทำการศึกษา 75 : 25 , 50 : 50 และ 25 :75

1.4.4 กากไขมันที่นำมาทำการศึกษาได้มาจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร

1.4.5 กากของกากไขมันได้มาจากส่วนที่เหลือจากการสกัดไขมันและน้ำมันของกากไขมัน

1.4.6 ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าพลังงานความร้อนจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

1.4.7 ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าพลังงานความร้อนจากอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากของผสมระหว่างกากของกากไขมันจากส่วนที่เหลือจากการผลิตไบโอดีเซล กับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 การบดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้มีขนาดเล็กๆ หรือเป็นผง

1.5.2 การผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากไขมันในอัตราส่วนโดยมวล ซึ่งเป็นการผสมแบบแห้ง คือ อัตราส่วน 75 : 25 , 50 : 50 และ 25 :75

1.5.3 การผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากของกากไขมันในอัตราส่วนโดยมวล ซึ่งเป็นการผสมแบบแห้ง คือ อัตราส่วน 75 : 25 , 50 : 50 และ 25 :75

1.5.4 การทดสอบค่าความร้อนของเชื้อเพลิงด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

1.6 ข้อจำกัดของการศึกษา

1.6.1 ในการขึ้นรูปของเชื้อเพลิงจะต้องมีมวล 1 กรัม เพื่อสะดวกต่อการเผาไหม้ และให้ค่าความร้อนเที่ยงตรงมากที่สุด

1.6.2 ในการคิดค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิง จะคิดจากหลักการในการใช้น้ำเป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน เพื่อที่จะสอดคล้องกับคุณสมบัติของอุปกรณ์การทดลอง

1.6.3 กากไขมันและกากของกากไขมันที่ใช้ทดสอบมีน้ำปะปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถควบคุมปริมาณได้ ดังนั้นกากไขมันที่ใช้ในงานวิจัยจึงเป็นกากไขมันที่เป็นตัวอย่างเดียวกันตลอดการทดลอง ซึ่งทำการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันให้ได้มากที่สุด เช่นเดียวกันกับกากของกากไขมัน

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร
2. ค่าความร้อน
3. ค่าความร้อนจำเพาะ
4. กระบวนการสันดาป
5. บทปริทัศน์วรรณกรรม

2.1 คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี และสามารถให้พลังงานความร้อน

การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์เป็นการลดขยะทางการเกษตร ผลิตเชื้อเพลิงสำเร็จรูปพร้อมใช้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นโครงการนำร่องการผลิตสำหรับชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองในลักษณะเศรษฐกิจพอเพียง ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงในแง่การให้พลังงานและเป็นพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับประชาชนทั้งในเขตพื้นที่เมืองและชนบท

ตารางที่ 2.1 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและปริมาณความร้อน (kJ/kg)[7]

ชนิดวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	ปริมาณความร้อน (kJ/kg)
แกลบ	14,400
ขี้เลื่อย	10,880
ซังข้าวโพด	16,220
เหง้ามันสำปะหลัง	16,800

แกลบ คือ ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าวเป็นเปลือกของข้าวสาร เป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรีส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดข้าว ได้จากกระบวนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง โดยโรงสีสามารถนำแกลบมาใช้ประโยชน์ได้หลายลักษณะ

ขี้เลื่อย คือ แหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อยวัตถุดิบที่ใช้ผลิตถ่านอัดแท่งด้วยกรรมวิธีอัดร้อน ใช้ขี้เลื่อยคุณภาพดีเป็นวัตถุดิบ การที่เราพิจารณาเลือกขี้เลื่อยมาเป็นวัตถุดิบนั้น เนื่องจากเศษวัสดุขี้เลื่อยที่เราได้จากโรงเลื่อยไม้ หรือโรงงานเฟอร์นิเจอร์มีจำนวนมาก ประมาณเฉลี่ย 600 - 1000 ตันต่อเดือน ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงพอที่จะผลิตเป็นถ่านอัดแท่งป้อนเข้าสู่ตลาดจำหน่ายให้ลูกค้าได้ นอกจากนี้มีวัตถุดิบเพื่อใช้ผลิตถ่านอัดแท่งจากขี้เลื่อยตลอดทั้งปี หมดปัญหาเรื่องขาดแคลนวัตถุดิบในบางช่วงฤดูกาล อีกทั้งกรรมวิธีการผลิตหรือประสานเนื้อขี้เลื่อยให้จับตัวเป็นแท่งนั้นไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุอื่นๆ เป็นตัวช่วยประสาน แต่ใช้ความร้อนเพื่อทำให้เนื้อขี้เลื่อยละลายประสานกันเป็นแท่งฟืน ทำให้ถ่านที่ผลิตออกมาเป็นที่ต้องการของตลาดเนื่องจากมีคุณภาพดี ส่วนการขนส่ง ขี้เลื่อยในโรงเลื่อยของเป็นระบบปิดขนส่งโดยใช้ท่อลำเลียงขี้เลื่อย ทำให้ไม่มีเศษผงหรือวัสดุอื่นแปลกปลอมเข้ามากับขี้เลื่อย หมดปัญหาเกี่ยวกับวัตถุดิบคุณภาพต่ำ และขี้เลื่อยถูกเก็บไว้ในห้องเก็บขี้เลื่อยอย่างดี ไม่มีความชื้น ทำให้สินค้ามีคุณภาพ

ซังข้าวโพด คือ เปลือกข้าวโพด จัดอยู่ในพลังงานชีวมวล โดยซังข้าวโพดสามารถนำมาเผาไหม้โดยตรงในหม้อไอน้ำ และถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นให้แก่น้ำในหม้อไอน้ำจนกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำนี้จะถูกนำไปปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ได้กระแสไฟฟ้า นอกเหนือจากการผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวแล้ว ในบางโรงงานอุตสาหกรรมก็จะใช้ประโยชน์จากไอน้ำไปในขั้นตอนการผลิตของโรงงานด้วย นอกจากนี้ถ้านำซังข้าวโพดมาตากแห้งแล้วเผาและบดผสมกับตัวประสาน เช่น แป้งมันสำปะหลัง กากน้ำตาล ส่าเหล้า หรือน้ำข้าว เมื่อผสมแล้วใส่ลงในเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงเขียวซึ่งเป็นเครื่องอัดแบบสกรู ลักษณะคล้ายน็อตเกลียวตัวใหญ่ แล้วจึงนำถ่านอัดแท่งที่ได้ไปผึ่งแดดให้แห้ง จะได้ถ่านอัดแท่งนำไปใช้ทดแทนถ่านไม้ได้ ส่วนเปลือกของข้าวโพดสามารถนำมาหมักให้เกิดแก๊สชีวภาพ โดยใช้ระบบการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ซึ่งในกระบวนการนี้ แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน บางแห่งก็ใช้ก๊าซชีวภาพไปเผาในหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำไปปั่นไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงาน

เหง้ามันสำปะหลัง คือ ส่วนที่แข็งของต้นมันสำปะหลัง ทำให้เกษตรกรต้องตัดทิ้งเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลังดังกล่าวไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังได้ โดยปกติเกษตรกรจะตัดทิ้งไว้ในไร่และเผาทิ้ง แต่บางส่วนตัดไม่หมดคงปล่อยให้ติดมากับหัวมันสำปะหลังสด ทำให้เป็นภาระกับโรงงานผลิตแป้งที่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการตัดออก แม้แต่ผู้ประกอบการผลิตมันเส้น เมื่อรับหัวมันสดที่ติดเหง้ามาจะทำให้ได้ผลผลิตมันเส้นที่ไม่มีคุณภาพ มีเหง้าแห้งติดอยู่ ขายได้ราคาต่ำและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เพื่อลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวคิดในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาเผาแล้วอัดแท่งใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงแทนฟืนและถ่าน เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังแห้งพบว่า มีค่าความร้อนสูงถึง 14,654 -

16,990 kJ/kg[7] พอจะเทียบได้จากค่าความร้อนของไม้ฟืน หรือหากจะเทียบกับค่าความร้อนของน้ำมันเตาประมาณ 45,000 kJ/kg

2.2 ค่าความร้อน

ในการคำนวณพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ให้ค่าเป็นลบ ซึ่งไม่สะดวกแก่การใช้งาน จึงนิยมใช้เทอมค่าความร้อน (Heating Value หรือ Calorific Value) ซึ่งมีค่าเท่ากับความร้อนของการเผาไหม้ที่สภาวะมาตรฐานแต่มีค่าเป็นบวก สำหรับเชื้อเพลิงธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นถ่านหิน น้ำมัน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม หรือชีวมวลไม่ใช่สารประกอบบริสุทธิ์ ไม่สามารถคำนวณจากความร้อนของปฏิกิริยา หรือความร้อนของการเกิดมาตรฐานของสารหรือธาตุบริสุทธิ์ได้ จำเป็นต้องทำการทดลองในเครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่า บอมบ์แคลอริมิเตอร์ สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและของเหลว[5]

บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (รูปที่ 2.1) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น Btu/lb kcal/kg และ kJ/kg

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติการสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอนด์ เมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่อยู่ในสถานะของไอน้ำ ถ้าไอน้ำสามารถกลั่นตัวแล้วคายความร้อนแฝงออกมา ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูงสุด แต่ถ้าไอน้ำไม่กลั่นตัว ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจะเป็นค่าความร้อนต่ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนักให้ละเอียดมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ[13]

$$Q = mc\Delta T \tag{2.1}$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมิใช่ความร้อนที่ถูกต้อง เพราะตัวของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ยังสามารถดูดค่าความร้อนบางส่วนไว้ในตัวมันเอง และความร้อนบางส่วนก็สูญเสียไปให้กับบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำบางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ และยังกลั่นตัวไม่หมด ซึ่งไอน้ำดังกล่าวจะดูดความร้อนเอาไว้ นอกจากนั้นยังมีความร้อนบางส่วนที่มาจากขดลวดขณะจุดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของออกซิเจนซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงมาก และจะรวมตัวเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

จากเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบค่าความร้อนที่แท้จริงของเชื้อเพลิงจะปรับปรุงค่าความคลาดเคลื่อนดังต่อไปนี้

1. ต้องตรวจสอบค่าน้ำสมบูรณ์ของเครื่องทดสอบ

2. ให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าบรรยากาศโดยรอบประมาณครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้

3. ต้องหยดน้ำลงบนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้

4. หาปริมาตรความร้อนจากการเผาไหม้ของขดลวด แล้วนำไปลบออก

5. ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงทดสอบน้อย เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 2 - 3 ºC ทำให้ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีการผิดพลาดที่น้อยมาก

ดังนั้นการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ควรจะใช้สมการดังต่อไปนี้[13]

$$Q = mc\Delta T - C_1 - C_2 - C_3 \qquad (2.2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

C_1 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก

C_2 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริก

C_3 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า

แต่โดยทั่วไปค่า C_1 กับ C_2 จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 หากมีค่าน้อยมาก

ในทางปฏิบัติจริง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะคำนวณจะทำให้ค่า ΔT ที่ได้ไม่แน่นอน ΔT ดังสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ค่า ΔT มีค่าที่ถูกต้องจึงใช้สมการดังต่อไปนี้[13]

$$\Delta T = T_c - T_a - r_1(b-a) - r_2(c-b) \qquad (2.3)$$

เมื่อ a คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้

b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60 % ของอุณหภูมิสูงสุด

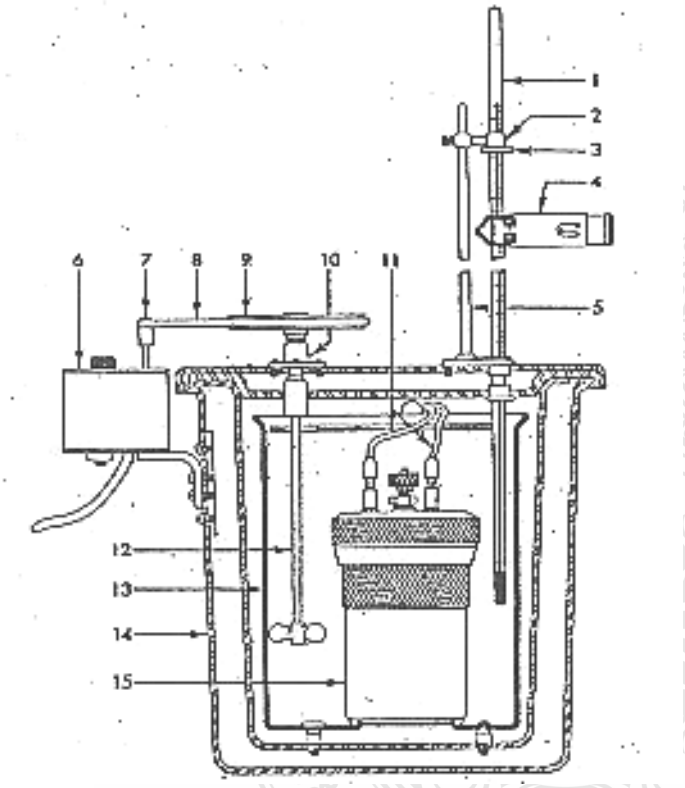
c คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด – ต่ำสุด)

T_a คือ อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้

T_c คือ อุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงสุด

r_1 คือ อัตราอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้

r_2 คือ อัตราอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังการเผาไหม้



1. เทอร์โมมิเตอร์ขนาด 19 - 35 °C
2. ตัวยึดเทอร์โมมิเตอร์
3. แผ่นรองตัวยึดเทอร์โมมิเตอร์
4. เลนส์อ่านเทอร์โมมิเตอร์
5. ก้านรองรับเทอร์โมมิเตอร์
6. มอเตอร์
7. มู่เลของมอเตอร์
8. สายพานขับใบพัดสำหรับกวน
9. มู่เลของใบพัด
10. แบริ่ง
11. ลวดสำหรับจุดไฟ
12. แกนใบพัด
13. ถังบรรจุน้ำรูปไข่
14. ถังภายนอกพร้อมฝา
15. ชุดออกซิเจนบอมบ์

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบภายในของบอมบ์แคลอริมิเตอร์

2.3 ค่าความร้อนจำเพาะ[8]

