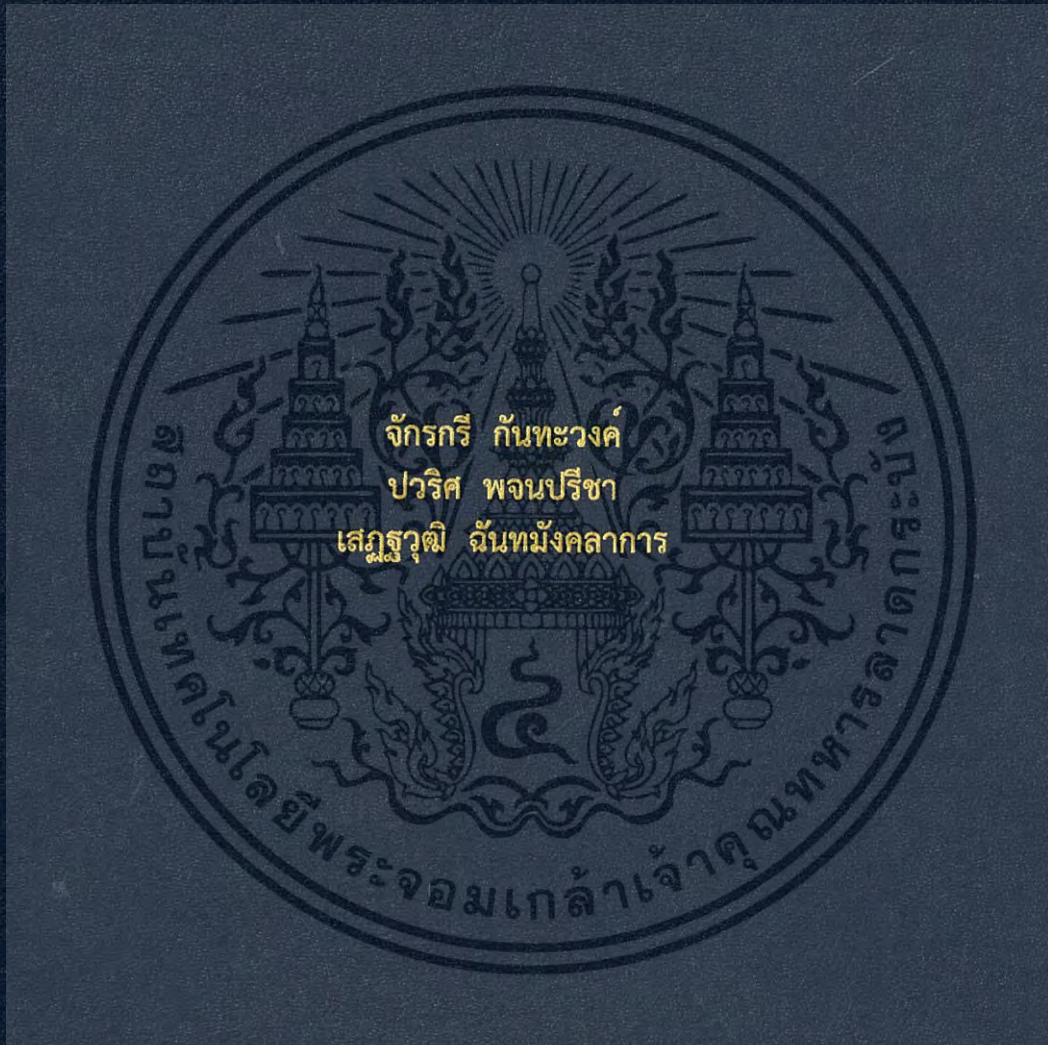


การจัดการน้ำมันที่ผ่านการปรุงอาหารและกากไขมันจากบ่อดักไขมัน

MANAGEMENT OF USED COOKING OIL AND GREASE TRAP WASTE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

การจัดการน้ำมันที่ผ่านการปรุงอาหารและกากไขมันจากบ่อดักไขมัน

MANAGEMENT OF USED COOKING OIL AND GREASE TRAP WASTE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MANAGEMENT OF USED COOKING OIL AND GREASE TRAP WASTE



SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

DEPARTMENT OF CHEMISTRY FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การจัดการน้ำมันที่ผ่านการปรุงอาหารและกากไขมันจากบ่อดักไขมัน Management of Used Cooking Oil and Grease Trap Waste	
ชื่อนักศึกษา	นายจักรกริ กันทะวงศ์	รหัสนักศึกษา 57050572
	นายปวีริศ พจนปรีชา	รหัสนักศึกษา 57050619
	นายเสฏฐวุฒิ ฉันทมังคลาการ	รหัสนักศึกษา 57050657
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)	
ภาควิชา	เคมี	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สุวรรณี จรรย์ยาพูน ประธานกรรมการ	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย กรรมการ	
ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การจัดการน้ำมันที่ผ่านการปรุงอาหารและกากไขมันจากบ่อดักไขมัน	
ชื่อนักศึกษา	นายจักรกริ กันทะวงศ์	รหัสนักศึกษา 57050572
	นายปวีริศ พจนปรีชา	รหัสนักศึกษา 57050619
	นายเสฏฐวุฒิ ฉันทมังคลาการ	รหัสนักศึกษา 57050657
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการแบบบูรณาการน้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งานแล้ว และกากไขมันที่มาจากบ่อดักไขมัน (GTW) โดยในส่วนของน้ำมันที่เลิกใช้งานแล้ว (UO) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพน้ำมันในการนำไปผลิตไบโอดีเซลตลอดจนสำรวจ และเก็บข้อมูล UO ที่เกิดขึ้นในโรงอาหารคณะต่างๆของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ส่วน GTW นำไปศึกษาศักยภาพในการทำปุ๋ยหมักโดยตัวแปรที่ศึกษาคือการใช้สารปรับปรุง (Pretreatment grease, PTG) คือเอนไซม์ (Enz) และน้ำหมักชีวภาพ (EM) ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันที่ผ่านการทอด 2 ครั้ง ณ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ยังมีสมบัติที่เป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการทำไบโอดีเซล ปริมาณการเกิด UO ของทุกโรงอาหาร 20.74 ลิตร/วัน การจัดทำศูนย์รวบรวม UO (Drop off Center) ต้องมีการเก็บสะสม UO 40 วัน/รอบสำหรับการขนส่ง จึงเหมาะสมในการขนส่งไปโรงงานผลิตไบโอดีเซล ส่วนการใช้ GTW ทำปุ๋ยหมักพบว่า PTG ที่เหมาะสมโดยใช้เวลาบ่ม 3 วันคือ EM เมื่อใช้ GTW 30% หมักร่วมกับเศษใบไม้ 30% และปุ๋ยคอก 40% เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2550

คำสำคัญ : กากไขมันจากบ่อดักไขมัน, ปุ๋ยหมักอินทรีย์, น้ำมันปรุงอาหารที่ผ่านการใช้งาน, การจัดการของเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Management of Used Cooking Oil and Grease Trap Waste		
Students	Mr.Jrugkree Kantawong	Student ID 57050572	
	Mr.Pavarit Pojanapreecha	Student ID 57050619	
	Mr.Settawut Chantamangkalagan	Student ID 57050657	
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)		
Department	Chemistry		
Faculty	Science		
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)		
Academic Year	2017		
Advisor	Asst. Prof. Krongkaew Tippayasak		

Abstract

The purpose of this study was to integrating management, the used oil (UO) from cooking process and grease trap waste (GTW). In the UO part; effect of temperature on quality of UO for biodiesel production was examined. The quantity of UO in all faculty canteens of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL) were surveyed and collected data. Furthermore, potentials of GTW to compose an organic fertilizer were also examined. Factors affecting composting such as the pretreatment grease by enzyme (Enz) or effective microorganism (Em) were done with varied contact times. The results showed that the two – times fried UO at 180 °C can be raw materials for biodiesel production. For all canteen, estimation that UO was produced 20.74 L/d. For “drop off center” concept, storage 40 days/transportation cycle is suitable for transportation to the biodiesel production factory. For GTW composting, the pretreatment with EM by incubation time 3 days, showed better results than Enz. GTW 30%, leaf debris 40% and manure 30% composted 30 days got the organic compost with met the Standard criteria of Land Development Department (B.E 2013).