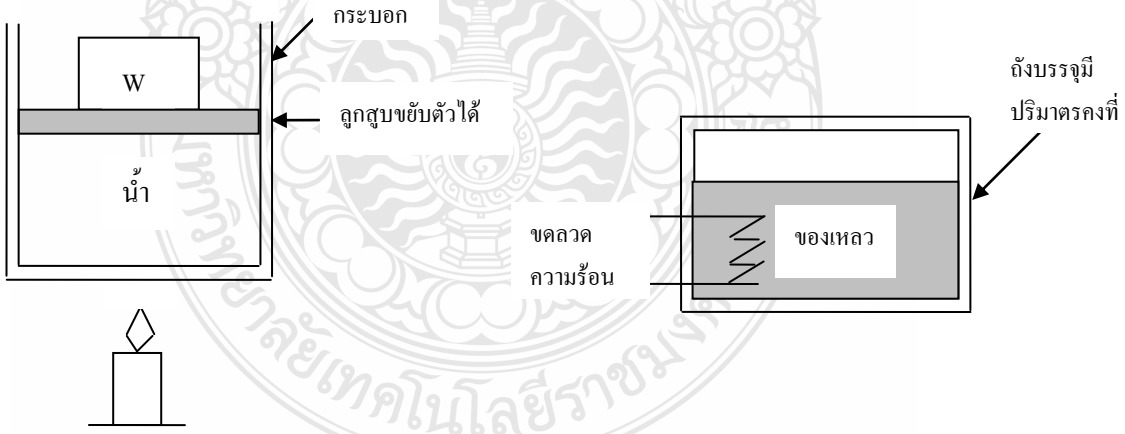
ที่ผ่านมา k ก็คือคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวกลางโดยการนำความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในทิศทางการไหลของความร้อนในตัวกลางนั้นๆ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในตัวกลางเป็นผลมาจากการสะสมพลังงานในรูปของความร้อนไว้ ซึ่งความร้อนที่สะสมไว้นี้ขึ้นอยู่กับความจุความร้อนจำเพาะของตัวกลาง ความจุความร้อนจำเพาะเป็นฟังก์ชัน

กับความดันและอุณหภูมิของตัวกลางนั้น โดยความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างๆ ที่ควรทราบพิจารณาจากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของของแข็งและของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C[8]

ของแข็ง	C_p, kJ/kg.K	ρ, kg/m^3	ของเหลว	C_p, kJ/kg.K	ρ, kg/m^3
อะลูมิเนียม	0.900	2700	แอมโมเนีย	4.800	602
ทองแดง	0.386	8900	เอทานอล	2.456	783
แกร์ไนต์	1.017	2700	ฟรีออน-12	0.977	1310
แกร์ไฟต์	0.711	2500	ปรอท	0.139	13560
เหล็ก	0.450	7840	เมทานอล	2.550	787
ตะกั่ว	0.128	11310	น้ำมันหล่อลื่น	1.800	910
ยางอ่อน	1.840	1100	น้ำ	4.184	997
เงิน	0.235	10470			
ดีบุก	0.217	5730			
ไม้มีความชื้น	1.760	350 - 700			

การคำนวณปริมาณความร้อนสะสมในวัสดุ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ความร้อนสัมพัทธ์) จัดแบ่งตามลักษณะการให้ความร้อน ดังรูปที่ 2.2



(ก) การให้ความร้อนที่ความดันคงที่ (ข) การให้ความร้อนที่ปริมาตรคงที่

รูปที่ 2.2 การให้ความร้อนกับวัสดุตัวกลางภายใต้ความดันคงที่และปริมาตรคงที่

ภายใต้การให้ความร้อนที่ปริมาตรคงที่ ใช้สมการ

$$Q = mc_v\Delta T \tag{2.4}$$

ภายใต้การให้ความร้อนที่ความดันคงที่ ใช้สมการ

$$Q = mc_p\Delta T \tag{2.5}$$

โดยที่ C_p และ C_v ก็คือความจุความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่และที่ปริมาตรคงที่ตามลำดับ

นิยามทั่วไปของความจุความร้อนจำเพาะ

อาศัยนิยามจากรูปแบบสมการ (2.4) และ (2.5) พบว่า ความจุความร้อนจำเพาะ (c) ของวัสดุหนึ่งๆ ก็คือ ปริมาณพลังงานความร้อนที่วัสดุใดวัสดุหนึ่ง มวล 1 kg สามารถรับเอาไว้หรือคายออกในขณะที่อุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 °C โดยความจุความร้อนจำเพาะของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C ที่ควรทราบพิจารณาจากตารางที่ 2.3 รูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4

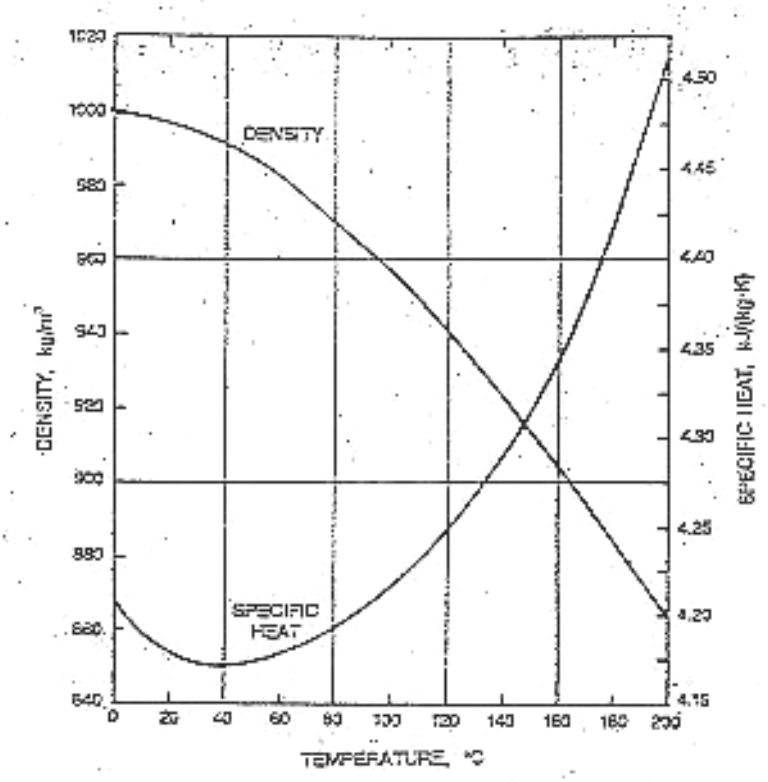
$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \tag{2.6}$$

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C[12]

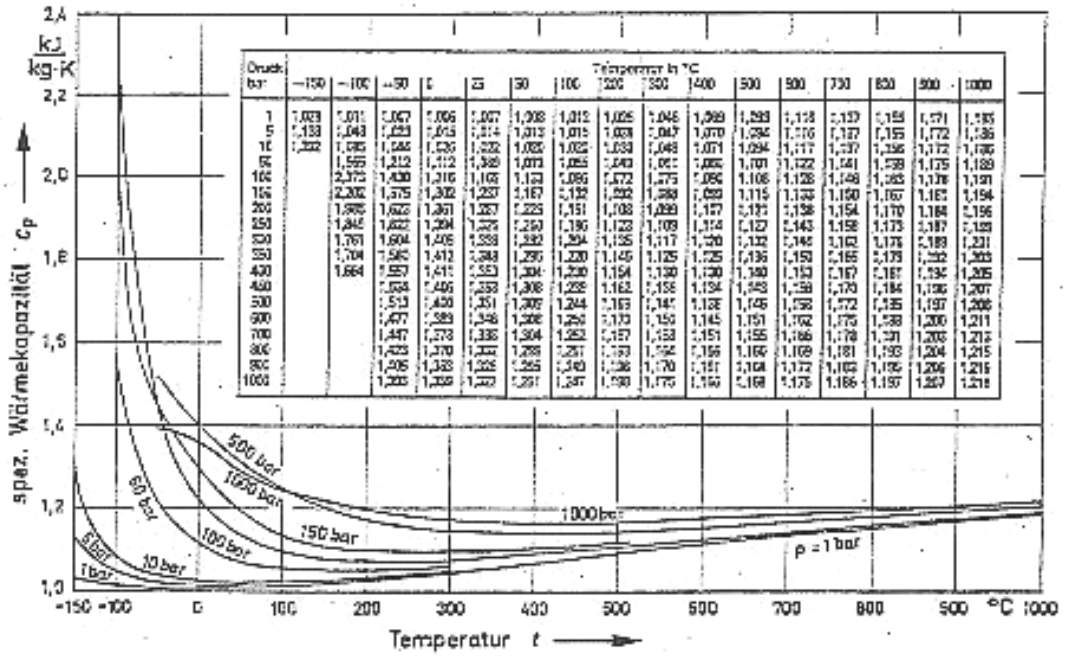
Substance	ρ kg/m^3	C_p kJ/kg-K	k W/m-K	$\alpha\times10^6$ m^2/s	$\mu\times10^3$ kg/s-m	$\nu\times10^6$ m^2/s	$\beta\times10^3$ 1/K	Pr
Ammonia	604	4.84	0.514	0.176	0.214	0.354	2.5	2.01
Benzene	879	1.72	0.141	0.093	0.6	0.682	-	7.32
Butane	556	2.469	0.118	0.086	0.164	0.295	1.6	3.43
CCL_4	1584	0.826	0.10	0.076	0.91	0.574	-	7.51
CO_2	680	2.9	0.081	0.041	0.071	0.104	14.0	2.54
Ethanol	783	2.546	0.168	0.087	1.04	1.33	1.08	15.2
Gasoline	750	2.08	0.116	0.074	0.52	0.693	-	9.32
Kerosine	815	2.0	0.116	0.071	1.5	1.84	-	24.3
Mercury	13580	0.139	8.54	4.52	1.52	0.112	0.181	0.025
Methanol	787	2.55	0.190	0.095	0.55	0.699	1.2	7.83

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของของเหลวชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิที่ 25 °C[12] (ต่อ)

Substance	ρ kg/m^3	C_p kJ/kg-K	k W/m-K	$\alpha \times 10^6$ m^2/s	$\mu \times 10^3$ kg/s-m	$\nu \times 10^6$ m^2/s	$\beta \times 10^3$ J/K	Pr
n-octane	692	2.23	0.128	0.083	0.508	0.734	1.04	8.85
Propane	510	2.54	0.095	0.073	0.091	0.178	5.3	2.43
R-12	1310	0.97	0.070	0.055	0.25	0.191	2.75	3.46
R-22	1190	1.255	0.088	0.059	0.20	0.168	3.25	2.85
R-134a	1206	1.43	0.081	0.047	0.20	0.166	3.1	3.53
Water	997	4.179	0.60	0.144	0.89	0.893	0.26	6.21



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ และอุณหภูมิของน้ำ[10]



รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความร้อนจำเพาะของน้ำ kJ/(kg K)[11]

2.4 กระบวนการสันดาป

2.4.1 อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิง (Air-fuel ratio, AF)

อัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงก็คือ อัตราส่วนระหว่างมวล (หรือจำนวนโมล) ของอากาศ ต่อมวล (จำนวนโมล) ของเชื้อเพลิงในระหว่างการเผาไหม้ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (AF_{theo}) และอัตราส่วนอากาศกับเชื้อเพลิงจริง (AF_{ac}) โดยที่ AF_{theo} คำนวณจาก

$$AF_{theo} = \frac{\text{จำนวนโมลของอากาศ}}{\text{จำนวนโมลของเชื้อเพลิง}}$$

ในส่วนที่ช่วยในการเผาไหม้ (ตัวออกซิไดซ์) ก็คือออกซิเจน ส่วนที่เหลือจัดอยู่ในกลุ่มของไนโตรเจน ก๊าซเฉื่อย และความชื้นในอากาศ เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบของส่วนที่เหลือนี้จะเป็นไนโตรเจนโดยส่วนใหญ่

2.4.2 การสันดาปของเชื้อเพลิง

การสันดาป คือ การเผาไหม้ หมายถึง การที่เชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดการลุกไหม้ ให้พลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไป องค์ประกอบที่จะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ คือ ความร้อน อาจเป็นความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นถึงจุดติดไฟของเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเผาไหม้โดยไม่ต้องใช้เปลวไฟจุด ถ้ามีออกซิเจนที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ก็จะเกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ ถ้าออกซิเจนมีน้อยหรือมากเกินไป การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ และอาจจะไม่เกิดการเผาไหม้ได้ ส่วนความดันจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อความรุนแรงในการเผาไหม้ ถ้ามีความดันสูง ก็จะเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรง เช่น การเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เป็นต้น

เชื้อเพลิงที่รวมตัวกับออกซิเจนมีอัตราส่วนที่พอเหมาะ จะเกิดการเผาไหม้ได้ต้องใช้ความร้อนเข้าไปช่วยในการให้เกิดการลุกในครั้งแรกเสียก่อน จึงจะเกิดการเผาไหม้แล้วได้ปริมาณความร้อนตามสภาพของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง[9]

การเผาไหม้เกิดขึ้นได้เนื่องจากเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมี ดังสมการต่อไปนี้

$C + O_2 \longrightarrow CO_2 +$ ความร้อน เป็นการเผาไหม้สมบูรณ์

ถ้าออกซิเจนน้อย

$2C + O_2 \longrightarrow 2CO +$ ความร้อน เป็นการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

จะเห็นว่า CO คือ คาร์บอนมอนอกไซด์มีสภาพเป็นก๊าซเชื้อเพลิงยังสามารถทำการเผาไหม้ได้อีก ดังนั้นถ้าจะให้การเผาไหม้ 2C สมบูรณ์ ก็จะต้องใช้ O_2 ถึงจำนวน $2O_2$ ดังสมการ

$2C + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2 +$ ความร้อน เป็นการเผาไหม้สมบูรณ์

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงอื่นๆ ก็มีหลักเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น โดยการนำอะตอมของธาตุนั้นๆ มาคำนวณจำนวนมวลอะตอมของธาตุที่ใช้ในการคำนวณหาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

$$C_xH_y + aO_2 \longrightarrow bH_2O + cCO_2$$

$$C_xH_yOOH + aO_2 \longrightarrow bH_2O + cCO_2$$

2.5 บทปริทัศน์วรรณกรรม

จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ และคณะ : ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสมรรถนะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง[1] ที่ได้จากชีวมวลผสม 2 คู่ เป็นการผลิตเชื้อเพลิงแท่งจากชีวมวลผสม 2 คู่ คือ แกลบ-ผักตบชวา และชานอ้อย - ฟางข้าว โดยนำชีวมวล 4 ชนิด ไปตากแดด แล้วตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นชีวมวลแต่ละคู่ไปผสมกันที่อัตราส่วน แกลบ : ผักตบชวา และ ชานอ้อย : ฟางข้าว เป็น 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40 และ 80 : 20 (โดยมวล) ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน แล้วนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้าขบวนการอัดแท่ง และอบแห้งที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 24 hr จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่งที่ได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมรรถนะในการเผาไหม้ จากผลการทดลอง พบว่า ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงที่ได้อยู่ในช่วง 185-223 kg/m^3 ผลการทดสอบการเผาไหม้ พบว่าชีวมวลผสมระหว่าง แกลบ : ผักตบชวา ที่อัตราส่วนผสม 60 : 40 ให้อุณหภูมิก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้สูงที่สุด สำหรับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วง 1-15 ppm

ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และคณะ : ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน[2] โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน วัตถุประสงค์ คือ ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากผงถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในสัดส่วน ถ่านไม้ยางพารา : แป้งเปียก เป็น 8 : 100 10 : 100 และ 12 : 100 ศึกษาการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิง ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมแป้งเปียกยังทำให้ความหนาแน่นการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง และพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าความร้อนและอัตราการผลิตจะลดลงตามปริมาณสัดส่วนของแป้งเปียก โดยจากการทดลองพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm มีค่าในช่วง 6 - 7.7 kg/min และการต้านทานแรงกดสูงสุดที่ 1.35 MPa ซึ่งมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ ส่วนพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดมีค่าน้อยมากในทุกสัดส่วน ปัจจุบันสภาพการใช้พลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องทุกปี โดยเฉพาะการใช้พลังงานปฐมภูมิ (Primary energy) หรือพลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกน้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซล ซึ่งมีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ต้องหาแหล่งเชื้อเพลิงอื่นๆ ที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนเชื้อเพลิงพวกน้ำมัน

ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และคณะ : ศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบกับถ่านหินบิทูมินัสในเตาเผาไหม้วอร์เทคฟอิไดซ์เบด[3] โดยทำการศึกษาอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมระหว่างเชื้อเพลิงแกลบและถ่านหินบิทูมินัส โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_c) ค่าภาระความร้อน ($MW_{th}m^{-3}$) รวมถึงองค์ประกอบก๊าซไอเสีย จากการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงแกลบสามารถเผาไหม้ร่วมกับถ่านบิทูมินัส ซึ่งปริมาณสัดส่วนการผสมถ่านบิทูมินัสไม่ค่อยส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ โดยในทุกเงื่อนไขการทดลอง η_c จะมีค่า

มากกว่า 99 % ซึ่งจะสอดคล้องกับอุณหภูมิภายในเบดและค่าภาระความร้อน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1015 - 1030 °C และ 0.76 - 0.80 $MW_{th}m^{-3}$ ขึ้นอยู่กับปริมาณสัดส่วนการผสมของถ่านหินบิทูมินัส การเผาไหม้ภายใน VFBC สามารถบอกพฤติกรรมการเผาไหม้แบบวอร์เทค และแบบฟลูอิไดซ์ได้จากการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาไหม้ ส่วนปริมาณก๊าซไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้มีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกเงื่อนไขการทดลอง โดยปริมาณก๊าซ CO และก๊าซ NO_x ที่วัดที่ท่อทางออก เมื่อคิดเทียบที่ 6 % ของ O_2 มีค่าอยู่ในช่วง 20 - 60 ppm และ 372 - 439 ppm ตามลำดับ

ฐานิตย์ เมธิยานนท์ และคณะ : ศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบกับถ่านหินบิทูมินัส ในเตาเผาไหม้ฟลูอิไดซ์เบดแบบห้องเผาไหม้สั้น[4] วัตถุประสงค์ คือ ศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับถ่านหินบิทูมินัสในเตาเผาไหม้ฟลูไดซ์ไดซ์เบดแบบห้องเผาไหม้สั้น ซึ่งมีขนาดพิกัด 250 kW โดยศึกษาถึงสมรรถนะของเตาเผาไหม้ เมื่อทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงผสม ซึ่งสัดส่วนของเชื้อเพลิงแกลบและถ่านหินบิทูมินัสที่ศึกษา คือ 70 : 30 80 : 20 และ 100 : 0 (สัดส่วนโดยความร้อน) ผลการทดลองพบว่าสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ระหว่าง 98.8 - 99.5 % และสามารถทำภาระความร้อนสูงสุดได้ 0.77 MW/m^3 ทั้งนี้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบร่วมกับถ่านหินบิทูมินัสที่สัดส่วน 70 : 30 และ 80 : 20 จะปรากฏการเกาะตัวของก้อนอนุภาคเถ้าเชื้อเพลิงบนแผ่นกระจายอากาศ ซึ่งคาดว่าเกิดจากยางเหนียวที่มีอยู่ในถ่านหินบิทูมินัส สำหรับแก๊สมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เมื่อพิจารณาที่ระดับอ๊อกซิเจนส่วนเกินที่ 6 % มีดังนี้ คือ ปริมาณ CO มีค่าน้อยในช่วง 60-110 ppm และปริมาณ NO_x มีค่าระหว่าง 212-350 ppm

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 กากไขมันได้มาจากบ่อพักน้ำเสียในห้างสรรพสินค้าคาร์ฟูร์ ทำการตักแยกน้ำออกไปให้ได้มากที่สุดและแยกขยะชิ้นใหญ่ออกไปแล้วทำการปั่นส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 ºC สำหรับรอนำมาใช้ตลอดการทดลอง กากไขมันนี้มีปริมาณไขมัน 63.3%

3.1.2 กากของกากไขมัน เตรียมจากการนำกากไขมันมาสกัดไขมันด้วยวิธีความร้อนเปียก (121 ºC 15 นาที) นำของแข็งที่เหลือจากการแยกไขมันและน้ำมันออกไปแล้วมาใช้เป็นกากของกากไขมัน ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -20 ºC สำหรับรอนำมาใช้ตลอดการทดลอง

3.1.3 วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้ ได้แก่ แกลบ (ยังไม่เผา) ขี้เลื่อย(ไม้ยูคาลิปตัส) ซังข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง

3.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

หาปริมาณไขมันโดยวิธีกรวยแยก เริ่มจากเตรียมขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน โดยการนำขวดรูปชมพู่เข้าตู้อบอุณหภูมิ 105 ± 3 ºC เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีก 2 รอบ จนน้ำหนักมีผลต่างกัน ±1 มิลลิกรัม ต่อมาชั่งตัวอย่าง 5 กรัม บันทึกน้ำหนักลงในบีกเกอร์ เติมเอทธิลแอลกอฮอล์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิกรัม คนให้เข้ากันด้วยแท่งคน นำบีกเกอร์ไปตั้งไว้บนเครื่องอังน้ำ อุณหภูมิ 80 ºC เป็นเวลา 60 นาที ในตู้ดูดควัน แต่ในขณะอังต้องคนเป็นระยะ เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมเอทธิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิกรัม เทลงในกรวยแยก เติมไดเอทธิลอีเทอร์ 25 มิลลิกรัม ตามลงไปในกรวยแยก แล้วเขย่ากรวยแยกอย่างแรง ขณะเขย่าให้เปิดจุกกรวยแยกเป็นช่วงๆ ต่อมาเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร แล้วเขย่าอย่างแรง จากนั้นนำกรวยแยกตั้งไว้บนสามขาเพื่อให้สารแยกชั้น จากนั้นปล่อยสารที่ได้สุดท้ายซึ่งจะแยกชั้นอยู่ชั้นบนสุดของกรวย แยกลงในขวดรูปชมพู่ที่เตรียมไว้ โดยมีกระดาษกรองพร้อมเติมโซเดียมซัลเฟตเพื่อดูดน้ำ ทำซ้ำเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างอยู่ไปตั้งบนเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 100 ºC จนเหลือแต่น้ำมัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่เหลืออยู่ในขวดรูปชมพู่ บันทึกน้ำหนักที่ได้สุดท้าย

3.3 กรรมวิธีในการผสมกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

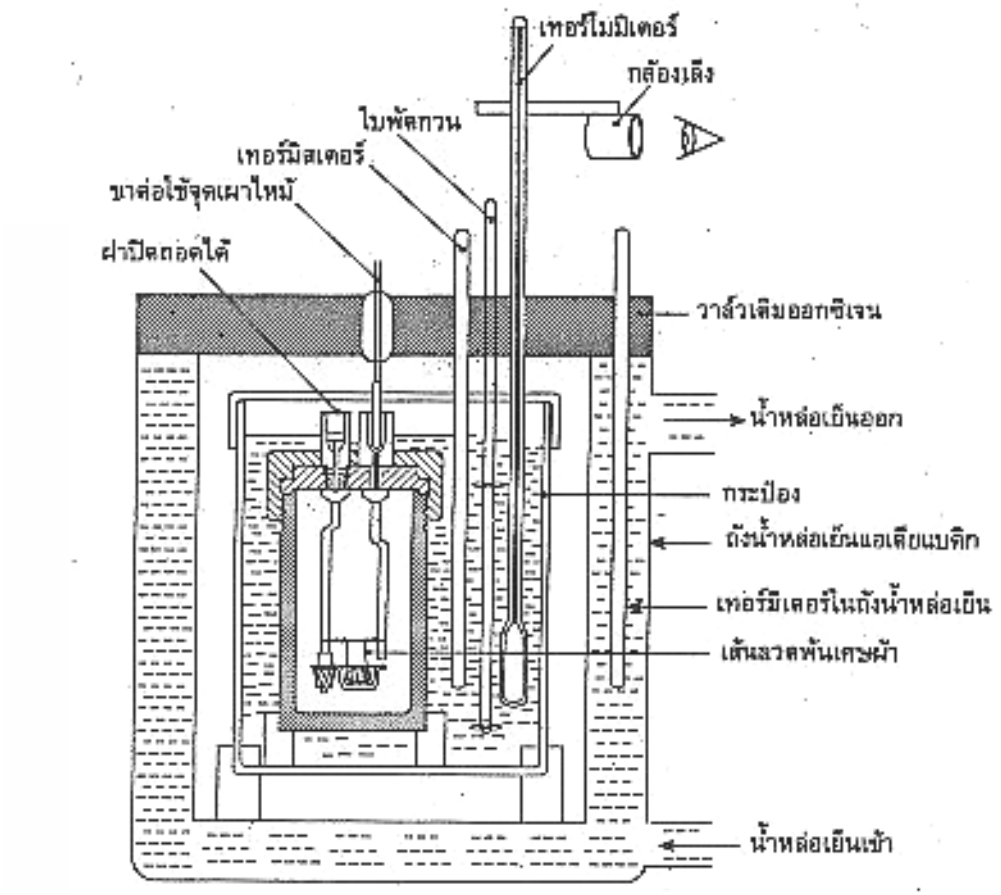
นำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาทำการบดย่อยให้วัสดุมีขนาดเล็กๆ หรือเป็นผง โดยใช้เครื่องบดย่อย ได้แก่ โม่ ครก-สาก หินบดยา และเครื่องบดย่อยแบบใช้กระแสไฟฟ้า

นำกากไขมันหรือกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร นำมาใส่ภาชนะแล้วชั่งน้ำหนักโดยมวลในอัตราส่วนผสมต่างๆ ทำการคลุกเคล้าส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากันโดยทั่ว แล้วนำไปชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิงที่ผสมแล้วให้มีน้ำหนัก 1 กรัม นำไปเข้าเครื่องอัดด้วยแรงกลให้เป็นเม็ดทรงกระบอกเตี้ยลักษณะคล้ายเม็ดยา

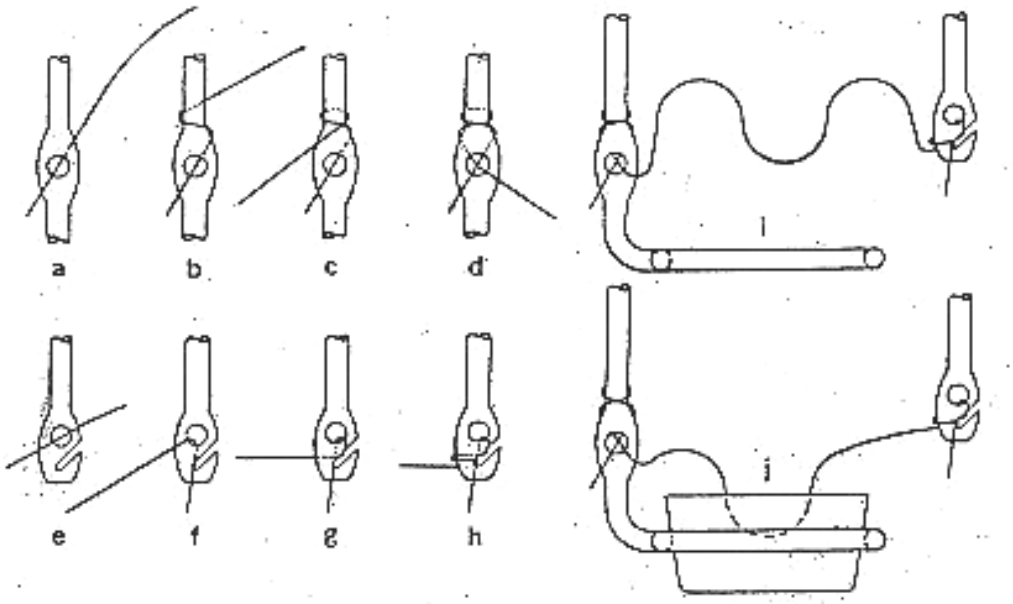
3.4 การทดสอบหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

ทำการทดสอบหาค่าความร้อนของของผสมอัดเม็ดระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่อัตราส่วนผสมของกากไขมันและกากของกากไขมัน 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ (รูปที่ 3.1) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

เติมน้ำ 2 กิโลกรัม ลงในกระป๋องของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ นำตัวอย่างทดสอบอัดเม็ดใส่ลงในถ้วยใส่ตัวอย่าง และนำไปใส่ในบอมบ์ นำลวดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ไปผูกไว้ที่ปลายทั้งสองข้างดังรูปที่ 3.2 เติมน้ำ 1 หยด ลงในบอมบ์ เพื่อดูดกลืนไอน้ำจากการสันดาป จากนั้นปิดฝาให้แน่นแล้วนำไปบรรจุออกซิเจนให้มีความดัน 23 บาร์ ใส่บอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์ ต่อสายไฟใส่เทอร์โมมิเตอร์ แล้วเดินเครื่องกวนน้ำ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ทำการบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วจุดระเบิด จากนั้นบันทึกอุณหภูมิทุก 10 วินาที จนกระทั่งอุณหภูมิเริ่มลดต่ำลงอย่างสม่ำเสมอ จึงทำการบันทึกอุณหภูมิทุก 1 นาที ต่อไปอีก 5 นาที วัดความยาวลวดที่เหลือจากการเผาไหม้ และคำนวณหาค่าความร้อน[6] ทำการทดลอง 3 ซ้ำ