Keywords: Grease Trap Waste, Organic Compost, Used Cooking Oil,
Waste Mangement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามเป้าหมายเพราะ ได้รับความช่วยเหลือ และคำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้าเป็นอย่างดี ผู้ศึกษาจึงอยากขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง จากผู้มีพระคุณหลายท่าน อาทิ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติๆที่คอยสนับสนุนปัจจัยในการส่งเสริมการเรียน คอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ได้มอบความรู้ พร้อมทั้งความเอาใจใส่ และช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน และผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ประธานกรรมการและกรรมการคุมสอบที่ได้สละเวลาอันมีค่าเข้าร่วมรับฟังการนำเสนอโครงการพิเศษ พร้อมทั้งให้คำแนะนำการปรับปรุงแก้ไขโครงการพิเศษนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำการห้องปฏิบัติการเคมี คุณชัชชัย ลักขณา คุณสาคร สอนพงษ์ คุณณัฐพล ไกรธรรม คุณปราณี บุญวัฒน์ คุณสุรินทร์ เหล่าพระจันทร์ คุณพีรพัฒน์ ไกรวัฒนวงศ์ คุณสุพจน์ ศิวาคม และเจ้าหน้าที่ธุรการภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดหาอุปกรณ์และช่วยจัดทำเอกสารเกี่ยวกับการดำเนินงานในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ พ่อค้า และแม่ค้าร้านอาหารในสถาบัน ที่ได้ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูล และช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างกากไขมันนำไปวิเคราะห์

นายจักรกรී กันทะวงค์

นายปวีศ พจนปรีชา

นายเสกฐาภูมิ ฉันทมังคลาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	2
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ไชมัน น้ำมัน และกากไชมัน.....	3
2.1.1 นิยาม.....	3
2.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันและไชมัน.....	4
2.1.3 สมบัติของน้ำมันและไชมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว.....	6
2.1.4 น้ำมันที่พบได้ทั่วไป.....	8
2.2 วิธีการกำจัดน้ำมันและไชมันในน้ำเสียและการนำไปใช้ประโยชน์.....	10
2.3 Green Logistics.....	13
2.4 Waste Minimization.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 เอนไซม์.....	15
2.5.1 สมบัติที่สำคัญ.....	16
2.5.2 ชนิดของเอนไซม์.....	17
2.5.3 การทำงานของเอนไซม์.....	17
2.5.4 แหล่งที่พบเอนไซม์ไลเปส.....	18
2.6 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน.....	18
2.6.1 ค่าความเป็นกรด.....	18
2.6.2 ค่าไอโอดีน.....	19
2.6.3 ค่าสะพอนิฟิเคชัน.....	20
2.6.4 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน.....	21
2.7 ปุ๋ยหมักอินทรีย์.....	21
2.7.1 กระบวนการหมักของปุ๋ยหมัก.....	22
2.7.2 จุลินทรีย์ของปุ๋ยหมัก.....	22
2.7.3 ประโยชน์ปุ๋ยหมัก.....	23
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	27
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์.....	27
3.2 สารเคมี.....	28
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง.....	29
3.3.1 การทดลองส่วนที่ 1	29
3.3.2 การทดลองส่วนที่ 2	32
3.4 วิธีการทดลอง.....	34
3.4.1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วจากโรงอาหาร.....	34
3.4.2 การใช้ประโยชน์กากไขมันจากบ่อดักไขมัน.....	37
3.4.3 แผนการวิเคราะห์.....	38
3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	38
3.4.5 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	40
4.1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วจากโรงอาหาร.....	40
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำมันเมื่อผ่านการให้ความร้อนแล้ว.....	40
4.1.2 การสำรวจน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว.....	41
4.2 การใช้ประโยชน์จากกากไขมัน.....	46
4.2.1 ศึกษาการย่อยสลายของกรดไขมันโดยสารปรับปรุง PTG.....	47
4.2.2 การหมักปุ๋ยชีวภาพ	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	52
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	58
ภาคผนวก ก.....	59
ภาคผนวก ข.....	64
ภาคผนวก ค.....	83
ภาคผนวก ง.....	89
ภาคผนวก จ.....	91
ภาคผนวก ฉ.....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิด.....	5
2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมัน.....	6
2.3 คุณสมบัติของน้ำมันทั่วไปและน้ำมันไบโอดีเซล.....	10
3.1 อัตราส่วนสารปรับปรุงกากไขมัน PTG ต่อกากไขมันแห้ง 1:1 โดยมวล.....	37
3.2 สูตรปุ๋ยหมักต่างๆ.....	38
3.3 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์น้ำมันพืช.....	39
3.4 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์การทดลองที่ 2.....	39
4.1 ผลการสำรวจการใช้ไขมันของแต่ละโรงอาหารในสถาบัน.....	43
4.2 ผลรวบรวม UO ที่ผ่านการใช้งานแล้วของแต่ละโรงอาหารต่างๆ.....	44
4.3 จำนวนวันในการจัดเก็บน้ำมันเหลือใช้.....	45
4.4 สมบัติเบื้องต้นของ GTW.....	46
4.5 องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักแบบเติมสารปรับปรุงคุณภาพและชุดควบคุม.....	50
4.6 พารามิเตอร์ต่างๆ ของปุ๋ยหมักแต่ละสูตรเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก.....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้างไขมันในรูปของน้ำมันและน้ำมัน.....	3
2.2 การจำลองการแยกชั้นของน้ำเสียจากการประกอบอาหาร.....	7
2.3 Micelles.....	7
2.4 อธิบายการทำงานของเอนไซม์.....	17
2.5 สมการการแทนที่ของ I_2 ในการทดลอง.....	19
2.6 ปฏิกิริยาการเกิด Saponification.....	20
3.1 น้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อน.....	31
3.2 บอดักไขมัน.....	32
3.3 เศษใบไม้.....	32
3.4 เอนไซม์ที่มีจำหน่าย.....	33
3.5 น้ำหมักชีวภาพที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์.....	33
3.6 ลักษณะถังปุ๋ยหมัก.....	34
3.7 ลักษณะฝาขวดที่เจาะรูโดยรอบ.....	34
3.8 วิธีบรรจุใส่สังเคราะห์บริเวณด้านในฝาถัง.....	34
3.9 แผนภาพการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน.....	35
3.10 จุดสำรวจบริเวณโรงอาหารแต่ละคณะใน สจล.....	36
4.1 เปร็เซ็นปริมาณการใช้ไขมันที่ผ่านการใช้แล้วของแต่ละโรงอาหาร.....	41
4.2 การเปรียบเทียบกรด.....	47
4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก สูตรที่ 1, 2, และ 3.....	49

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	สัญลักษณ์
สจล.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
%	ร้อยละ
°C	องศาเซลเซียส
AC	ค่าความเป็นกรด
BDS	แบเรียมไดฟิสิกัลมินซ์ลโฟเนต
C/N ratio	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
control	ชุดควบคุม
EM	น้ำหมักชีวภาพ
Enz	เอนไซม์
FFA	กรดไขมันอิสระ
g	กรัม
GTW	กากไขมันจากบ่อดักไขมัน
I.no	ค่าไอโอดีน
Kj/g	กิโลจูลต่อกรัม
pH	ความเป็นกรดด่าง
PTG	สารปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น
TC	คาร์บอนทั้งหมด
TK	โพแทสเซียมทั้งหมด
TN	ไนโตรเจนทั้งหมด
TP	ฟอสฟอรัสทั้งหมด
UO	น้ำมันที่เลิกใช้งานแล้ว
v/v	ปริมาตรต่อปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของมนุษย์ล้วนก่อให้เกิดของเสียเป็นจำนวนมาก สาเหตุจากการขยายตัวของประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจที่ทำให้มาตรฐานการดำรงชีวิตสูงขึ้น รวมไปถึงมีปริมาณความต้องการที่มากขึ้น จึงเกิดการสะสมของขยะ, ของเสีย และสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่เกิดจากกิจกรรมในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการขยะ และของเสียที่เหมาะสม

น้ำมัน และไขมันเป็นสารที่อยู่ในธรรมชาติ ได้มาจากพืช และสัตว์ ลักษณะทั่วไปของน้ำมัน และไขมันคือมีความหนาแน่นต่ำ ลอยอยู่เหนือน้ำ ทำให้น้ำมันหรือไขมันเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มักพบในรูปของคราบในน้ำเสียชุมชนในการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นนิยมใช้ถังดักไขมันเพื่อแยก GTW ออกจากน้ำเสียซึ่ง GTW เหล่านี้เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ช้า และเป็นปัจจัยที่รบกวนการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียทุกชนิดจึงต้องมีการบำบัดที่เหมาะสม วิธีที่ได้รับความนิยมคือการฝังกลบ GTW กับขยะมูลฝอยซึ่งต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างเยอะ และยังก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ รวมไปถึงน้ำชะขยะซึ่งมีโอกาสที่จะไหลไปสู่แหล่งน้ำผิวดิน มาตรการในการป้องกันหรือฟื้นฟู GTW ในแหล่งน้ำ(กรมควบคุมมลพิษ, 2551) จึงเข้ามามีบทบาทในการลดปริมาณน้ำมันและไขมันที่ปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ณ แหล่งกำเนิดเช่นร้านอาหาร และบ้านเรือน GTW ที่เกิดขึ้นมีศักยภาพในการนำมาใช้ทำปุ๋ยหมักอินทรีย์เนื่องจาก GTW มีปริมาณของสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์ในการเจริญเติบโต รวมถึงใช้ในการย่อยสลาย GTW (นันทพงศ์ จันทมาศ, 2557) กระบวนการหมักปุ๋ยเป็นการหมักบ่มของสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้สลายตัวในสภาวะมีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน ซึ่งปุ๋ยหมักที่ได้ยินมนำไปใช้ในการช่วยปรับปรุงสภาพดินให้อุดมสมบูรณ์ขึ้นโดยการเพิ่มธาตุอาหารสำหรับพืช, ปรับปรุงความเป็นกรด-ด่าง และทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น น้ำมันไบโอดีเซลเป็นพลังงานทางเลือกที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน (กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2560) แต่ภาพรวมของของเสียชุมชนที่ลงสู่สิ่งแวดล้อมยังคงมีปริมาณหลักเป็นกากอาหาร และของเสียอินทรีย์(Suthapanich W., 2556) ซึ่งบ่งบอกได้ว่ายังมีของเสียที่เป็นน้ำมัน และไขมัน ถูกปล่อยไปแบบไม่เกิดประโยชน์อะไร ดังนั้นการนำวิธีการหรือระบบมาประยุกต์ใช้ในการจัดการน้ำมันและไขมันที่ต้องปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จึงเป็นจุดที่น่าสนใจในการศึกษาขึ้น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการจัดการน้ำมันและไขมันที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยศึกษาแนวทางในการลดการปล่อยไขมันลงในท่อระบายน้ำ ณ แหล่งกำเนิด (Reduction at source) และประยุกต์ใช้ระบบในการจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1). ศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการน้ำมันที่ใช้แล้ว ณ แหล่งกำเนิดนำไปผลิตไบโอดีเซล
- 2). ศึกษาการจัดการกากไขมันโดยการนำไปทำปุ๋ยหมักให้เหมาะสม
- 3). ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของโรงอาหารมาผลิตปุ๋ยหมัก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1). น้ำมันที่ใช้แล้ว และกากไขมันจากบ่อดักไขมัน (GTW) ที่ศึกษา จากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
- 2). ศึกษาการเก็บรวบรวมน้ำมันที่ใช้แล้วจากคณะต่างๆภายในสจล.
- 3). ในการทำปุ๋ยหมักจาก GTW ศึกษาผลของ
 - สารปรับปรุง GTW 2 ชนิด คือ เอนไซม์เชิงพาณิชย์ (Enz) และน้ำหมักชีวภาพเชิงพาณิชย์ (EM)
 - ระยะเวลาที่ใช้ปรับปรุง 1, 2 และ 3 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาผลกระทบของน้ำมัน และไขมันที่ลงสู่แหล่งน้ำ
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการของเสียให้กลับมาใช้ใหม่ได้อย่างคุ้มค่า และเหมาะสม
3. ทราบความเป็นไปได้ของการใช้กากไขมันจากโรงอาหารในการนำมาผลิตปุ๋ยหมักไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