รูปที่ 3.1 บอมบ์แคลอริมิเตอร์



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการใช้ลวดผูกปลายทั้ง 2 ข้าง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทางกายภาพของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ของผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบดละเอียดทุกชนิดที่ทดสอบกับกากไขมันและกากของกากไขมันที่มีปริมาณกากไขมันและกากของกากไขมัน 50% ขึ้นไปจะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่สามารถอัดรวมตัวเป็นก้อนได้ กล่าวคือเมื่อปริมาณกากไขมันและกากของกากไขมันเพิ่มขึ้นของผสมที่ได้จะลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวเพิ่มขึ้น

4.2 ค่าความร้อนจากวัสดุต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสม

จากการตรวจวิเคราะห์ค่าความร้อนของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ใช้ทดสอบทั้งหมดพบว่าซังข้าวโพดให้ค่าความร้อนสูงกว่าวัสดุชนิดอื่น ส่วนกากไขมันที่ใช้นั้นมีค่าความร้อนต่ำกว่าซังข้าวโพด และขี้เลื่อยเล็กน้อย ในขณะที่กากของกากไขมันให้ค่าความร้อนต่ำสุดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแกลบ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ค่าความร้อนเฉลี่ย (kJ/g) ของวัสดุต่างๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมของของผสม

วัสดุ	ค่าความร้อนเฉลี่ย (kJ/g) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กากไขมัน	13.706 ± 0.442
กากของกากไขมัน	11.311 ± 0.696
แกลบ	11.533 ± 0.728
ขี้เลื่อย	13.929 ± 0.096
เหง้ามันสำปะหลัง	12.369 ± 0.167
ซังข้าวโพด	**14.041** ± 0.289

ตารางที่ 4.2 ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ปริมาณกากไขมัน (%)	ค่าความร้อนเฉลี่ยของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (kJ/g) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	แกลบ	ขี้เลื่อย	เหง้ามันสำปะหลัง	ซังข้าวโพด
25	14.096 ± 0.193	15.322 ± 0.442	13.873 ± 0.334	14.319 ± 0.511
50	14.821 ± 0.511	15.489 ± 0.255	14.263 ± 0.255	14.654 ± 0.097
75	**15.099** ± 0.255	**15.712** ± 0.501	**14.821** ± 0.193	**16.381** ± 0.289
100	13.706 ± 0.442			

ตารางที่ 4.3 ค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ปริมาณกากของกากไขมัน (%)	ค่าความร้อนเฉลี่ยของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (kJ/g) ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	แกลบ	ขี้เลื่อย	เหง้ามันสำปะหลัง	ซังข้าวโพด
25	11.199 ± 1.016	13.567 ± 0.460	10.921 ± 0.255	**14.319** ± 0.421
50	11.979 ± 0.696	**13.873** ± 1.205	11.534 ± 1.170	13.094 ± 0.256
75	**12.425** ± 1.683	11.589 ± 0.348	**12.815** ± 1.864	12.039 ± 1.457
100	11.311 ± 0.696			

4.3 ค่าความร้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การผสมกากไขมันเข้ากับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทุกชนิดทำให้ค่าความร้อนของของผสมสูงขึ้นโดยค่าความร้อนของของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทุกชนิดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อปริมาณกากไขมันเพิ่มขึ้นหรืออาจกล่าวได้ว่าค่าความร้อนของของผสมแปรผันตรงกับปริมาณกากไขมัน (ตารางที่ 4.2) โดยพบว่าของผสมที่มีค่าความร้อนสูงสุด คือ กากไขมันผสมกับซังข้าวโพดที่ประกอบไปด้วยกากไขมัน 75% ซึ่งมีค่าความร้อน 16.381 ± 0.289 kJ/g กากไขมันทำให้ค่าความร้อนของของผสมกับแกลบเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับขี้เลื่อยที่ผสมกับกากไขมันในปริมาณที่เท่ากัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณกากไขมัน 75% ในขณะที่ค่าความร้อนของแกลบนั้นต่ำกว่าขี้เลื่อยอย่างเห็นได้ชัดเมื่อยังไม่ผสมกับกากไขมัน (ตารางที่ 4.1) และเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนจากขี้เลื่อย และซังข้าวโพดดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าวัสดุทั้งสองให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน แต่เมื่อผสมกากไขมันเข้าไปในอัตราส่วนที่เท่ากัน (กากไขมัน 50%) ทำให้ของผสมจากซังข้าวโพดให้ค่าความร้อนสูงกว่าขี้เลื่อยเล็กน้อย ทำให้ซังข้าวโพดที่ผสมกากไขมันในปริมาณ 75 % มีค่าความร้อนสูงสุด คือ 16.381 ± 0.289 kJ/g

4.4 ค่าความร้อนจากของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

เนื่องจากค่าความร้อนจากกากของกากไขมันมีค่าน้อยกว่ากากไขมัน และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทุกชนิด (ตารางที่ 4.1) ดังนั้นเมื่อนำกากของกากไขมันมาผสมกับวัสดุดังกล่าว จึงส่งผลให้ค่าความร้อนของของผสมไม่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกับวัสดุที่มีค่าความร้อนใกล้เคียงกัน เช่น แกลบไม่ว่าจะผสมในอัตราส่วนใด และสังเกตพบการลดลงของค่าความร้อน เมื่อปริมาณกากของกากไขมันเพิ่มขึ้น หรือค่าความร้อนแปรผกผันกับปริมาณกากของกากไขมันในของผสมที่ประกอบด้วยขี้เลื่อย และซังข้าวโพด ซึ่งจะให้ค่าความร้อนสูงกว่ากากของกากไขมัน (ตารางที่ 4.3)

บทที่ 5
การวิจารณ์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

5.1 การวิจารณ์ผลการทดลอง

โดยทั่วไปแล้ววัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นแกลบ ขี้เลื่อย เหง้ามันสำปะหลัง หรือซังข้าวโพด สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาได้ แต่พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาวัสดุเหล่านี้มีค่าไม่สูงนัก เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของวัสดุเหล่านี้กับน้ำมันเตา ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปพบว่าน้ำมันเตาให้พลังงานความร้อนมากกว่าถึงประมาณ 4 เท่า ดังนั้นการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ในลักษณะเดียวกับน้ำมันเตา จึงต้องใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรนี้ในปริมาณ (มวล) ที่สูงขึ้น 4 เท่า ซึ่งในสภาวะที่น้ำมันราคาสูง การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้มาทดแทน อาจสามารถช่วยลดต้นทุนในส่วนของพลังงานได้

เมื่อพิจารณาค่าความร้อนจากกากไขมัน ซึ่งมีทั้งไขมันและน้ำมันจากพืชและสัตว์ปะปนอยู่ พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าความร้อนจากไขมันและน้ำมันจากพืชและสัตว์ โดยทั่วไปถึงเกือบ 3 เท่า ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณไขมันในกากไขมันซึ่งมีเพียง 60% อีกทั้งไขมันในกากไขมันเหล่านี้ได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยธรรมชาติในขณะที่อยู่ในบ่อพักน้ำเสีย ทำให้ขนาดโมเลกุลของไขมันเล็กลง ซึ่งอาจส่งผลต่อค่าพลังงานความร้อนได้

อย่างไรก็ตามแม้ความร้อนจากกากไขมันจะต่ำกว่าน้ำมันพืชและสัตว์ การผสมกากไขมันซึ่งให้พลังงานความร้อนสูงกว่าเข้ากับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอันได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย เหง้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด ซึ่งให้พลังงานความร้อนต่ำกว่า ทำให้ของผสมดังกล่าวมีค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิด โดยค่าพลังงานความร้อนของของผสมจะแปรผันตรงกับปริมาณกากไขมัน ดังนั้นของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงมีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

การนำของผสมดังกล่าวมาใช้เป็นเชื้อเพลิงย่อมต้องการค่าพลังงานความร้อนที่สูงที่สุด จึงจะเป็นเชื้อเพลิงที่ดี อย่างไรก็ตามเมื่อของผสมมีปริมาณกากไขมันสูงถึง 50% พบว่าของผสมจะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่จับตัวเป็นก้อน ซึ่งลักษณะทางกายภาพนี้ทำให้ไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิง แต่ก็ยังสามารถนำไปใช้ทั้งลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวได้เพื่อให้ปริมาณค่าความร้อนมากที่สุดและเป็นการกำจัดกากไขมันอย่างมีคุณค่าไปในตัว

กากของกากไขมันซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการสกัดไขมันออกไปจากกากไขมันมีค่าความร้อนต่ำกว่ากากไขมัน 18.5% และต่ำกว่าเล็กน้อยหรือใกล้เคียงกับค่าความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ส่งผลให้เมื่อนำมาผสมกันจะทำให้ค่าความร้อนของของผสมต่ำกว่าวัสดุเหลือทิ้งทาง

การเกษตร ในกรณีที่ค่าความร้อนของกากของกากไขมันมีค่าความร้อนต่ำกว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ขี้เลื่อย และซังข้าวโพด ส่วนในกรณีที่ค่าความร้อนของวัสดุผสมทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อผสมวัสดุทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความร้อนของของผสมมากนัก ดังนั้นควรใช้กากของกากไขมันมาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของกากไขมัน และช่วยลดปัญหาของสิ่งแวดล้อมด้วย

ลักษณะทางกายภาพของของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีลักษณะเช่นเดียวกับของผสมจากกากไขมัน ดังนั้นหากต้องการผลิตวัสดุเชื้อเพลิงจากกากของกากไขมันผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งให้พลังงานความร้อนในการเผาค่อนข้างต่ำ จึงควรเลือกใช้ซังข้าวโพดเป็นวัสดุผสม และใช้ปริมาณกากของกากไขมันไม่เกิน 25% ซึ่งของผสมในอัตราส่วนนี้จะมีลักษณะค่อนข้างแห้ง สามารถใช้แรงบีบอัดรวมตัวเป็นก้อนได้

5.2 สรุปผลการทดลอง

ของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้พลังงานความร้อนจากการเผาสูงกว่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งไม่มีการผสมกับกากไขมัน ดังนั้นของผสมดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาได้ โดยซังข้าวโพดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากเมื่อผสมกับกากไขมันในปริมาณที่สูงกว่า 50% แล้วจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ค่าพลังงานความร้อนจากการเผาแปรผันตรงกับปริมาณกากไขมันในของผสม อย่างไรก็ตามปริมาณกากไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของของผสมมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวและเหลวมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นปริมาณกากไขมันที่เหมาะสม สำหรับของผสมจึงขึ้นอยู่กับลักษณะปรากฏของของผสมที่ต้องการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการนำของผสมนี้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผา

ของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีค่าพลังงานความร้อนจากการเผาต่ำกว่าการใช้กากไขมันผสมประมาณ 3-4 kJ/g เมื่อเปรียบเทียบระหว่างของผสมที่มีปริมาณกากไขมันเท่ากับกากของกากไขมัน พลังงานความร้อนจากการเผาแปรผกผันกับปริมาณกากของกากไขมัน เมื่อผสมกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีค่าความร้อนสูงกว่าได้แก่ ขี้เลื่อยและซังข้าวโพด ส่วนเมื่อผสมกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีพลังงานความร้อนจากการเผาใกล้เคียงกับกากของกากไขมัน ของผสมจะมีค่าพลังงานความร้อนใกล้เคียงกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรแต่ละชนิดก่อนผสม ไม่ว่าจะแปรผันปริมาณกากของกากไขมันที่ใช้ในการทดลองเท่าใด ดังนั้นของผสมดังกล่าวจึงไม่เหมาะสมที่จะเป็นเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามในแง่ของการใช้ประโยชน์ของเหลือทิ้งซึ่งมีอยู่แล้ว การใช้ของผสมระหว่างกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง อาจช่วยลดต้นทุนในการกำจัดของเสียได้

เอกสารอ้างอิง

[1] จินดาพร จำรัสเลิศลักษณ์ ชัชวาล ภาโนมัย อรวรรณ เที่ยงกระโทก และทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์, "การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและสมรรถนะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จากชีวมวลผสม 2 คู่," **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย**, ครั้งที่ 2, 27 -29 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549. ENETT 49 – 137.

[2] ฐานิตย์ เมธิยานนท์ ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, "การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน," **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย**, ครั้งที่ 2, 27 -29 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549. ENETT 49 – 103.

[3] ฐานนิตย์ เมธิยานนท อาวุธ ลภิรัตนากูล และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, "การเผาไหม้เชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบกับถ่านหินบิทูมินัสในเตาเผาไหม้วอร์เทคฟอิไดซ์เบด," **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย**, ครั้งที่ 2, 27 -29 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549. ENETT 49 – 101.

[4] ฐานนิตย์ เมธิยานนท์ อาวุธ ลภิรัตนากูล และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, "การเผาไหม้เชื้อเพลิงผสมระหว่างแกลบกับถ่านหินบิทูมินัส ในเตาเผาไหม้ฟลูอิไดซ์เบดแบบห้องเผาไหม้สั้น," **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย**, ครั้งที่ 2, 27 -29 กรกฎาคม 2549, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2549. ENETT 49 – 100.

[5] กัญจนา บุณยเกียรติ, **เชื้อเพลิงและการเผาไหม้.** พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544. 368 หน้า.

[6] ประเสริฐ เทียนนิมิตร ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และปานเพชร ชินินทร, **เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น.** หจก.เม็ดทรายพริ้นติ้ง: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539. 395 หน้า.

[7] อาจณรงค์ คุปตะบุตร ศุภโชค กุศลส่ง ศศิธร สินบรรจงจิต และรังสรรค์ ทองสุทธิ์, **การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538. 89 หน้า.

[8] มนตรี พรุณเกษตร, **เทอร์โม – ความร้อนประยุกต์.** เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539. 372 หน้า.

[9] เสถียร สรรค์โสภณ, **เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น.** 304 หน้า.

[10] ASHRAE. **Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration**. SI ed. USA : The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993.

[11] Bohl, Willi., **Technische Stromungslehre**. Germany: Vogel Verlag und Druck Gmbh, 1971.

[12] Borgnakke, Claus. and Richard E. Sonntag. **Thermodynamic and Transport Properties**. USA : John Wiley & Sons, Inc. 1997.

[13] Parr. **Analytical methods for Oxygen bombs**. USA: Parr Instrument Company

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง

ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน.....

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง.....°C

อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง.....°C

น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์..... กรัม

ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้จริง.....เซนติเมตร

ตารางที่ ก-1 บันทึกผลการทดลอง

ก่อนการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)

จากตารางที่ ก-2 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากไขมัน 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเฉลี่ยเป็น 1.64 °C

จากตารางที่ ก-3 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบ จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าแกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 แกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และแกลบ 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-4 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อย จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อยกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และขี้เลื่อย 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-5 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลัง จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างเหง้ามันสำปะหลังกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลัง 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-6 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพด จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และซังข้าวโพด 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-7 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (100%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1

ขี้เลื่อยจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 กากไขมันจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 เหง้ามันสำปะหลังจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 4 และแกลบจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-8 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากไขมัน 25% จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 75%: 25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-9 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากไขมัน 50% จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-10 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากไขมัน 75% จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

ตารางที่ ก-2 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) กากไขมัน	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)

100 %	1.60	1.62	1.70	1.64

ตารางที่ ก-3 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบและกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) แกลบ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.44	1.28	1.42	1.38
75 %	1.70	1.66	1.70	1.68
50 %	1.72	1.76	1.84	1.77
25 %	1.78	1.84	1.80	**1.80**

ตารางที่ ก-4 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยและกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อย	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.68	1.66	1.66	1.66
75 %	1.78	1.86	1.88	1.84
50 %	1.88	1.82	1.86	1.85
25 %	1.82	1.94	1.88	**1.88**

ตารางที่ ก-5 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังและกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลัง	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.50	1.46	1.48	1.48
75 %	1.66	1.62	1.70	1.66
50 %	1.68	1.70	1.74	1.70
25 %	1.70	1.80	1.76	**1.75**

ตารางที่ ก-6 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดและกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพด	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.70	1.72	1.66	1.69
75 %	1.66	1.70	1.78	1.71
50 %	1.76	1.74	1.76	1.75

25 %	1.92	1.98	1.98	**1.96**

ตารางที่ ก-7 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วน 100% โดยมวล

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 100 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
กากไขมัน	1.60	1.62	1.70	1.64
แกลบ	1.44	1.28	1.42	1.38
ขี้เลื่อย	1.68	1.66	1.66	1.66
เหง้ามันสำปะหลัง	1.50	1.46	1.48	1.48
ซังข้าวโพด	1.66	1.72	1.66	**1.68**

ตารางที่ ก-8 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 75% โดยมวลกับกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 75 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.70	1.66	1.70	1.68
ขี้เลื่อย	1.78	1.86	1.88	**1.84**
เหง้ามันสำปะหลัง	1.66	1.62	1.70	1.66
ซังข้าวโพด	1.66	1.70	1.78	1.71

ตารางที่ ก-9 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 50% โดยมวลกับกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 50 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.72	1.76	1.84	1.77
ขี้เลื่อย	1.88	1.82	1.86	**1.85**
เหง้ามันสำปะหลัง	1.68	1.70	1.74	1.70
ซังข้าวโพด	1.76	1.74	1.76	1.75

ตารางที่ ก-10 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 25% โดยมวลกับกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 25 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.78	1.84	1.80	1.80
ขี้เลื่อย	1.82	1.94	1.88	1.88
เหง้ามันสำปะหลัง	1.70	1.80	1.76	1.75
ซังข้าวโพด	1.92	1.98	1.98	**1.96**

จากตารางที่ ก-11 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากของกากไขมัน 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเฉลี่ยเป็น 1.35 °C

จากตารางที่ ก-12 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าแกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 แกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบ 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และแกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-13 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อยกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อย 100% กับขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 และขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-14 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างเหง้ามันสำปะหลังกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 เหง้ามันสำปะหลัง 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-15 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพด 100% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-16 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (100%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 แกลบจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 4 และกากของกากไขมันจะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-17 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากของกากไขมัน 25% จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 75%:25% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-18 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากของกากไขมัน 50% จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และแกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-19 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรกับกากของกากไขมัน 75% จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 1 แกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วนผสม 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมากเป็นอันดับ 3 และขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเป็นอันดับสุดท้าย

ตารางที่ ก-11 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) กากของกากไขมัน	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.42	1.38	1.26	1.35

ตารางที่ ก-12 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบและกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) แกลบ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.44	1.28	1.42	1.38
75 %	1.26	1.28	1.48	1.34
50 %	1.50	1.46	1.34	1.43
25 %	1.30	1.70	1.46	**1.49**

ตารางที่ ก-13 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยและกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อย	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.68	1.66	1.66	**1.66**
75 %	1.62	1.57	1.68	1.62
50 %	1.62	1.82	1.54	**1.66**
25 %	1.34	1.40	1.42	1.38

ตารางที่ ก-14 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลัง และกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลัง	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.50	1.46	1.48	1.52
75 %	1.34	1.28	1.30	1.31
50 %	1.54	1.32	1.28	1.38
25 %	1.70	1.28	1.62	**1.53**

ตารางที่ ก-15 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดและกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพด	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
100 %	1.70	1.72	1.66	1.69
75 %	1.76	1.84	1.74	**1.78**
50 %	1.54	1.56	1.60	1.56
25 %	1.64	1.32	1.36	1.44

ตารางที่ ก-16 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วน 100% โดยมวล

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 100 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
กากของกากไขมัน	1.42	1.38	1.26	1.35
แกลบ	1.44	1.28	1.42	1.38
ขี้เลื่อย	1.68	1.66	1.66	1.66
เหง้ามันสำปะหลัง	1.50	1.46	1.48	1.52
ซังข้าวโพด	1.70	1.72	1.66	**1.69**

ตารางที่ ก-17 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 75% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 75 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.26	1.28	1.48	1.34
ขี้เลื่อย	1.62	1.57	1.68	1.62
เหง้ามันสำปะหลัง	1.34	1.28	1.30	1.31
ซังข้าวโพด	1.76	1.84	1.74	**1.78**

ตารางที่ ก-18 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 50% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 50 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.50	1.46	1.34	1.43
ขี้เลื่อย	1.62	1.82	1.54	**1.66**
เหง้ามันสำปะหลัง	1.54	1.32	1.28	1.38
ซังข้าวโพด	1.54	1.56	1.60	1.56

ตารางที่ ก-19 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 25% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ 25 % วัสดุต่างๆ	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	เฉลี่ย (°C)
แกลบ	1.30	1.70	1.46	1.49
ขี้เลื่อย	1.34	1.40	1.42	1.38
เหง้ามันสำปะหลัง	1.70	1.28	1.62	**1.53**
ซังข้าวโพด	1.64	1.32	1.36	1.44

จากตารางที่ ก-20 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากไขมัน 100% จะให้ความร้อนเฉลี่ยเป็น 13.706 kJ เพื่อใช้ในการอ้างอิงเปรียบเทียบ

จากตารางที่ ก-21 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบ จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าแกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 แกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และแกลบ 100% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-22 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อย จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อยกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และขี้เลื่อย 100% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-23 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างเหง้ามันสำปะหลังกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลัง 100% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-24 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากไขมัน จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และซังข้าวโพด 100% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-25 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (100%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยและซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 กากไขมันจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และแกลบจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-26 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (75%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-27 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (50%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-28 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (25%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

ตารางที่ ก-20 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	13.372	13.539	14.208	13.706	0.4424

ตารางที่ ก-21 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบและกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	12.035	10.698	11.868	11.533	0.728
75 %	14.208	13.874	14.208	14.096	0.1928
50 %	14.375	14.710	15.378	14.821	0.511
25 %	14.877	15.378	15.044	**15.099**	0.255

ตารางที่ ก-22 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยและกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	14.041	13.874	13.874	13.929	0.096
75 %	14.877	15.545	15.713	15.322	0.442
50 %	15.713	15.211	15.545	15.489	0.255
25 %	15.211	16.214	15.713	**15.712**	0.501

ตารางที่ ก-23 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังและกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	12.537	12.202	12.369	12.369	0.167
75 %	13.874	13.539	14.208	13.873	0.334
50 %	14.041	14.208	14.542	14.263	0.255
25 %	14.710	15.044	14.710	**14.821**	0.193

ตารางที่ ก-24 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดและกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	13.874	14.375	13.874	14.041	0.289
75 %	13.874	14.208	14.877	14.319	0.511
50 %	14.710	14.542	14.710	14.654	0.097
25 %	16.047	16.548	16.548	**16.381**	0.289

ตารางที่ ก-25 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วน 100% โดยมวล

ความร้อน/ครั้งที่ 100% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
กากไขมัน	13.372	13.539	14.208	13.706	0.442
แกลบ	12.035	10.698	11.868	11.533	0.728
ขี้เลื่อย	14.041	13.874	13.874	13.929	0.096
เหง้ามัน ฯ	12.537	12.202	12.369	12.369	0.167
ซังข้าวโพด	13.874	14.375	13.874	**14.041**	0.289

ตารางที่ ก-26 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 75% โดยมวลกับกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 75% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
แกลบ	14.208	13.874	14.208	14.096	0.193
ขี้เลื่อย	14.877	15.545	15.713	**15.322**	0.442
เหง้ามัน ฯ	13.874	13.539	14.208	13.873	0.334
ซังข้าวโพด	13.874	14.208	14.877	14.319	0.511

ตารางที่ ก-27 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 50% โดยมวลกับกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 50% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แกลบ	14.375	14.710	15.378	14.821	0.511
ขี้เลื่อย	15.713	15.211	15.545	**15.489**	0.255
เหง้ามัน ฯ	14.041	14.208	14.542	14.263	0.255
ซังข้าวโพด	14.710	14.542	14.710	14.654	0.097

ตารางที่ ก-28 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 25% โดยมวลกับกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 25% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แกลบ	14.877	15.378	15.044	15.099	0.255
ขี้เลื่อย	15.211	16.214	15.713	15.712	0.501
เหง้ามัน ฯ	14.710	15.044	14.710	14.821	0.193
ซังข้าวโพด	16.047	16.548	16.548	**16.381**	0.289

จากตารางที่ ก-29 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากของกากไขมัน 100% จะให้ความร้อนเฉลี่ยเป็น 11.311 kJ เพื่อใช้ในการอ้างอิงเปรียบเทียบ

จากตารางที่ ก-30 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างแกลบกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าแกลบผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 แกลบผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบ 100% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และแกลบผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-31 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างขี้เลื่อยกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อย 100% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และขี้เลื่อยผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-32 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังจำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างเหง้ามันสำปะหลังกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 เหง้ามันสำปะหลัง 100% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 เหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-33 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพด จำนวน 4 อัตราส่วนผสมระหว่างซังข้าวโพดกับกากของกากไขมัน จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 75%:25% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพด 100% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 50%:50% จะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และซังข้าวโพดผสมในอัตราส่วน 25%:75% จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-34 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (100%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยและซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 เหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และกากของกากไขมันจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-35 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (75%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ขี้เลื่อยจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-36 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (50%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าขี้เลื่อยจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 ซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

จากตารางที่ ก-37 เปรียบเทียบความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (25%) ของวัสดุต่างๆ จำนวน 4 ชนิด จะเห็นได้ว่าเหง้ามันสำปะหลังจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 1 แกลบจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 2 ซังข้าวโพดจะให้ความร้อนมากเป็นอันดับ 3 และขี้เลื่อย จะให้ความร้อนเป็นอันดับสุดท้าย

ตารางที่ ก-29 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) กากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	11.868	11.534	10.531	11.311	0.696

ตารางที่ ก-30 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) แกลบและกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	12.035	10.698	11.868	11.533	0.728
75 %	10.531	10.698	12.369	11.199	1.016
50 %	12.537	12.202	11.199	11.979	0.696
25 %	10.865	14.208	12.202	**12.425**	1.683

ตารางที่ ก-31 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ขี้เลื่อยและกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	14.041	13.874	13.874	**13.929**	0.096
75 %	13.539	13.122	14.041	13.567	0.460
50 %	13.539	15.211	12.871	13.873	1.205
25 %	11.199	11.700	11.868	11.589	0.348

ตารางที่ ก-32 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) เหง้ามันสำปะหลังและกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	12.537	12.202	12.369	12.369	0.167
75 %	11.199	10.698	10.865	10.921	0.255
50 %	12.871	11.032	10.698	11.534	1.170
25 %	14.209	10.698	13.539	**12.815**	1.864

ตารางที่ ก-33 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ซังข้าวโพดและกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ เปอร์เซ็นต์ (%)	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
100 %	14.208	14.375	13.874	14.152	0.255
75 %	14.710	14.375	13.874	**14.319**	0.421
50 %	12.871	13.038	13.373	13.094	0.256
25 %	13.707	11.033	11.367	12.039	1.457

ตารางที่ ก-34 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วน 100% โดยมวล

ความร้อน/ครั้งที่ 100% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
กากของกาก ฯ	11.868	11.534	10.531	11.311	0.696
แกลบ	12.035	10.698	11.868	11.533	0.728
ขี้เลื่อย	14.041	13.874	13.874	13.929	0.096
เหง้ามัน ฯ	12.537	12.202	12.369	12.369	0.167
ซังข้าวโพด	14.208	14.375	13.874	**14.152**	0.255

ตารางที่ ก-35 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 75% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 75% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
แกลบ	10.531	10.698	12.369	11.199	1.016
ขี้เลื่อย	13.539	13.122	14.041	13.567	0.460
เหง้ามัน ฯ	11.199	10.698	10.865	10.921	0.255
ซังข้าวโพด	14.710	14.375	13.874	**14.319**	0.421

ตารางที่ ก-36 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 50% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 50% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แกลบ	12.537	12.202	11.199	11.979	0.696
ขี้เลื่อย	13.539	15.211	12.871	**13.873**	1.205
เหง้ามัน ฯ	12.871	11.032	10.698	11.534	1.170
ซังข้าวโพด	12.871	13.038	13.373	13.094	0.256

ตารางที่ ก-37 ความร้อน/ครั้งที่ และเปอร์เซ็นต์ (%) ของวัสดุต่างๆ ในอัตราส่วนผสม 25% โดยมวลกับกากของกากไขมัน

ความร้อน/ครั้งที่ 25% ของวัสดุ	1 (kJ)	2 (kJ)	3 (kJ)	เฉลี่ย (kJ)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แกลบ	10.865	14.208	12.202	12.425	1.683
ขี้เลื่อย	11.199	11.700	11.868	11.589	0.348
เหง้ามัน ฯ	14.209	10.698	13.539	**12.815**	1.864
ซังข้าวโพด	13.707	11.033	11.367	12.039	1.457

ตัวอย่างกากไขมัน 100%

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 1		1

สิ่งที่ต้องการจากการทดลอง :

1. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลอง มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม
2. กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา

ตารางบันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน กากไขมัน 100%

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 24.5°C

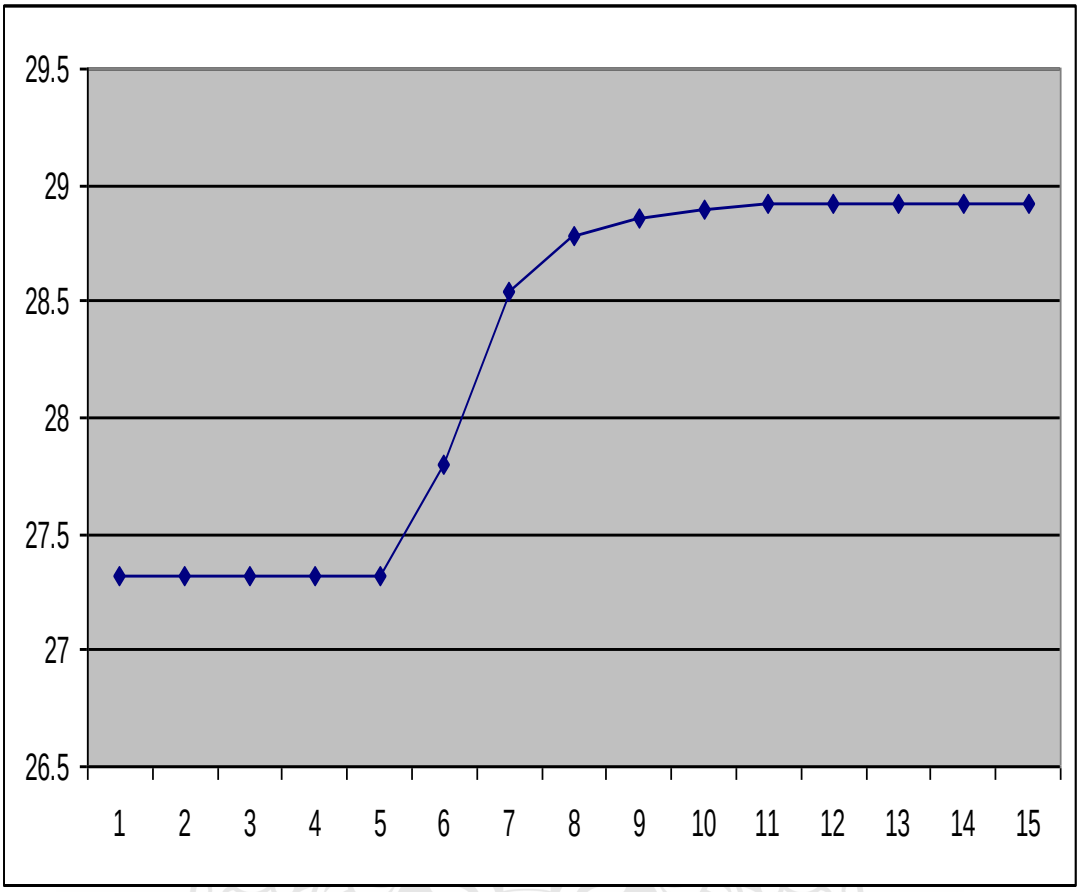
อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 27.34°C

น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม

ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร

การหาค่าความร้อนจากบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
0	27.34	1	27.80		
1	27.32	2	28.54		
2	27.32	3	28.78		
3	27.32	4	28.86		
4	27.32	5	28.90		
5	27.32	6	28.92		
		7	28.92		
		8	28.92		
		9	28.92		
		10	28.92		



ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 1		3

ตัวอย่างการทดลอง :

$$Q = mc\Delta T \qquad (2.1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (? kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (2 kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.179 kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.60 K)

$$Q = 2 \text{ kg} \times 4.179 \text{ (kJ /kg K)} \times 1.60 \text{ K}$$

$$= 13.372 \text{ kJ}$$

ตัวอย่างแกลบ 100%

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 2		1

สิ่งที่ต้องการจากการทดลอง :

1. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลอง มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม
2. กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา

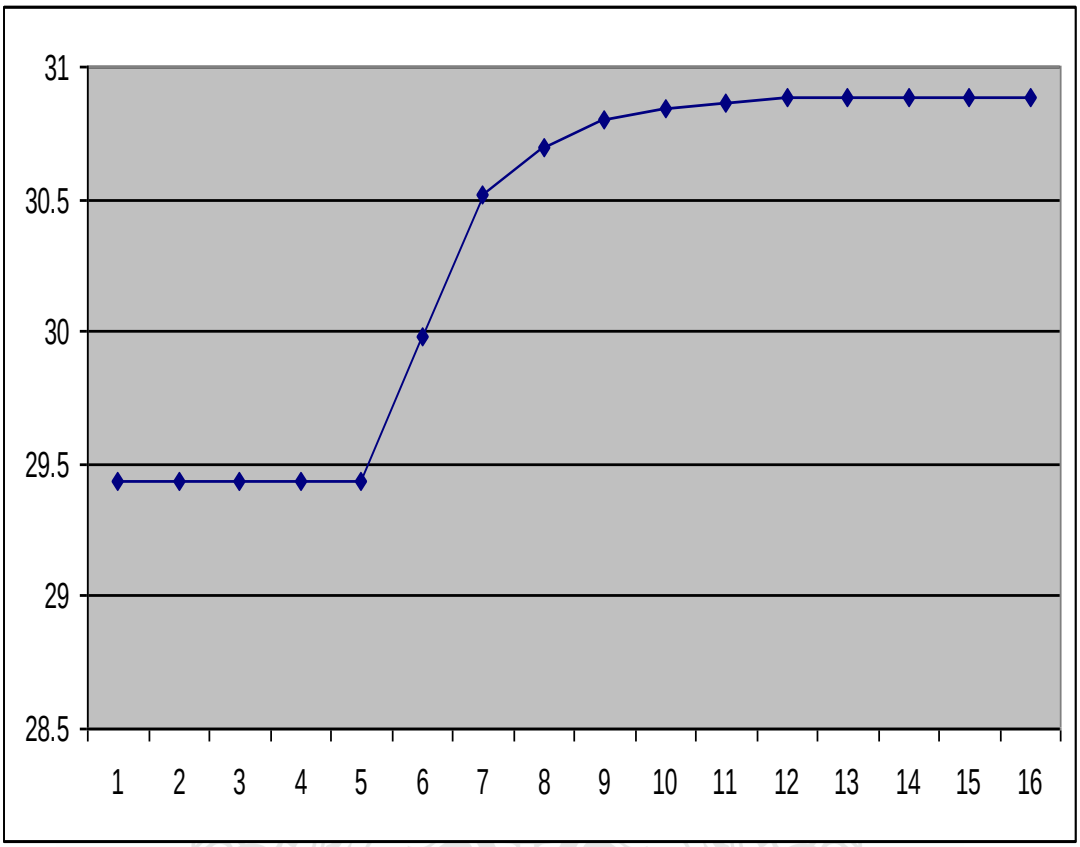
ตารางบันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน แกลบ 100%
อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 31°C
อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 29.36°C
น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม
ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร

การหาค่าความร้อนจากบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
0	29.36	1	29.98		
1	29.44	2	30.52		
2	29.44	3	30.70		
3	29.44	4	30.80		
4	29.44	5	30.84		
5	29.44	6	30.86		
		7	30.88		
		8	30.88		
		9	30.88		
		10	30.88		
		11	30.88		

ใบปฏิบัติการ การทดลองที่ 2	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่ 2



ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 2		3

ตัวอย่างการทดลอง :

$$Q = mc\Delta T \tag{2.1}$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (? kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (2 kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.179 kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.44 K)

$$Q = 2 \text{ kg} \times 4.179 \text{ (kJ /kg K)} \times 1.44 \text{ K}$$

$$= 12.035 \text{ kJ}$$

ตัวอย่างขี้เลื่อย 100%

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 3		1

สิ่งที่ต้องการจากการทดลอง :

1. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลอง มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม
2. กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา

ตารางบันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน ขี้เลื่อย 100%

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 25°C

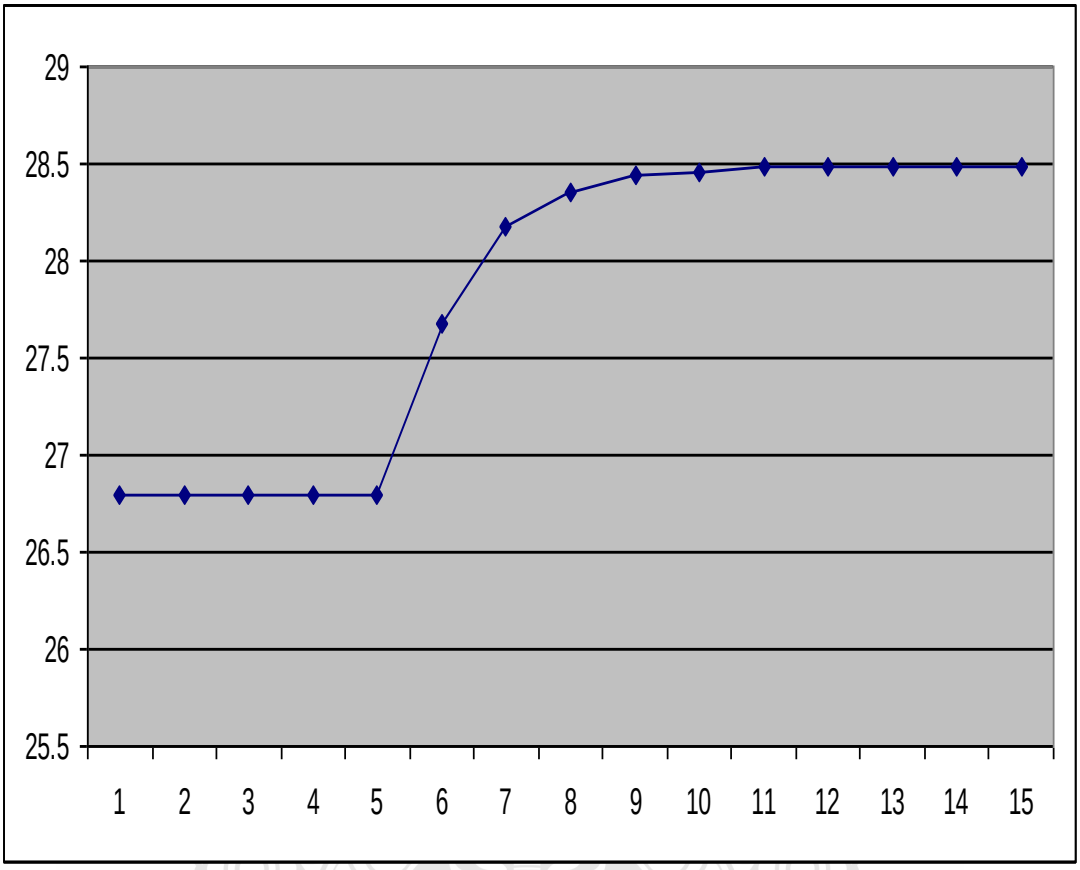
อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 26.80°C

น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม

ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร

การหาค่าความร้อนจากบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
0	26.80	1	27.68		
1	26.80	2	28.18		
2	26.80	3	28.36		
3	26.80	4	28.44		
4	26.80	5	28.46		
5	26.80	6	28.48		
		7	28.48		
		8	28.48		
		9	28.48		
		10	28.48		



ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์

ใบปฏิบัติการ การทดลองที่ 3	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่ 3

ตัวอย่างการทดลอง :

$$Q = mc\Delta T \qquad (2.1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (? kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (2 kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.179 kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.68 K)

$$Q = 2 \text{ kg} \times 4.179 \text{ (kJ /kg K)} \times 1.68 \text{ K}$$

$$= 14.041 \text{ kJ}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวอย่างเหง้ามันสำปะหลัง 100%

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 4		1

สิ่งที่ต้องการจากการทดลอง :

1. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลอง มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม
2. กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา

ตารางบันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน เหง้ามันสำปะหลัง 100%

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 25°C

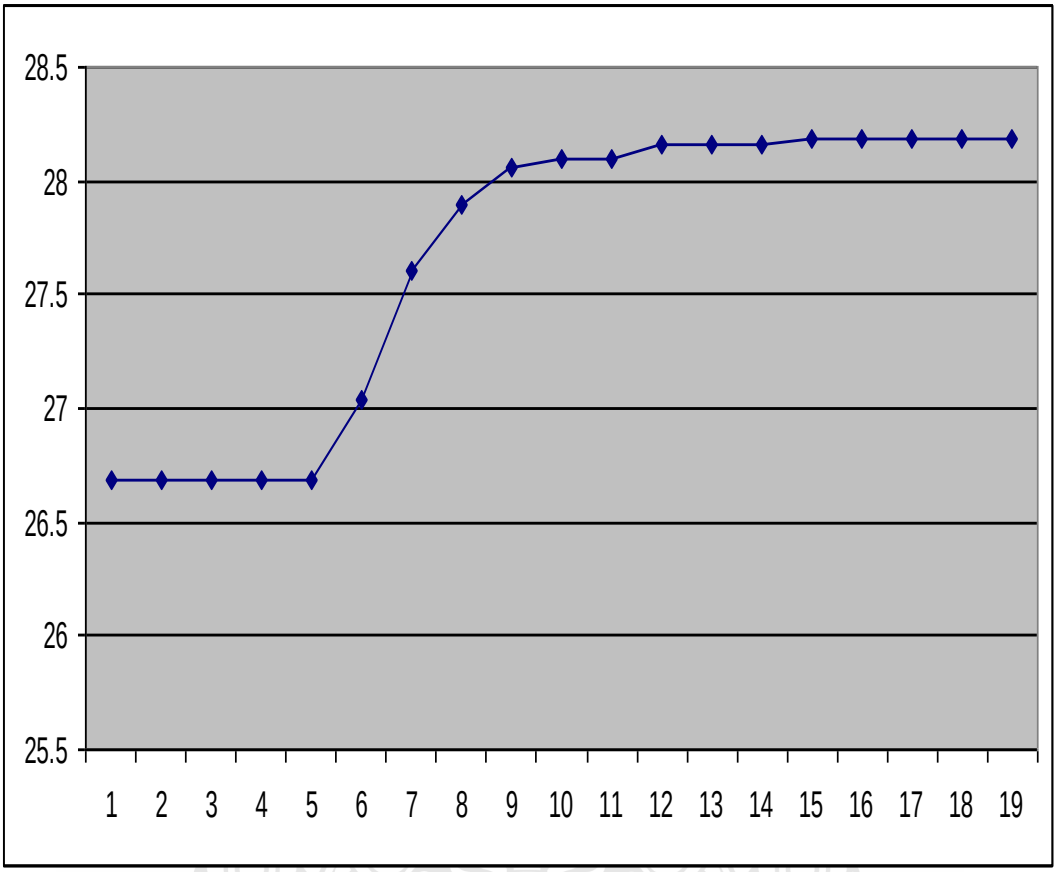
อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 26.66°C