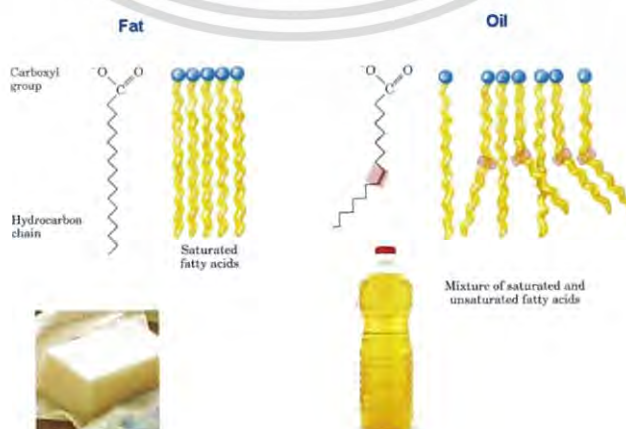
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไขมัน, น้ำมันและกากไขมัน

2.1.1 นิยาม

King W. M. (2017) สิ่งมีชีวิตมีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่สำคัญอยู่หลากหลาย เช่น โปรตีน, ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เมื่อสิ่งมีชีวิตตายหรือกลายมาเป็นของเสียจึงเกิดการสลายตัวทางธรรมชาติซึ่งในกรณีของโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตนั้นเกิดได้ง่าย เนื่องจากสามารถแตกตัวหรือละลายได้ในน้ำได้ แต่สารอาหารจำพวกไขมัน (Lipid) มีสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำเหมือนสารอื่นๆ ทำให้เกิดการสลายตัวได้ช้า และสะสมในธรรมชาติเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดมลพิษต่างๆ รวมไปถึงการอุดตันของท่อระบายน้ำด้วยเช่นกัน

ไขมัน (Fat) ในทางโภชนาการ หมายถึงสารอาหารที่ให้พลังงาน โดยมีส่วนประกอบหลักคือไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งไขมัน 1 กรัมสามารถให้พลังงานได้ 9 กิโลแคลอรี (Kilocalorie) ขณะที่โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี ซึ่งไขมันพบได้ในรูปของแข็ง (Fat) และของเหลว (Oil) ตามองค์ประกอบที่แตกต่างกันดังรูปภาพที่ 2.1 โดยไขมันนั้นมีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยพันธะเดี่ยวทำให้เกิดเป็นโซ่ตรงในรูปร่างโมเลกุล แต่น้ำมันนั้นมีลักษณะโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยพันธะเดี่ยว และพันธะคู่ทำให้เกิดโครงสร้างที่ไม่เสถียรในอุณหภูมิห้อง จึงมักพบน้ำมันในรูปของของเหลว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 2.1 ลักษณะโครงสร้างไขมันในรูปของไขมันและน้ำมันใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีลิขสิทธิ์ในชื่อและภาพของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้ การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ที่มา : ณกัญญากร จินดา และ ทรัพย์ทวี ฝู้นทอง ! (2549)

กรดไขมัน (Fatty acid) เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของไขมัน โดยกรดไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิห้องจัดเป็น กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ขณะที่น้ำมัน (Oil) มีองค์ประกอบหลักคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) พบพันธะคู่ในโครงสร้างของไขมันจึงทำให้มีจุดหลอมเหลวที่ต่ำ ทั้งนี้ได้มีการจัดประเภทของไขมันไม่อิ่มตัวขนาดใหญ่ Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) โดยที่นับจากจำนวนคาร์บอนในสายโซ่ทั้งหมด ตามด้วยจำนวนคู่ของพันธะคู่ อย่างเช่น Palmitic acid (16:0) และ Palmitoleic acid (16:1) (Michael W King, 2017)

กรมควบคุมมลพิษ (2551) อธิบายความหมายของกรดไขมันว่า กรดไขมันคือ น้ำมัน และไขมันที่ถูกตัดออกจากบ่อตัดไขมัน และผ่านกระบวนการทำความสะอาด

2.1.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมันและไขมัน

น้ำมัน และไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) จำพวกไตรเอสเทอร์ซึ่งประกอบไปด้วยคาร์บอน, ไฮโดรเจน และออกซิเจนคล้ายกับคาร์โบไฮเดรต แต่มีสัดส่วนที่แตกต่างกันคือมีจำนวนออกซิเจนต่ำกว่าคาร์โบไฮเดรตเมื่อเทียบกับในปริมาณที่เท่ากัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) การรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมันนั้นเกิดขึ้นจากหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) แต่ละหมู่ในโมเลกุลของกลีเซอรอลควบแน่นกับหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) ของกรดไขมันเกิดเป็นหมู่โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมันที่มากับควบแน่นด้วยนั้นอาจมีคาร์บอนในโมเลกุลตั้งแต่ 4 -24 อะตอม

สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของไขมัน และน้ำมันทุกชนิดนั้นประกอบไปด้วยความสามารถในการละลาย, จุดหลอมเหลว, จุดเกิดควัน, ความถ่วงจำเพาะ, ความหนืด, การเกิดผลึกของไขมัน และสี โดยปกติไขมัน และน้ำไม่สามารถละลายในน้ำได้ เนื่องจากไขมัน และน้ำมันนั้นจัดเป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้วจึงต้องนำไปละลายในสารอินทรีย์เช่นเฮกเซน, เบนซีน และแอลกอฮอล์เท่านั้น ไขมัน และน้ำมันมีจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกันเช่น น้ำมันถั่วเหลืองมีจุดหลอมเหลว -8°C ถึง -18°C น้ำมันปาล์มมีจุดหลอมเหลว 27°C ถึง 50°C เป็นต้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะไขมัน และน้ำมันแต่ละชนิดประกอบไปด้วยกรดไขมันหลายชนิดซึ่งจุดหลอมเหลวของไขมันแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับขนาดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมัน (N.V. Bhagavan, Chung-Eun Ha , 2011) ดังเช่นตารางที่ 2.1 ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีในน้ำมัน และไขมันสามารถอธิบายค่าจุดเกิดควันได้ โดยที่ความสัมพันธ์ของปริมาณกรดไขมันนั้นแปรผกผันกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับครูได้ ใช้เพื่อศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าจุดเกิดควัน ยกตัวอย่างเช่น น้ำมันที่มีค่ากรดไขมันสูงมีจุดเกิดควันต่ำ เนื่องจากกรดไขมันอิสระถูกสลายพันธะด้วยความร้อนได้ง่าย (Thomas, Alfred ,2002) โดยสามารถตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำมันบางชนิดได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติจุดเดือดและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันแต่ละชนิด

กรดไขมัน	จำนวนของคาร์บอน : พันธะคู่	โครงสร้างทางเคมี	จุดหลอมเหลว (C°)	จุดเดือด (C°)
Caprylic acid	C8	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	16.5	239
Capric acid	C10	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	31.3	269
Lauric acid	C12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	43.6	304
Myristic acid	C14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	58	332
Palmitic acid	C16:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	62.9	349
Palmitoleic acid	C16:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	33	--
Stearic acid	C18:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69.9	371
Oleic acid	C18:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16.3	--
Linoleic acid	C18:2	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-5	--
Linolenic acid	C18:3	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-11	--
Arachidic acid	C20:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	75.2	--
Eicosenoic acid	C20:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$	23	--
Behenic acid	C22:0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	80	--
Eurcic acid	C22:1	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	34	--

ที่มา: Waste Management and Research Center, 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมัน

ชนิดของน้ำมัน	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะ (องศาเซลเซียส)	จุดเกิดควัน (องศาเซลเซียส)
น้ำมันถั่วเหลือง	-20.0 ถึง -23.0	0.9175	256
น้ำมันปาล์ม	36.0	0.921 – 0.925	218
น้ำมันปาล์มโอเลอิน	21.6	0.8969 – 0.8977	216
น้ำมันมะพร้าว	24.2 – 25.0	0.9226	198
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	10.0 – 16.0	0.9160 – 0.9260	230
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	-16.0 ถึง -18.0	0.9220 – 0.9260	-
น้ำมันข้าวโพด	-11.0 ถึง -8.0	0.9188	230 - 238