น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม

ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร

การหาค่าความร้อนจากบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
0	26.66	1	27.04		
1	26.68	2	27.60		
2	26.68	3	27.90		
3	26.68	4	28.06		
4	26.68	5	28.10		
5	26.68	6	28.10		
		7	28.16		
		8	28.16		
		9	28.16		
		10	28.18		
		11	28.18		
		12	28.18		
		13	28.18		
		14	28.18		



ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวอย่างการทดลอง :

$$Q = mc\Delta T \qquad (2.1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (? kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (2 kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.179 kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.50 K)

$$Q = 2 \text{ kg} \times 4.179 \text{ (kJ /kg K)} \times 1.50 \text{ K}$$

$$= 12.537 \text{ kJ}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตัวอย่างซังข้าวโพด 100%

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 5		1

สิ่งที่ต้องการจากการทดลอง :

1. ค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ทดลอง มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม
2. กราฟแสดงอุณหภูมิกับเวลา

ตารางบันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อน ซังข้าวโพด 100%

อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 26°C

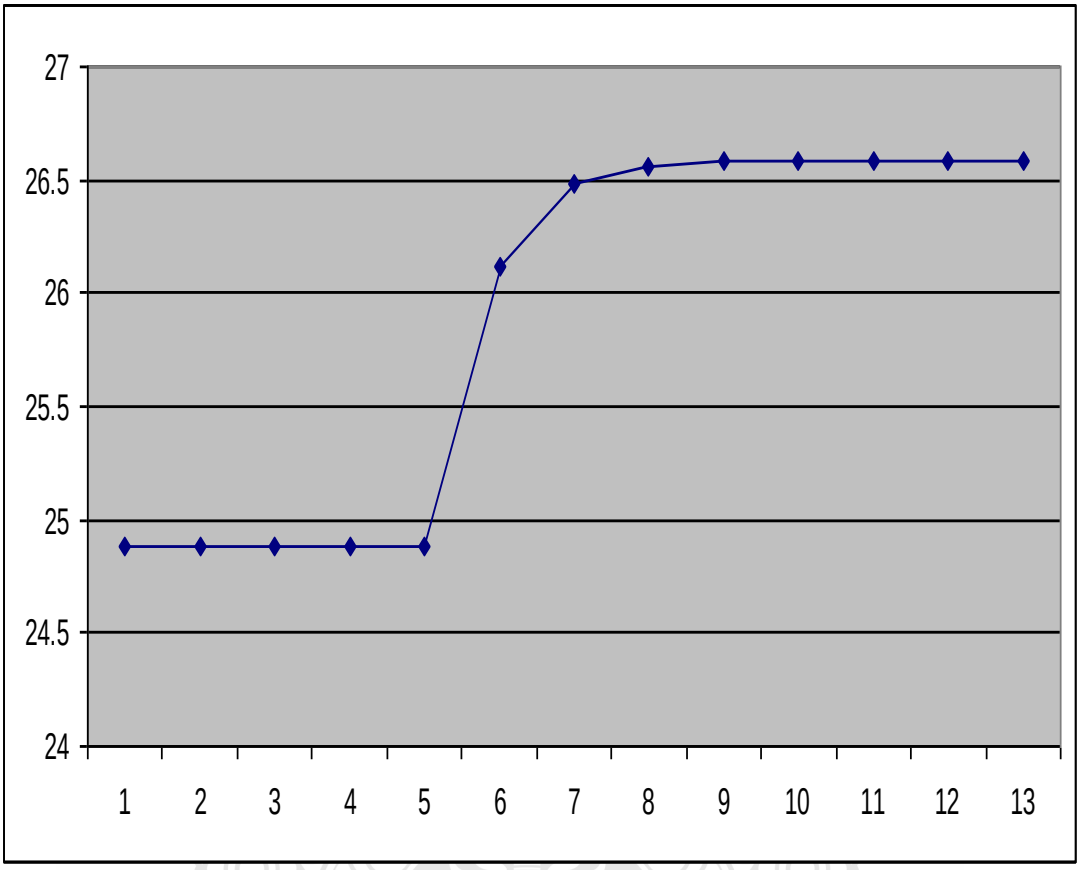
อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 24.78°C

น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม

ความยาวของขดลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร

การหาค่าความร้อนจากบอมบ์แคลอริมิเตอร์

ก่อนทำการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		ช่วงการเผาไหม้ (บันทึกทุกๆ 1 min)		หลังการเผาไหม้เมื่ออุณหภูมิลดลง (บันทึกทุกๆ 1 min)	
เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (min)	อุณหภูมิ (°C)
0	24.78	1	26.12		
1	24.88	2	26.48		
2	24.88	3	26.56		
3	24.88	4	26.58		
4	24.88	5	26.58		
5	24.88	6	26.58		
		7	26.58		
		8	26.58		



ผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความร้อนโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์

ใบปฏิบัติการ	การทดสอบหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง	หน้าที่
การทดลองที่ 5		3

ตัวอย่างการทดลอง :

$$Q = mc\Delta T \qquad (2.1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (? kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (2 kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.179 kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.70 K)

$$Q = 2 \text{ kg} \times 4.179 \text{ (kJ /kg K)} \times 1.70 \text{ K}$$

$$= 14.208 \text{ kJ}$$

:

ภาคผนวก ข

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี
Journal of Engineering, RMUTT

● ปีที่ 6 ● ฉบับที่ 12 ● เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2551 ISSN 1685-5280

◆ การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องทับร้อน 1
The Developing of Hot-Stamping Controller
โดย ชนะพงศ์ นพวงศ์ ณ อยุธยา

◆ การบริหารความสัมพันธ์ผู้ส่งมอบและลูกค้า จากมุมมองของผู้ผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ 9
Supplier - Customer Relationship Management: Perspectives from Manufacturers in Automotive Industry
โดย มุกุล ศรีเมืองแก้ว, ระพี กาญจนะ

◆ การพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 19
Development of a Cassava Stem Cutting Machine
โดย จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, สุทิน เคล่าโก่ง, ภูวนาถ สินลวัลย์, ชัยยงค์ ศรีประเสริฐ

◆ การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ทางจักรยานเลียบคลองรังสิต (คลอง 3 - คลอง 5) 27
A Satisfaction Study for Bikeway Users along Klong Rungsit (Klong 3 - 5)
โดย คฑาวุธ สุวรรณสังข์, ชาคริส ไชยยศ, วินัย วิมเขตร, นิวชร นกแก้ว

◆ การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร 41
The study of heating value of fuel mass mixing between fat dregs and agricultural wastes.
โดย สำรวม โกศยานันท์, ณัฐกานต์ ผิดกฟัก, ศิฟัดน์ ปราโมทย์, เณรุสิทธ์ พัดผะยิง

◆ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพพิมพ์ กรณีศึกษาการทดสอบขั้นสุดท้ายของการผลิตเครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท 49
A Study of Factors that Affect Image Quality A Case Study : a Final Inspection of Inkjet Printer Production
โดย ชัวิน จันทร์สุนทร, ณฐา คุปลัษเจียร

◆ ชุดวัดการกระจายแรงสำหรับทดสอบเสื้อเกราะกันกระสุน 59
The Distributed Force Measuring Set for Personal Body Armor Testing
โดย นะรา เฉลิมกลิ่น, ฉัตรชัย ศุภพิรักษ์สกุล

◆ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของตะเข็บที่เชื่อมติดด้วยอัลตร้าโซนิค 71
The Factor Affecting Seam Strength Sewn With Ultrasonic Sewing Machine
โดย พัชณุ แสงวัฒนะ, ปลื้มจิตต์ เตชะรวมรักษ์

◆ ออกแบบและพัฒนาเครื่องแกะเมล็ดกระเจี๊ยบแดง 77
Design and Development of Roselle Seed Peeling Machine
โดย รุ่งเรือง เกาศิริศิลป์, พุฒวงศ์ นาหลง, วีโลหร คำงาม

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิผู้พิจารณาบทความ

รศ.มานพ ตันตระบัณฑิตย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.วันชัย วิชิรวนิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ปานเมฆ คีรีสมบูรณ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.จิราภรณ์ เบญจประกายวัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.แรงค์ นวบทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.นภพินทุ์ อนันตวสิริชัย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผศ.ดร.กานต์ พนาคุภมัสดุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.บวรยงค์ รุ่งเรืองตันยนุเบ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ผศ.ดร.ทวีชัย สำราญวานิช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผศ.ดร.ปิติศานต์ กร้ำมาตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.กัณวีร์ช พลูปราชญ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.อังคณา พันธ์หล่อ	วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ผศ.ดร.อาทิตย์ โสตรโยม	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ผศ.ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.ดร.นำคุณ ศรีสนิท	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
ผศ.มิ่ง โลกิจแสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.อิสสรีย์ หรรษาจรูญโรจน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
รศ.ดร.เข็มชัย เหมะจันทร	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รศ.ดร.ชัยยุทธ ช่างสาร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.สมเกียรติ จงประดิษฐ์พร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.ก้องเกียรติ พลูสวัสดิ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผศ.ดร.เนฐา หุปตัษเฐียร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.ศิวกร อ่างทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รศ.ดร.ยุทธชัย บันเทิงจิตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รศ.ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผศ.ดร.จงจินต์ ผดุงประเสริฐ	คณะสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.ประเทืองศิพย์ ปานบำรุง	คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
รศ.ดร.เจียรนัย แย้มอุทัย	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รศ.เวศิน ปัยรัตน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
รศ.ดร.วิจิตร กิณเวช	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.ชัญญา นิกมากา	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

. . . . . .

การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

The study of heating value of fuel mass mixing between fat dregs and agricultural wastes.

สำรวม โกศลานันท์ [1] ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ [2]
พิพัฒน์ ปราโมทย์ [2] และ ณัฐสิทธิ์ พัดเนะอิ่ม [2]

บทคัดย่อ

ไขมันจากพืชและสัตว์มีความสามารถในการจุดติดไฟได้ น้ำมันพืชโดยทั่วไปให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 35,000 kJ / kg ไขมัน และน้ำมันจากสัตว์ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 37,000 kJ / kg ส่วนน้ำมันเตา (Burner fuel oil no.2) ให้ค่าพลังงานความร้อนประมาณ 39,000 kJ / kg เห็นได้ว่ากากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่ทำหน่ายอาหาร ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืช และสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้ นอกจากนี้วัสดุเหล่านี้ยังมีส่วนช่วยทำให้ไขมันเหล่านี้จับตัวเป็นก้อนได้ด้วย ซึ่งเชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแข็งนั้น มีความสะดวกในการขนส่ง และการอุปโภคตามครัวเรือนมากกว่าเชื้อเพลิงเหลว งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อน จากของผสมระหว่างกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่ทำหน่ายอาหารกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องทำการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อาจปะปนมากับกากไขมัน ก่อนนำไขมันมาผสมกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และกำจัดน้ำในก้อนเชื้อเพลิงที่ทดลองผลิตได้ให้มากที่สุด เพื่อให้ก้อนเชื้อเพลิงนี้สามารถจุดไฟติดได้ต่อเนื่อง

[1]นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

This article examines the production of fuel mass derived from the mixtures between fat dreg from grease trap in food shops and agricultural wastes. Before mixing fat with agricultural wastes, we need to get rid the water in experimental fuel mass. Therefore, the fuel mass can light a fire continuously. Generally, vegetable oil has the value of heating energy about 35,000 kj / kg. Fat and oil from animal have the value of heating energy about 37,000 kj / kg while fuel oil gives the value of heating energy about 39,000 kj / kg. We can see that fat dregs from grease trap in food shops mixing between plant fat and animal fat have the value of heating energy slightly lower than fuel oil. However, blending agricultural wastes increase the heating energy value. Besides, this waste can make the fat becoming a solid. In addition, fuel in the form of solid has a convenience for transportation and household consumption than liquid fuel.

1. บทนำ

เนื่องจากสภาวะสังคมเมืองที่วุ่นวายในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองหลวงใหญ่ๆ ประกอบกับการจราจรที่ติดขัดทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ต่างเร่งรีบในการดำรงชีวิต ในเรื่องของการเดินทาง การประกอบอาชีพ การแสวงหาอาหารเพื่อการดำรงชีพ จะเห็นได้ว่าตามศูนย์การค้าหลายแห่ง จะแน่นขนัดไปด้วยผู้คนที่ต่างก็มาหาอาหารรับประทานมากกว่าการทำอาหารทานเองที่บ้าน เพราะความสะดวกรวดเร็ว ความหลากหลายของอาหาร ศูนย์อาหารเหล่านี้เองที่ก่อให้เกิดปัญหาอันเนื่องมาจากการประกอบอาหาร ซึ่งทิ้งกากไขมัน และเศษอาหารที่เหลือจากการรับโภคต่อวันค่อนข้างมาก และก่อให้เกิดมลพิษในการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะก่อให้ท่อกิดน้ำน่าเสียเพราะกากไขมันจะเป็นฟิลม์บนผิวน้ำ ออกซิเจนจึงไม่สามารถละลายลงไปในน้ำได้ และเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลายค่อนข้างสูงมาก วิธีการทำลายคือ การขุดฝังกลบ โดยเฉลี่ยค่าใช้จ่ายประมาณลูกบาศก์เมตรละ 1,000 บาท ไม่รวมค่าขนส่ง

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การหาปริมาณไขมันโดยวิธีกรวยแยก

หาปริมาณไขมันโดยวิธีกรวยแยก เริ่มจากเตรียมขวดรูปชมพู่ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน โดยการนำขวดรูปชมพู่เข้าตู้อบอุณหภูมิ 105 ± 3 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำอีก 2 รอบ จนน้ำหนักมีผลต่างกัน ± 1 มิลลิกรัม ต่อมาชั่งตัวอย่าง 5 กรัม บันทึกน้ำหนักลงในบีกเกอร์ เติมเฮกซิลเมตตอลสอล์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยแท่งคน นำบีกเกอร์ไปตั้งไว้บนเครื่องอังน้ำ อุณหภูมิ 80 °C เวลา 60 นาที ในตู้ดูดควัน เต่ในขณะต้มต้องคนเป็นระยะ เมื่อครบเวลา นำบีกเกอร์ออกมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม เอทธิลแอลกอออล์ 10 มิลลิลิตร เทลงใน

กรวยแยก เติมไดเอทธิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ตามลงไปในกรวยแยก แล้วเขย่ากรวยแยกอย่างแรง ขณะเขย่าให้เปิดจุกกรวยแยกเป็นช่วงๆ ต่อมาเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรง นำกรวยแยกตั้งไว้บนสามขาเพื่อให้สารแยกชั้น จากนั้นปล่อยสารที่ได้ชุดท้ายซึ่งจะแยกชั้นอยู่ชั้นบนสุดของกรวยแยกลงในขวดรูปชมพู่ที่ตรียมไว้ โดยมีกระดาษกรองพร้อมเติม โซเดียมซัลเฟตเพื่อดูดน้ำ ทำซ้ำเหมือนเดิมอีก 2 ครั้ง จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ที่มีตัวอย่างของไปตั้งบนเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 100 °C จนเหลือแต่น้ำมัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักของน้ำมันที่เหลืออยู่ในขวดรูปชมพู่ บันทึกน้ำหนักที่ได้สุดท้าย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณไขมันที่พบในกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างไขมัน	ปริมาณไขมัน (%)
คาร์ฟูร์รามคำแหง	65.5 ± 5.9
คาร์ฟูร์ สุขาภิบาลสาม	61.0 ± 4.8
คาร์ฟูร์ แจ้งวัฒนะ	60.9 ± 3.2
คาร์ฟูร์บางบอน	65.8 ± 2.0
เฉลี่ยไขมันผสมจากทั้งสี่ตัวอย่าง	63.3 ± 4.4

2.2 คุณสมบัติของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ชานข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดี และสามารถนำไปใช้ให้พลังงานความร้อน

การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ เป็นการลดขยะทางการเกษตร ผลิตเชื้อเพลิงอัดก้อนสำเร็จรูปพร้อมใช้ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นโครงการนำร่องการผลิตสำหรับชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองในลักษณะเศรษฐกิจพอเพียง ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงอัดก้อนในแง่การให้พลังงาน และเป็นพลังงานทางเลือกใหม่สำหรับประชาชนทั้งในเขตพื้นที่เมืองและชนบท

การเลือกวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต ได้แก่ แกลบ ขี้เลื่อย ชานข้าวโพด และเหง้ามันสำปะหลัง เหลือใช้ทางการเกษตร จากนั้น วางแผนการทำโครงงาน โดยการทดลองและระยะเวลาการทดลอง เตรียมวัตถุดิบทางการเกษตร แล้วทำการทดลองผสมวัตถุดิบกับตัวเชื่อมประสานในอัตราส่วนต่างๆ นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำเข้าเครื่องอัด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณความร้อนของวัสดุเหลือทิ้ง

ชนิดของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร	ปริมาณความร้อน (กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม)
แกลบ	3,296
ขี้เลื่อย	2,600
ชานข้าวโพด	2,125
เหง้ามันสำปะหลัง	3,029

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บอมบ์แคลอรีมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดลองหาค่าความร้อนของเชื้อเพลิง โดยอาศัยหลักการทำงานด้วยกระบวนการปริมาตรคงที่ เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการสันดาปแล้วจะให้พลังงานความร้อนออกมา ซึ่งจะทำหนดให้อยู่ในรูปของค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก เช่น บีทียู/ปอนด์ กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกิโลจูล/กิโลกรัม

ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิง คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องถ่ายเทออกจากเชื้อเพลิง เนื่องจากการสันดาปที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ในระบบ โดยปกติ

การสันดาปของเชื้อเพลิงจำพวกสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อสันดาปในบรรยากาศของออกซิเจน ผลของการสันดาปจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (ซึ่งอยู่ในสถานะของไอน้ำ) ถ้าไอน้ำสามารถกลั่นตัวแล้วคายความร้อนแฝงออกมา ค่าความร้อนเชื้อเพลิงที่ได้จะเป็นค่าความร้อนสูงสุด แต่ถ้าไอน้ำไม่กลั่นตัว ค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงจะเป็นค่าความร้อนต่ำ การหาค่าความร้อนทางเชื้อเพลิงโดยใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ โดยการนำเอาเชื้อเพลิงที่จะทำการทดสอบไปชั่งน้ำหนัก แล้วมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันภายในบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ และปริมาณความร้อนสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(kJ)*

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ *(kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ *(kJ/kg K)*

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง *(K)*

ปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากสมการยังมิใช่ความร้อนที่ถูกต้อง เพราะตัวของบอมบ์แคลอริมิเตอร์ยังสามารถดูดค่าความร้อนบางส่วนไว้ในตัวมันเอง และความร้อนบางส่วนก็สูญเสียไปให้กับบรรยากาศรอบๆ ไอน้ำบางส่วนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้และยังกลั่นตัวไม่หมด ซึ่งไอน้ำกล่าวจะดูดความร้อนเข้าไว้ นอกจากนั้นยังมีความร้อนบางส่วนที่มาจากขดลวดขณะจุดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสูงมาก และจะรวมตัวเป็นกรดไนตริกและกรดซัลฟูริก

จากเหตุการณ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบค่าความร้อนที่แท้จริงของเชื้อเพลิงจะต้องแก้ไขข้อผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ต้องตรวจสอบค่าน้ำสมมูรณ์ของเครื่องทดสอบ

2. ให้อุณหภูมิของน้ำต่ำกว่าบรรยากาศโดยรอบประมาณหนึ่งในสามของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้

3. ต้องหยดน้ำลงบนบอมบ์แคลอริมิเตอร์ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้

4. หาปริมาณความร้อนจากการเผาไหม้ของขดลวด แล้วนำไปลบออก

5. ใช้ปริมาณเชื้อเพลิงทดสอบน้อย เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นเพียง 2 - 3 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีการผิดพลาดที่น้อยมาก

ดังนั้นการคำนวณ เพื่อให้ได้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ควรจะใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Q = mc\Delta T - C_1 - C_2 - C_3 \qquad (2)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน (kJ)

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ (kg)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg K)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)

C_1 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดไนตริก (kJ)

C_2 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากกรดซัลฟูริก (kJ)

C_3 คือ ค่าความร้อนที่เกิดจากขดลวดไฟฟ้า (kJ)

แต่โดยทั่วไปค่า C_1 กับ C_2 จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0

ในทางปฏิบัติจริง อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในขณะสันดาปจะทำให้ค่า ΔT ที่ได้ไม่แน่นอน ΔT ดังสาเหตุที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้ค่า ΔT มีค่าที่ถูกต้องจึงใช้สมการดังต่อไปนี้

$$T = T_2 - T_1 - r_1(b-a) - r_2(c-b) \qquad (3)$$

เมื่อ a คือ เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ *(s)*

b คือ เวลาตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจนถึง 60 % ของอุณหภูมิสูงสุด *(s)*

c คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจนกระทั่งคงที่ (สูงสุด – ต่ำสุด) *(s)*

T_1 คือ อุณหภูมิเริ่มการเผาไหม้ (K)

T_2 คือ อุณหภูมิสูงสุด (K)

r_1 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงก่อนการเผาไหม้ *(K)*

r_2 คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงหลังจุดบอมบ์ *(K)*

4. ลำดับขั้นและวิธีการทดลอง

4.1 นำกระป๋องแคลอริมิเตอร์เปล่าไปชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกค่าไว้ ใส่น้ำลงไป 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร อุณหภูมิของน้ำพารต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 2 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสุทธิของน้ำ จดบันทึกค่าไว้

4.2 นำบอมบ์ที่อยู่ภายในใส่เชื้อเพลิง และพันขดลวดทำให้เกิดความร้อน จากนั้นปิดฝาให้แน่น และนำไปบรรจุออกซิเจน โดยเปิดลิ้นบรรจุอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันออกซิเจนที่เข้าไปเป่าเชื้อเพลิงจากขากถ้วย จนกระทั่งออกซิเจนมีความดันประมาณ 23 บาร์ (ก่อนบรรจุออกซิเจนให้ปิดลิ้นระบายให้แน่นก่อน)

4.3 ใส่บอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์ สังเกตฟองอากาศที่รั่วออกจากฝาบอมบ์ ถ้ามีให้รีบแก้ไข

4.4 ต่อสายไฟเข้าตัวบอมบ์ลงไปในถังแคลอริมิเตอร์ ใส่ทอร์โมมิเตอร์เข้าที่ ปรับเครื่องกวนน้ำให้ถูกต้องแน่นหนา แล้วจึงเดินเครื่องกวนน้ำ จนกระทั่งสังเกตว่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสม่ำเสมอ ตอนนี้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที บันทึกค่าไว้

4.5 เมื่อครบ 5 นาที แล้วให้กดสวิทช์จุดระเบิดเพื่อจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ จากนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที ไปจนกว่าอุณหภูมิจะขึ้นสูงสุด และอุณหภูมิเริ่มลดลงอย่างสม่ำเสมอ ตอนนี้ให้อ่านค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ต่อไปอีก 5 นาที ให้บันทึกค่าไว้

4.6 ถ้าอุณหภูมิไม่ขึ้นเลยแสดงว่าเชื้อเพลิงไม่เกิดการลุกไหม้ จากนั้นเอาบอมบ์ออกทำความสะอาด

4.7 ถ้าอุณหภูมิของน้ำพุ่งขึ้น อ่านค่าอุณหภูมิตามข้อ 4.5 แล้วให้นำบอมบ์ออกมาจากแคลอริมิเตอร์ แล้วเปิดลิ้นลดความดันจนหมดกับความดันบรรยากาศ จึงเปิดฝาบอมบ์ออก แล้วสังเกต

ดูภายในว่ามีสภาพเป็นอย่างไร ถ้ามีเชื้อเพลิงเหลือจากการเผาไหม้ การทดลองนี้ก็ใช้ไม่ได้ ให้ทำการทดลองใหม่

4.8 แกะลวดความร้อนที่เหลือในบอมบ์ออกมาวัดความยาว แล้วนำค่าที่ได้ไปลบออกจากความยาวเดิม เพื่อหาความยาวของลวดที่ใช้ไปในการทดลอง

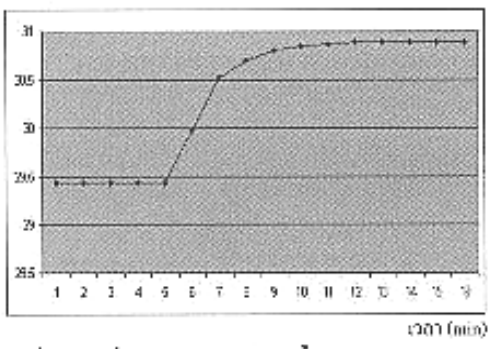
4.9 ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลอง เทน้ำออกจากถังแคลอริมิเตอร์ จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อย

4.10 นำผลที่ได้จากการทดลองไปคำนวณหาค่าความร้อน

5. ผลการทดลอง

5.1 บันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อนได้แก่ แกลบ 100% อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 31°C อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 29.36°C น้ำหนักของแกลบ 100% 1 กรัม ความยาวของลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในระหว่างการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(? kJ)*

m คือ มวลของน้ำในแคลอริมิเตอร์ *(2 kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ *(4.179(kJ/kg K))*

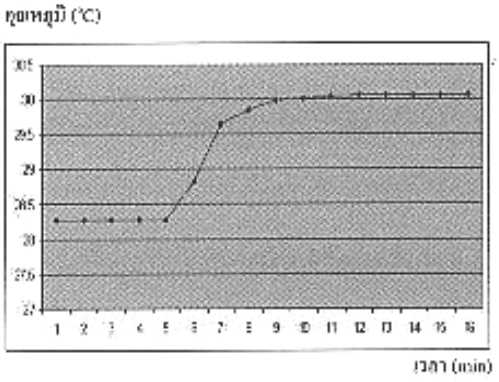
ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง *(1.44 K)*

$Q = 2\ kg \times 4.179\ (kJ/kg\ K) \times 1.44\ K$

$= 12.033\ kJ$

5.2 บันทึกผลการทดลอง :

เชื้อเพลิงที่นำมาทดสอบหาค่าความร้อนแกลบ 25% ผสมกับกากไขมัน 75% อุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง 31°C อุณหภูมิน้ำในแคลอริมิเตอร์ก่อนการทดลอง 28.26°C น้ำหนักของแคลอริมิเตอร์ 1 กรัม ความยาวของลวดความร้อนที่ใช้ 10 เซนติเมตร



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในระหว่างการทดลอง

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$Q = mc\Delta T \qquad (1)$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณความร้อน *(? kJ)*

m คือ มวลของน้ำในบอมบริมิตเตอร์*(2 kg)*

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ

(4.179(kJ/kg K))

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (1.78 K)

$$Q = 2\ kg \times 4.179\ (kJ/kg\ K) \times 1.78\ K$$
$$= 14.877\ kJ$$

6. สรุปผล

โดยการวิจัยได้ทำการทดลองระหว่างแกลบ 100%กับแกลบ 25% ผสมกับกากไขมัน จะเห็นได้จากค่าความร้อนที่ได้จากการทดลองในการผสมกากไขมันจะให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นจากเดิม 19.12%หรือ 2,844 kJ / kg เนื่องจากกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหาร เป็นส่วนผสมระหว่างไขมันพืชและสัตว์จะมีค่าพลังงานความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเตาเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการผสมวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอาจช่วยเพิ่มค่าพลังงานความร้อนขึ้นได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิคยพัชน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพศาล เหลืองตระกูล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในการสนับสนุนสถานที่และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] สัญชนา บุพยเกียรติ. เชื้อเพลิงและการเผาไหม้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

[2] ประเสริฐ เกียมมีนีตร และคณะ. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) 2539

[3] สำนักงานนโยบายและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

[4] ASHRAE. Pocket Guide for Air Conditioning, Heating, Ventilation, Refrigeration. SI ed. USA: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993.

[5] Bohl, Willi., Technische Stromungslehre. Germany: Vogel Verlag und Druck Gmbh, 1971.

[6] Borgnakke, Claus. and Richard E. Sontag. Thermodynamic and Transport Properties. USA: John Wiley & Sons, Inc. 1997.

[7] Parr. Analytical methods for Oxygen bombs. USA: Parr Instrument Company.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายสำรวม โกศลานันท์
วัน เดือน ปีเกิด	07 เมษายน 2516
ที่อยู่	34 ม.หรรษา ซอยเพชรเกษม 81/6 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพูล เขตหนองแขม กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เมื่อ พ.ศ. 2542

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2539 - 2541	ตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 3 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
พ.ศ. 2542 - 2545	ตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 4 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
พ.ศ. 2546 - 2547	ตำแหน่งอาจารย์ 1 ระดับ 5 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
พ.ศ. 2548 - 2548	ตำแหน่งอาจารย์ 2 ระดับ 6 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
พ.ศ. 2548 - ปัจจุบัน	ตำแหน่งอาจารย์ ระดับ 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

นายสำรวม โกศลานันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐกานต์ นิตยพัธน์ ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐสิทธิ์ พัฒนะอิ่ม, “การศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงก้อนจากของผสมระหว่างกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร”, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี, ปีที่ 6, ฉบับที่ 12, เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2551, ISSN 1685 – 5280, 2551, หน้า 41 – 47.