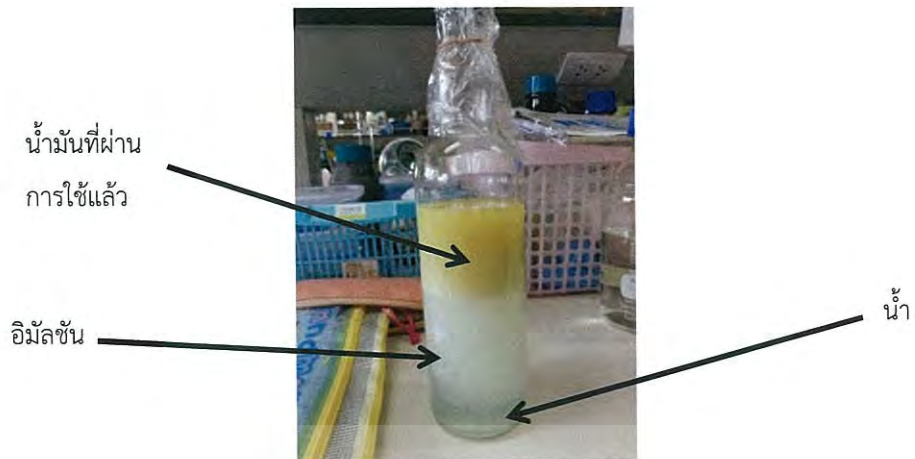
ที่มา: มหาวิทยาลัยแม่โจ้, (2560)

2.1.3 สมบัติของน้ำมันและไขมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว

น้ำมัน และไขมันที่ได้รับความร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมัน และไขมัน (Sanli H., et.al., 2011) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว ผลการทดลองพบว่าน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนทำให้ค่าความเป็นกรด, ความหนืด และปริมาณน้ำที่สะสมในน้ำมันมากขึ้น แต่ค่าไอโอดีนนั้นลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่น้ำมันได้รับความร้อน จึงเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเนื่องจากน้ำที่เป็นส่วนประกอบในอาหารที่นำมาทอด อีกทั้งยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากการที่น้ำมันสัมผัสออกซิเจนระหว่างที่กำลังทอด รวมทั้งเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันร่วมกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

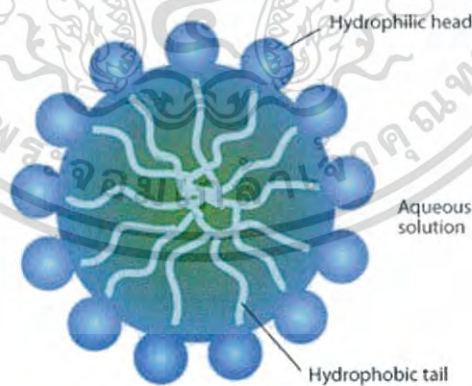
น้ำมัน และไขมันที่อยู่ในน้ำเสียล้วนมาจากการประกอบอาหาร และการซักล้างทำความสะอาด อีกทั้งยังมีการใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเช่นน้ำยาล้างจาน ซึ่งประกอบไปด้วยสารลดแรงตึงผิว ทั้งในแบบมีขี้ และไม่มีขี้ที่ใช้ในการซักล้าง และทำความสะอาดคราบไขมัน ผลที่ตามมาคือน้ำมัน และไขมันบางส่วนสามารถแปรสภาพไปเป็นอิมัลชัน โดยน้ำยาล้างจานที่ละลายในน้ำทำหน้าที่เป็นตัวประสาน (Emulsifier) ทำให้ส่วนที่มีขี้สามารถจับตัวกับน้ำ และส่วนที่ไม่มีขี้จับตัวกับน้ำมัน และไขมันจากที่เดิมที่มีการแยกชั้น จึงเกิดการรวมตัวกันเกิดเป็นอิมัลชัน ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การจำลองการแยกชั้นของน้ำเสียจากการประกอบอาหาร

การประกอบอาหาร และการทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำความสะอาด เช่น น้ำยาล้างจาน, ผงซักฟอก ที่มีองค์ประกอบเป็นพวกสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) สามารถทำให้เกิดการผสมกันของไขมันน้ำเกิดเป็นอิมัลชันกระจายตัวในน้ำไม่เกิดการแยกชั้น ไขมันจะแตกตัวมีขนาดเล็กลง โดยละลายลงในสารลดแรงตึงผิวด้านไม่มีขั้ว (Tail) ส่วนหัว (Head) ของสารลดแรงตึงผิวสามารถละลายได้ในน้ำ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Micelles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 น้ำมันที่พบได้ทั่วไป

น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันที่ได้รับความนิยม และมียอดขายเป็นอันดับหนึ่งในการจัดอันดับยอดขายของน้ำมันพืชในปี พ.ศ.2558 (ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2559) อีกทั้งยังมีราคาที่ไม่แพงสามารถหาซื้อได้ทั่วไป (Gan P. Y. and L. Z. Dong, 2012) น้ำมันปาล์มเป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงสูงกว่าพืชน้ำมันชนิดอื่น อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตต่ำ, ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง โดยปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่สูงกว่าเมล็ดเรพ (Rape seeds) ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศแถบยุโรปถึง 5 เท่า และสูงกว่าถั่วเหลืองที่ใช้กันมากในสหรัฐอเมริกาถึง 10 เท่า เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้น ทนต่อผลกระทบจากภัยธรรมชาติ อีกทั้งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานถึง 20 ปี (World Chemical Group, 2017)

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นที่นิยมในการประกอบอาหารประเภทผัด มียอดขายเป็นอันดับที่ 2 ของตลาดน้ำมันในปี พ.ศ. 2558 น้ำมันถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในสหรัฐอเมริกาซึ่งมีปริมาณการผลิตถั่วเหลืองกว่า 30 ล้านตันต่อปี นอกจากนี้ยังมีประเทศอิตาลีซึ่งนิยมใช้ถั่วเหลืองในการผลิตไบโอดีเซลเช่นกัน โดยน้ำมันถั่วเหลืองที่สามารถจัดจำหน่ายตามท้องตลาดต้องได้รับการตรวจสอบจากองค์การอาหารและยา อีกทั้งเป็นไปตามมาตรฐานมอก. ทุกครั้งที่ออกวางจำหน่าย โดยมีมาตรฐานที่ตรวจสอบในห้องปฏิบัติการดังตารางในภาคผนวก ก-3 สถานการณ์น้ำมันถั่วเหลืองของประเทศไทย คาดการณ์ไว้ในฤดูเก็บเกี่ยวน้ำมันประจำปี 2016-2017 จะต่ำกว่า 60,000 ตัน และมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ ทั้งนี้ได้พยากรณ์ไว้ว่าการบริโภคของประเทศไทยจะต่ำลง 8 เปอร์เซ็นต์ หลังจากได้รับผลกระทบจากราคาน้ำมันถั่วเหลือง และอาหารที่ใช้ไขมันในการประกอบที่มีราคาสูงขึ้น (Preechajarn S., 2017)

วัตถุดิบประเภทหนึ่ง que ควรส่งเสริมให้นำไปผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้ว ซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ด้านการนำไปใช้ผลิตพลังงานแล้ว ยังช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสาธารณสุขอีกด้วย โดยในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ทั่วโลกมีอัตราเฉลี่ยในการบริโภคน้ำมันพืชเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 4 ต่อปี ส่งผลให้ปัจจุบันมีการบริโภคน้ำมันพืชสูงกว่า 100 ล้านตันต่อปี เพราะวิถีการบริโภคที่หันมานิยมอาหารประเภทจานด่วน (Fast Food) ที่ปรุงด้วยการทอดมากขึ้นผลที่ตามมาคือมีน้ำมันพืชใช้แล้วจำนวนมากที่เหลือจากการปรุงอาหารซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีในการควบคุมปริมาณ อาทิ การกำจัด, บำบัดและนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและ

เอกสารสู่สาธารณสุข สำหรับประเทศไทยมีการบริโภคน้ำมันพืชกว่า 800,000 ตันต่อปี ประเมินกันว่ามีน้ำมันไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชที่ผ่านการใช้แล้วเหลือมากกว่า 100 ล้านลิตรต่อปี ในจำนวนนี้ ส่วนหนึ่งนำไปใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่หรือ ใช้ผสมเป็นอาหารสัตว์ขณะที่บางส่วนถูกทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมสาธารณะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมบางส่วนลักลอบนำไปขายในราคาถูกเพื่อใช้ทอดซ้ำ ซึ่งน้ำมันพืชที่นำกลับมาใช้ซ้ำมีลักษณะที่เสื่อมสภาพทั้งทางกายภาพ และทางเคมีทั้งนี้ผู้ที่บริโภคอาหารที่ปรุงด้วยน้ำมันพืชดังกล่าวต่อเนื่องเป็นเวลานานจะทำให้เซลล์ตับ และไตถูกทำลาย รวมถึงเป็นโรคมะเร็งด้วย ประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญหาด้านสุขภาพของประชาชนที่บริโภคน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้ว โดยไม่รู้ตัวจึงได้ออกประกาศ ฉบับที่ 283 ปี 2547 กำหนดมาตรฐานน้ำมันพืชที่นำไปใช้ประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย แต่ประสบกับปัญหาการบังคับใช้กฎหมายประกอบกับภาระต้นทุนที่สูงขึ้นของผู้ประกอบการในปัจจุบัน ทำให้บางรายนำน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วมาปรุงอาหารเพื่อลดต้นทุน ดังนั้นการรณรงค์ให้ไม่นำน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้วมาใช้ซ้ำไม่ได้ผลเท่าที่ควร ซึ่งต่างจากประเทศที่พัฒนาแล้วไม่ว่าจะเป็นสหรัฐอเมริกา, ยุโรป หรือญี่ปุ่นที่มีการออกกฎหมายมาควบคุมดูแล และมีวิธีการจัดการกับน้ำมันพืชผ่านการใช้แล้วอย่างเข้มงวด เพราะถือว่าเป็นของเสียที่ต้องถูกกำจัด หรือบำบัดอย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยประเทศพัฒนาแล้วต่างนิยมนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานด้วยการนำไปผลิตเป็น “น้ำมันไบโอดีเซล” ซึ่งมีการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรม (World Chemical Group, 2017) ซึ่งในการผลิตน้ำมันเพื่อนำไปใช้งาน ต้องดำเนินการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานของ APEC ดังตารางที่ 2.3 และตามมาตรฐานน้ำมันไบโอดีเซลของประเทศไทย กำหนดค่าไอโอดีนิ่มเบอร์เท่ากับ 120 มีปริมาณน้ำไม่เกิน 500 ppm ค่าความเป็นกรดสูงสุด (Maximum Acid Value) เทียบเท่าไม่เกิน 0.5 KOH/g ปริมาณโลหะในรูป Ca และ Mg สูงสุดไม่เกิน 5 ppm (APEC Biodiesel Standard EWG 02/2007A Final Report, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของน้ำมันทั่วไปและน้ำมันไบโอดีเซล

ชนิดน้ำมัน	Kinematic Viscosity At 40°C (mm ² /s)	Calorific Value (MJ/kg)	Cloud Point (°C)	Pour Point (°C)	Flash Point (°C)	Density (kg/m ³) At 15°C
น้ำมันดอกทานตะวัน	33.72	37.26	7.2	-15.0	274	920
น้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว	41.7	37.16	0	-39.7	279	910
น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันดอกทานตะวัน	4.53	37.00	1	-6	173	885
น้ำมันไบโอดีเซลจากน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว	5.58	37.9	2	-7	179	885
น้ำมันดีเซลทั่วไป	2.4	42.54	-5	-17	76	845

ที่มา : (Abuhabaya, et.al, 2010)

2.2 วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียและการนำไปใช้ประโยชน์

การกำจัดน้ำมัน และไขมันในน้ำเสียสามารถกำจัดด้วยวิธีทางกายภาพ, ชีวภาพ และเคมี โดยวิธีที่นิยมใช้ที่สุดคือ การกำจัดโดยวิธีทางกายภาพ เนื่องจากทำได้รวดเร็ว, ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ และมีขั้นตอนไม่ซับซ้อน อีกทั้งระบบมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทางกายภาพ

- การทำให้ลอยตามธรรมชาติโดยอาศัยคุณสมบัติในด้านความถ่วงจำเพาะซึ่งน้ำมัน และไขมันมีความถ่วงจำเพาะที่น้อยกว่าน้ำ เมื่อมีระยะเวลาพักพิงภายในถังเพียงพอทำให้น้ำมัน และไขมันลอยตัวขึ้นมาอยู่ที่ผิวหน้า วิธีการนี้ใช้เครื่องแยกไขมัน (Grease Interceptors) และบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ในการกำจัดน้ำมัน และไขมันออกจากน้ำเสีย

- การทำให้ลอยตัวด้วยอากาศ (Air Flotation) สามารถทำได้โดยการเป่าอากาศลงไปใต้น้ำเสียโดยตรงเพื่อให้ฟองอากาศพาน้ำมัน และไขมันลอยตัวขึ้นมาสู่ผิวหน้าอาศัยหลักการอัดอากาศ เข้าไปในถังความดัน (Pressure Tank) ที่มีน้ำเสียอยู่ เมื่อน้ำเสียอิมมิดด้วยอากาศที่อัดเข้าไปแล้วจึงลดความดันลงเพื่อให้เข้าสู่สภาวะเหมาะสมสำหรับแยกน้ำมัน และไขมัน ซึ่งที่จริงแล้วน้ำมัน และไขมันมีแนวโน้มลอยขึ้นสู่ผิวหน้าได้เอง ฟองอากาศเพียงแต่ช่วยพาให้ลอยขึ้นได้เร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะไขมันที่ไม่สามารถแยกได้ด้วยบ่อดักไขมัน

2. การกำจัดน้ำมัน และไขมันออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

- การรวมตะกอนทางเคมี (Coagulation Flocculation) เป็นการกำจัดน้ำมัน และไขมันในน้ำเสียด้วยวิธีการทางเคมี กระบวนการรวมตะกอนทางเคมีประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนคือ

2.1 การเติมสารเคมีจำพวกสารสร้างตะกอนได้แก่สารส้ม,ปูนขาว และเกลือของเหล็ก เป็นต้น ผสมกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเล็กๆ เพื่อเป็นตัวประสานให้อนุภาคขนาดเล็กจับตัวกัน โดยการกวนอย่างรวดเร็วให้สารเคมีผสมกันในน้ำอย่างรวดเร็ว

2.2 การกวนอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดสภาพการรวมตะกอน ซึ่งได้มีการเกาะกันระหว่างตะกอนแขวนลอยเล็กๆกับสารสร้างตะกอน จนได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จนสามารถตกตะกอนได้

3. การกำจัดน้ำมัน และไขมันออกจากน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ

ถังย่อยไขมัน (Grease Digester) การใช้กระบวนการย่อยไขมัน โดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกสายพันธุ์ สามารถออกแบบให้เป็นที่ทั้งแบบเติมอากาศ และไม่เติมอากาศ โดยจุลินทรีย์ทำหน้าที่เปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลที่ยาวของน้ำมัน และไขมันให้เป็นโมเลกุลเล็กๆ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต

การนำกากไขมันไปใช้ประโยชน์นั้น มีหลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่ลักษณะทางกายภาพ และเคมีของกากไขมัน รวมไปถึงสภาพแวดล้อมของแหล่งกำเนิดกากไขมันด้วย โดยสามารถนำกากไขมันไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. การแปรรูปเป็นปุ๋ยหมักหรือวัสดุปรับปรุงดิน

การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุหมักร่วมกับกากไขมัน หากรูปแบบการหมัก และหาสัดส่วนเวลาที่เหมาะสม พบว่าขุยมะพร้าวเหมาะสมกว่าขี้เลื่อย และการหมักแบบเติมอากาศดีกว่าการหมักแบบไม่เติมอากาศ สัดส่วนของกากไขมันเหมาะสมที่ใช้คือ 40%-60% ใช้เวลา 35-58 วัน ย่อยสลายกากไขมันได้ถึง 95% คุณภาพปุ๋ยที่ได้โพแทสเซียม และไนโตรเจนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยของกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนฟอสฟอรัสต้องมีการเพิ่มเข้าไปเพิ่มเติม (สมเด็จ ใจเพชร, 2543)

2. การแปรรูปเป็นไบโอดีเซล

การแปรรูปเป็นน้ำมันสำหรับรถยนต์ และเครื่องยนต์พบว่ากากไขมันสามารถแปรรูปได้ทั้งเป็นน้ำมันไบโอดีเซล และน้ำมันชีวภาพที่ใช้ทดแทนน้ำมันเบนซิน จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกากไขมันที่ถูกจัดเก็บโดยหน่วยงานรัฐบาลประเทศออสเตรเลีย พบว่าจากการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยา esterification กับ transesterification สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลคือ ในขั้นตอนของปฏิกิริยา esterification ใช้ อัตราส่วนเอทานอล/กรดโอเลอิก 3:1 ด้วยตัวเร่งเป็นกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 5 % v/v ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที อุณหภูมิอยู่ที่ 65 องศาเซลเซียส โดยได้ประสิทธิภาพถึง 95.9% จากการเปรียบเทียบกับน้ำมันดิบที่ใช้ผลิตน้ำมันปกติ (Chao L., et.al, 2016)

3. การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การแปรรูปกากไขมันเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งนิยมนำกากไขมันกับวัสดุอินทรีย์อื่นๆมาผสมกัน เพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่พอเหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน จากการศึกษาการนำกากไขมันมาผสมกับเศษขยะอินทรีย์จำพวกขี้ข้าวพวก, ขี้เลื่อย และแกลบ พบว่ากากไขมันให้พลังงานความร้อนต่ำประมาณ 13.706 ± 0.442 kJ/g แต่เมื่อนำไปผสมกับวัสดุอินทรีย์ให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่า การเผาวัสดุอินทรีย์ที่ไม่ผสมกากไขมัน ซึ่งวัสดุที่เหมาะสมที่สุดจากการวิจัยได้แก่การผสมขี้ข้าวพอกับกากไขมันในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง (สำรวจ โกศลานันท์, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ก๊าซเชื้อเพลิงชีวภาพ

เมื่อกากไขมันที่สะสมในบ่อดักไขมันเกิดการสะสมจนเกิดพื้นที่อับอากาศหรือไม่มีอากาศถ่ายเท ทำให้เกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แบคทีเรียที่เป็นตัวการสำคัญ ได้แก่ Peptococcus, Veillonella หรือ B. Fragilis เป็นต้น ผลผลิตก๊าซที่ได้จากย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนนั้นได้แก่ก๊าซมีเทน และก๊าซไข่เน่า ซึ่งก๊าซมีเทนเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่น่าิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบกิจกรรมของมนุษย์ จากการศึกษาการนำกากไขมันมาผสมกับตะกอนโลหะหนักพบว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ตะกอนโลหะหนักอย่างเดียวถึง 28%-82% อีกทั้งการใช้กากไขมันผสมกับตะกอนโลหะหนักยังทำให้กำจัดของแข็งระเหยได้ในตะกอนโลหะหนักได้มากถึง 13.39% (Grosser A., Neczaj E., 2016)

2.3 Green Logistics

Green Logistics เป็นแนวทางการบริหารจัดการที่เน้นในเรื่อง ของการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มีเป้าหมายสำคัญคือการลดการปล่อยมลภาวะหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาผลาญพลังงานในรูปแบบต่างๆ ทั้งกระบวนการค้า การผลิต และการส่งมอบสินค้าในกระบวนการขนส่ง

แนวคิด Green Logistics มุ่งเน้นการนำวัสดุที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ให้สามารถนำไปรีไซเคิลได้ หรือพยายามหลีกเลี่ยงบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมทั้งนี้ไม่พลาสติก หรือแท่นรองสินค้าถือเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายสินค้าทั้งในคลังสินค้า และการขนส่ง โดยพลาสติกที่ทำจากพลาสติกหรือกระดาษกำลังได้รับความนิยม เพราะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้

กรณีศึกษา : ประเทศญี่ปุ่น

ประเทศญี่ปุ่น ได้เริ่มดำเนินการโลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีนโยบายให้ภาคอุตสาหกรรม, คริวเรือ และภาคขนส่ง มีส่วนร่วมลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะการดำเนินการภาคขนส่ง

การดำเนินการด้าน Green Logistics ของประเทศญี่ปุ่น

1. อบรมจิตสำนึกการขับขี่ให้กับพนักงานขับรถ (Eco-Dive) เพื่อลดการขับรถเร็วเกินมาตรฐาน ลดการเดินเครื่องยนต์เปล่าขณะที่พักผ่อนหรือขนถ่ายสินค้า
2. การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง (Modal Shift) โดยมุ่งใช้ระบบทางรางมากขึ้น ในญี่ปุ่นมีการพัฒนาระบบขนส่งสินค้าทางรถไฟค่อนข้างมาก
 - การขนส่งสินค้าด้วยรถไฟ 1 เทียบเท่ากับการขนส่งด้วยรถบรรทุก 28 คัน
 - การขนส่งสินค้าทางรถไฟ 1 ต้นต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.02 กิโลกรัม ขณะที่ทางเรือ 0.04 กิโลกรัม รถบรรทุก 0.35 กิโลกรัม และเครื่องบิน 1.51 กิโลกรัม
 - การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco-Wrapping) โดยใช้บรรจุภัณฑ์จากกระดาษรีไซเคิล และเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์จากกระดาษมาเป็นพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

ประเทศไทยกับ Green Logistics

ประเทศไทยทั้งภาครัฐ และเอกชนยังไม่ให้ความสำคัญต่อกระบวนการจัดการ Green Logistics มาเท่าที่ควร เห็นได้จากกระบวนการขนส่งของไทยเกือบร้อยละ 88 อยู่ในโหมดการขนส่งทางถนน ซึ่งมีการใช้น้ำมันสูงกว่าการขนส่งทางราง 3.5 เท่า และสูงกว่าการขนส่งทางน้ำถึง 7 เท่า ซึ่งการขนส่งทางรถไฟมีสัดส่วนอยู่เพียงร้อยละ 2 ซึ่งถือว่าต่ำมาก ส่งผลให้ต้นทุนโลจิสติกส์ของไทยสูงกว่าประเทศคู่แข่ง ซึ่งการใช้น้ำมันในภาคการขนส่งมีปริมาณที่สูงกว่าภาคการผลิต นอกจากการที่ทำให้ประเทศไทยต้องเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าน้ำมันแล้ว ยังส่งผลต่อสภาวะมลพิษทางอากาศ อีกทั้งจังหวัดใดอยู่ในพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางของการขนส่ง และกระจายสินค้าทำให้ได้รับผลกระทบมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้ เรื่องของ Green Logistics นอกเหนือจากภาครัฐจะต้องเร่งออกกฎหมาย และปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่งทางราง ในภาคเอกชนจะเกี่ยวข้องกับจิตสำนึกในการรักษาภาวะแวดล้อม เป็นเรื่องของบรรษัทภิบาลหรือ Good Governance โดยการใช้พลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด เช่น การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงของรถบรรทุกเป็น NGV ซึ่งอาจจะต้องลงทุนปรับเปลี่ยนเครื่องหลายแสนบาท แต่ในระยะยาวก็คุ้มค่าต่อต้นทุนที่ลดลง และผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม (ธนิต โสรัตน์, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Waste Minimization

การจัดการของเสียที่ต้นเหตุเป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด เพราะทำให้ปริมาณของเสียที่จะปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมลดลงอย่างมากหรือเป็นศูนย์ สำหรับวิธีการจัดการของเสียที่ได้รับความนิยมได้แก่ Waste Minimization ซึ่งได้รับความนิยมจากต่างชาติ ในการจัดการของเสียประเภทไขมันจากร้านอาหารทั่วไปรวมไปถึงโรงอาหารนั้น มักจะพบการทิ้ง UO ที่ผ่านการใช้แล้ว ถูกทิ้งในท่อระบายน้ำ โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่ตามมา เป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องหาวิธีในการนำมาใช้จัดการกับของเสียที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เหล่านี้

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นหลักการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) ที่ใช้หลักการลดของเสียเหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) โดยวิธีการแยกสารมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย รวมทั้งการลดปริมาณ และความเข้มข้นขององค์ประกอบในของเสียด้วยการไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) จนไม่สามารถนำของเสียไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ก็จะไปบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป โดยมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง นอกจากนี้ในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้นั้นยังต้องประกอบด้วยทัศนคติที่ดี และการร่วมมือกันอย่างเต็มที่จากบุคลากรทุกฝ่ายอีกด้วย

2.5 เอนไซม์

จากการใช้น้ำมันในการปรุงอาหาร ก่อให้เกิดคราบไขมันในน้ำเสีย และตกค้างในส่วนของบ่อตกไขมันซึ่งกำจัดได้ยาก และส่งกลิ่นเหม็น การที่จะช่วยให้กากไขมันสามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นนั้น จึงจำเป็นต้องใช้สารปรับปรุงกากไขมันก่อน ในกรณีนี้ เอนไซม์เป็นหนึ่งในสารปรับปรุงที่นำมาใช้

เอนไซม์ (Enzymes) หมายถึงโปรตีนชนิดหนึ่ง มีหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต เอนไซม์สำคัญต่อทุกปฏิกิริยาเคมีในร่างกายคือทุกเซลล์ของร่างกายรวมกว่า 60 ล้านล้านเซลล์ ทั้งกระบวนการหายใจ, การย่อยอาหาร, การเจริญเติบโต, การคิดและ แม้แต่การนอนปกติแล้ว ปฏิกิริยาทางเคมีของร่างกายนั้นสามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติแต่จะช้ามากไม่ทันต่อการดำรงชีวิต เช่น เมื่อร่างกายต้องการนำน้ำตาลไปใช้ในการสร้างพลังงานสำหรับการสร้างภูมิคุ้มกันต่อต้านเชื้อโรค หากไม่มีเอนไซม์นั้นอาจต้องใช้เวลาจนถึง 3 เดือนจึงจะได้พลังงานดังกล่าว แต่เอนไซม์สามารถเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวได้ถึง 2 แสนเท่า ร่างกายสามารถนำพลังงานมาใช้ได้ภายใน 1 นาที ดังนั้นเอนไซม์จึงเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีหรือตัวคะตะลิสต์ (Catalyst) ที่จำเพาะ ซึ่งทำงานร่วมกับโคเอนไซม์ (Coenzymes) โดยโคเอนไซม์ในที่นี้ก็คือพวกวิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายซึ่งไม่สามารถกระตุ้นให้ทำงานได้หากไม่ได้ทำงานร่วมกับเอนไซม์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สมบัติที่สำคัญ

อัตราการทำงานของเอนไซม์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานโดยทั่วไปของเอนไซม์อยู่ในช่วง 25-40 องศาเซลเซียส หากสูงเกินไปทำให้เอนไซม์เสียสภาพโครงสร้างทำให้เข้าร่วมกับซับสเตรตไม่ได้, ความเป็นกรดเบส โดยทั่วไปเอนไซม์นั้นทำงานได้ดีในช่วงค่า pH 6-7 แต่เอนไซม์หลายชนิดทำงานได้ดีในสภาพความเป็นกรดเบสแตกต่างกันออกไปเช่น Rapp,P (1995) พบว่าไลเปสที่ขับออกจาก *Fusarium oxysporum f. sp.* เร่งปฏิกิริยาย่อยสลาย triolein และ tributyrin สูงสุดที่พีเอช 4.0-10.5 และอุณหภูมิ 30 °c ส่วนไลเปสจาก *Rhizopus niveus* ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่นิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร สามารถทำงานได้ดีที่สุดที่พีเอช 7.0 อย่างไรก็ตามพบว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของไลเปสชนิดนี้เปลี่ยนไปอยู่ในช่วง 7.0-7.7 เมื่อถูกทำให้บริสุทธิ์ (S. Kermasha , et.al, 1998)

ความจำเพาะของเอนไซม์กับซับสเตรตสามารถส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ได้ เช่น Jacobsen and Poulsen (1995) ได้ศึกษาซับสเตรตที่เหมาะสมต่อไอโซไซม์ 2 ชนิด A และ B ของเอนไซม์ไลเปสจาก *Geotircum candidum* พบว่า ชนิด A ไม่มีความจำเพาะต่อชนิดกรดไขมัน ส่วนชนิด B มีความจำเพาะต่อกรดโอเลอิก (C18:1) ขณะที่เอนไซม์ไลเปสจาก *Trichoderma sp. AM 076* มีความจำเพาะต่อ 9, 12 cis hexadeca dienoic (16:2 ω 4) acid เอนไซม์แต่ละชนิดมีหน้าที่เฉพาะตัวเพราะทำปฏิกิริยาเคมีจำเพาะกับสารตั้งต้นหรือซับสเตรต (Substrate) ที่ถูกกำหนดไว้เท่านั้น เช่น เอนไซม์สำหรับย่อยไขมันนั้นไม่สามารถย่อยแป้งได้ และเอนไซม์สำหรับย่อยแป้งไม่สามารถย่อยโปรตีน เป็นต้น

2.5.2 ชนิดของเอนไซม์

1. เอนไซม์จากอาหาร (Food enzyme) คือเอนไซม์ที่พบได้ในอาหารสด อาหารดิบทุกชนิด ถ้ามาจากพืชเรียกว่าเอนไซม์จากพืช (Plant Enzyme) แต่ถ้ามาจากสัตว์ เรียกว่า เอนไซม์จากสัตว์ (Animal Enzyme) อาหารที่ผ่านความร้อนทำให้เอนไซม์ในอาหารถูกทำลายได้โดยง่ายซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ช่วยในการย่อยอาหารที่เรารับประทานเข้าไป

2. เอนไซม์ย่อยอาหาร (Digestive enzyme) คือเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นโดยร่างกาย ส่วนใหญ่ผลิตมาจากตับอ่อนเพื่อใช้ในการย่อยอาหาร และดูดซึมสารอาหารที่เรารับประทานเข้าไปทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่มีคุณค่า

3. เอนไซม์ในการเผาผลาญพลังงาน (Metabolic enzyme) คือเอนไซม์ที่ผลิตในเลือด ในเซลล์, เนื้อเยื่อ และอวัยวะภายในต่างๆ ของร่างกายมีหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีเพื่อช่วยในการเผาผลาญสารอาหาร และสร้างพลังงานสร้างภูมิคุ้มกัน ความเจริญเติบโตให้กับร่างกายรวมถึงการ

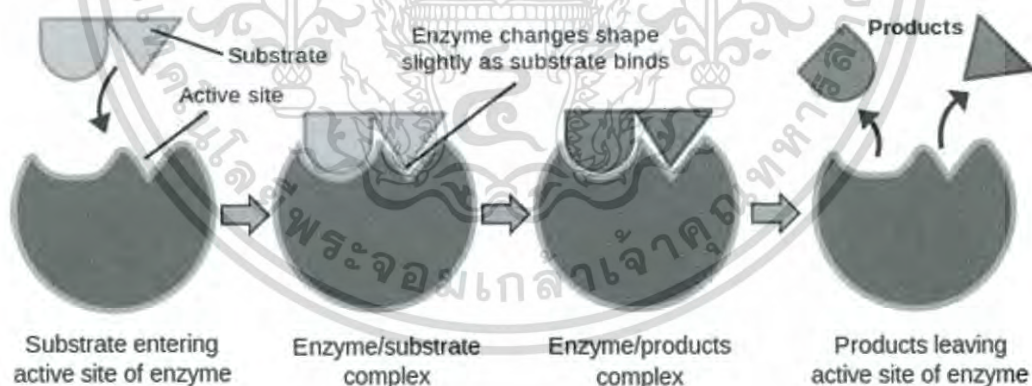
เอกสารช่วยซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของอวัยวะภายใน และช่วยบำบัดรักษาโรคร้ายไข้เจ็บต่างๆของร่างกาย การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การทำงานของเอนไซม์

ในการทำงานของเอนไซม์โครงสร้างของเอนไซม์ทั้งก่อน และหลังการเกิดปฏิกิริยา ยังคงเหมือนเดิมแสดงว่าเอนไซม์ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับซับสเตรต แต่ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเอนไซม์ได้จับตัวกับซับสเตรต ทำให้ซับสเตรตแปรสภาพไปโดยมีการสลายหรือสร้างพันธะของซับสเตรตขึ้นใหม่ จากการรวมตัวระหว่างเอนไซม์กับซับสเตรต จนกลายเป็นเอนไซม์ซับสเตรตคอมเพล็กซ์ (Enzyme-substrate complex) มีสมมติฐานที่อธิบายกลไกไว้ดังนี้

1. สมมติฐานแม่กุญแจกับลูกกุญแจ ที่เอนไซม์เปรียบเสมือนเป็นลูกกุญแจส่วนซับสเตรตคือแม่กุญแจ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อไขด้วยลูกกุญแจโดยแม่กุญแจต้องมีรูปร่างที่พอเหมาะเท่านั้นถึงสามารถรวมกับเอนไซม์ และเกิดปฏิกิริยากลายเป็นผลิตภัณฑ์ได้

2. สมมติฐานการเหนี่ยวนำแอคทีฟไซต์ (Active site) สามารถยืดหยุ่น และเปลี่ยนสภาพได้ เมื่อซับสเตรตเข้าใกล้บริเวณแอคทีฟไซต์ (Active site) ของเอนไซม์ซับสเตรตทำให้เหนี่ยวนำให้เอนไซม์เปลี่ยนโครงสร้างบริเวณแอคทีฟไซต์ให้มีรูปร่าง และขนาดพอเหมาะที่รวมกับซับสเตรตได้ โดยได้แสดงการเข้าจับของเอนไซม์กับแอคทีฟไซต์ (Active site) ดังรูปภาพที่ 2.4 (MedThai, 2016)



รูปที่ 2.4 อธิบายการทำงานของเอนไซม์

ที่มา : Medthai , (2016)

2.5.4 แหล่งที่พบเอนไซม์ไลเปส

ไลเปสเป็นเอนไซม์ที่พบอยู่ทั่วไปไม่เพียงแต่ในสัตว์ และพืชเท่านั้นแต่ยังคงพบได้ในจุลินทรีย์ทั้งในกลุ่มรา, ยีสต์, แบคทีเรีย และแอกติโนไมซิส ในสัตว์สามารถพบไลเปสได้ในตับอ่อน และน้ำนมส่วนในพืชสามารถพบไลเปสได้ในเนื้อเยื่อที่มีการสะสมพลังงาน เช่นในเมล็ดพืชที่กำลังงอก อาทิ เมล็ดข้าวสาร, ข้าวโอ๊ต, ข้าวเรย์ และฝ้าย เป็นต้น จุลินทรีย์ที่ผลิตไลเปสพบได้ทั่วไปตามน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืช, อุตสาหกรรมผลิตนม นอกจากนั้นยังพบได้ในดินที่มีการปนเปื้อนน้ำมัน, กองปุ๋ย, บ่อน้ำพุร้อน และเมล็ดพืชที่มีการผลิตน้ำมันเป็นต้น ในระยะเวลาที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยส่วนมากนั้นมุ่งเน้นไปที่เอนไซม์ไลเปสที่ผลิตจากจุลินทรีย์มากกว่าจากพืช และสัตว์ ซึ่งพบว่าเอนไซม์ไลเปสที่ผลิตจากจุลินทรีย์เท่านั้นที่ถูกนำมาผลิตทางการค้า มีความสำคัญอย่างมากในด้านอุตสาหกรรมหลายด้าน โดยข้อได้เปรียบเอนไซม์ไลเปสที่ได้จากจุลินทรีย์คือ ไลเปสที่ผลิตจากจุลินทรีย์มีความเสถียรค่อนข้างสูงกว่าไลเปสที่ได้จากพืช และสัตว์ อีกทั้งจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งมีการผลิตเอนไซม์ได้ในปริมาณที่สูง นอกจากนั้นขั้นตอนในการเลี้ยงไม่ยุ่งยาก และใช้พื้นที่น้อยรวมทั้งง่ายต่อการควบคุม, จัดการ และพัฒนาสายพันธุ์ให้ดีขึ้นได้ (จุฬากานต์ บุญมี, 2552)

2.6 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์น้ำมันและไขมัน

พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์น้ำมัน และไขมัน, ปุ๋ย และPTG นั้นประกอบไปด้วยค่าความเป็นกรดหรือค่ากรดไขมันอิสระ, ค่าไอโอดีน, ค่าสะพอนิฟิเคชัน, ดัชนีการงอกของเมล็ดฯ ในการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์วัดจากค่าที่ส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายไขมัน และการตรวจคุณสมบัติของปุ๋ยที่ได้ผลิตได้

2.6.1 ค่าความเป็นกรด (Acid Value)

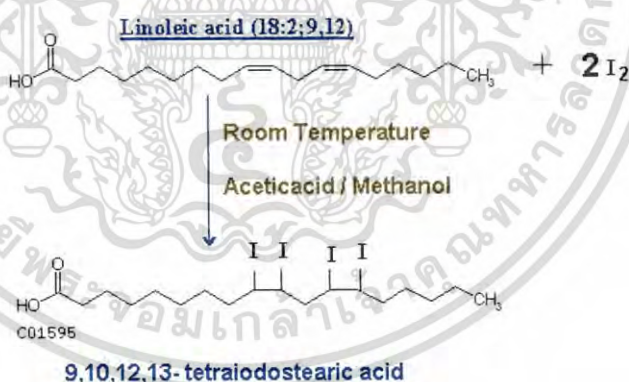
ค่าความเป็นกรดของไขมันหมายถึงค่าที่บ่งบอกถึงจำนวนมวลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการสะเทินกรดไขมันอิสระหรือกรดอื่นๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างหนึ่งกรัม (KOH/weight of sample in gram) โดยค่าความเป็นกรดของไขมันนี้ยังสัมพันธ์กับการคำนวณค่ากลิ่นหืนของตัวอย่าง (Rancidity) ในเชิงของกรดไขมันที่เกิดจากการย่อยสลายจากน้ำมัน และไขมัน อีกทั้งค่ากรดไขมันอิสระยังสามารถอธิบายในรูปของเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันประเภทกรดโอเลอิก (Free fatty acid percentage) ได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบต่อการใช้งานไปทำไบโอดีเซล สุภกร บุญยืนและคณะ (2553) พบว่าน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ และทำให้ร้อยละการเปลี่ยนเป็นไบโอดีเซลในขั้นตอนทรานเอสเทอร์ฟิเคชันต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในน้ำมันจะทำปฏิกิริยากับเบสโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และทำให้ปริมาณเบสตัวเร่งที่ใช้สำหรับปฏิกิริยามีปริมาณต่ำลงรวมทั้งทำให้เกิดสบู่ และน้ำซึ่งเป็นอุปสรรคในขั้นตอนการทำให้ไขมันเป็นไบโอดีเซลบริสุทธิ์

2.6.2 ค่า Iodine number

ค่าไอโอดีน (Iodine Value) ในทางเคมีวิเคราะห์เรียกว่า Iodine Number ใช้สำหรับการวัดระดับของน้ำมันหรือไขมันที่ไม่อิ่มตัว โดยไขมัน และน้ำมัน นั้นประกอบไปด้วยไขมันอิ่มตัว และไขมันไม่อิ่มตัวแต่สำหรับไข (Wax) นั้นไม่พบค่าไอโอดีนซึ่งหมายความว่าสารประกอบของไขนั้นไม่มีพันธะคู่หรือพันธะสามอยู่เลย สำหรับค่าไอโอดีนนั้นส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยา, ความเสถียรของสาร, น้ำหนัก และความหนืด โดยสามารถวิเคราะห์ด้วยวิธี Titration ดังสมการในรูปที่ 2.5



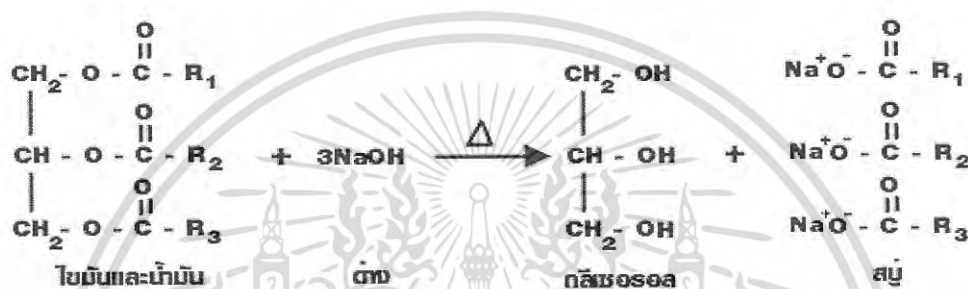
รูปที่ 2.5 สมการการแทนที่ของ I₂ ในการทดลอง

ที่มา : <http://biosiva.50webs.org/lipids.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ค่าสะพอนิฟิเคชัน

ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification number หรือ Saponification value ,S.V.) คือ จำนวนมิลลิกรัมของด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ไนไขมัน หรือน้ำมัน (เรียกว่า ปฏิกิริยา saponification) อย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่ ซึ่งเป็นเกลือของกรดไขมัน (fatty acid) 3 โมเลกุล และกลีเซอรอล ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการเกิด Saponification

ที่มา : นิธิยา รัตนานนท์, พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ . (2560)

ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification Value) ใช้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงขนาดโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) อย่างเช่น หากน้ำมันมีค่าสะพอนิฟิเคชันสูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้ด่าง (Base) ในการทำปฏิกิริยา Transesterification Process มาก สำหรับค่าสะพอนิฟิเคชันของน้ำมันท้องตลาด มีดังนี้ น้ำมันปาล์ม (Palm oil) 190-209 mg KOH/oil in g, น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil) 191 mg KOH/oil in g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน

ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification) คือการทำปฏิกริยาระหว่าง ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือ น้ำมันที่มาจากน้ำมันพืชกับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกริยา ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นไบโอเอสเทอร์หรือที่เรียกว่า น้ำมันไบโอดีเซล และกลีเซอรอล โดยสารไบโอเอสเทอร์ที่เกิดจากปฏิกริยานั้นขึ้นอยู่กับชนิดแอลกอฮอล์ที่นำมาทำปฏิกริยา และชนิดของตัวเร่งปฏิกริยา สำหรับตัวเร่งปฏิกริยาที่ใช้ในปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันมีหลายชนิด ได้แก่ เบส, กรด และเอนไซม์ เป็นต้น ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ฟิเคชันเกิดได้ดีเมื่อมีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อย เนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระที่สูงจะทำให้เกิดปฏิกริยาข้างเคียงคือ ปฏิกริยาการเกิดสบู่หรือปฏิกริยาสะพอนิฟิเคชันทำให้ได้ผลผลิตลดลง ตัวเร่งปฏิกริยาชนิดเบสที่นิยมใช้มากที่สุดคือ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากทำให้ปฏิกริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าตัวเร่งปฏิกริยาเบสชนิดอื่น ส่วนตัวเร่งปฏิกริยาชนิดกรด มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกริยาที่ช้ากว่า

2.7 ปุ๋ยหมักอินทรีย์

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากหมักบ่มสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้สลายตัว และผู้พึงไปบางส่วนทำให้ได้ปุ๋ยที่มีลักษณะสีคล้ำดำ มีลักษณะเป็นผง ละเอียดเหมาะสม สำหรับการปรับปรุงดิน และให้ธาตุอาหารแก่พืช

วัสดุอินทรีย์ที่ใช้สำหรับการหมัก อาจเป็นเศษพืชสด วัสดุอินทรีย์เผา รวมถึงอาจผสมซากของสัตว์ หรืออาจผสมปุ๋ยคอกก็ได้ และหากนำมากองรวมกัน พร้อมรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ จุลินทรีย์ก็จะทำการย่อยสลายขึ้นซึ่งสังเกตได้จากกองปุ๋ยหมักจะมีความร้อนเกิดขึ้น เมื่อเกิดความร้อนจึงจำเป็นต้องคลุกกลับกองปุ๋ย และรดน้ำให้ทั่ว ซึ่งจะทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง และหากความร้อนในกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันในทุกจุด และความร้อนมีน้อยจึงจะแสดงได้ว่าปุ๋ยหมักปุ๋ยพร้อมใช้งานแล้ว ปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายได้ดีแล้วจะมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียดสีน้ำตาลดำ มีความร่วนซุย และมีกลิ่นฉุนของการหมัก เมื่อนำปุ๋ยหมักไปใช้ในแปลงเกษตรก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งช่วยเพิ่มแร่ธาตุ อินทรีย์วัตถุ ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง และช่วยให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 กระบวนการหมักของปุ๋ยหมัก

1. การหมักแบบใช้ออกซิเจน เมื่อวัสดุหมักเกิดการย่อยสลายจนได้สารอินทรีย์ตั้งต้น ได้แก่ ไขมัน โปรตีนคาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส ลิกนิน ฯลฯ สารเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์จำพวก (Thermophilic bacteria เช่น *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Cellulomonas sp.*, *Flavobacterium sp.*, *Micrococcus sp.* และ *Achromobacter sp.*) ที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายด้วยการดึงออกซิเจนมาใช้ในกระบวนการ และสุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นอิวมัส น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แอมโมเนีย (NH₃) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และพลังงานความร้อน

2. การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์จำพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจน 2 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์สร้างกรด และจุลินทรีย์สร้างมีเทน ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สุดท้าย ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แอมโมเนีย (NH₃) และพลังงานความร้อน

2.7.2 จุลินทรีย์ของปุ๋ยหมัก

กระบวนการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมักเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน และกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งทั้งสองกลุ่มจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง จนกระทั่งเกิดการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์จนได้สารอินทรีย์วัตถุที่เรียกว่า ปุ๋ยหมัก (Compost) กระบวนการย่อยสลายดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยจุลินทรีย์หลายชนิดรวมกัน และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะอุณหภูมิปานกลาง (Mesophilic Phase) เป็นช่วงแรกของการย่อยสลาย จำนวนจุลินทรีย์ค่อยๆเพิ่มจำนวนขึ้น ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 20-45 °C
2. ระยะอุณหภูมิสูง (Thermophilic Phase) เป็นช่วงที่มีการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์เกือบคงที่ และเกิดการย่อยสลายทั่วทั้งกอง โดยอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 45 – 60 °C หรือมากกว่า ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมจะต้องไม่ต่ำกว่า 45 °C เป็นช่วงที่เกิดการย่อยสลายมากที่สุดจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในกองปุ๋ยหมัก
3. ระยะอุณหภูมิลดลง (Maturation Phase) เป็นช่วงที่จุลินทรีย์บางส่วนเริ่มตายลง ปริมาณอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนหมด อัตราการย่อยสลายจึงลดลง ทำให้อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักลดลงตามมา ซึ่งเป็นระยะที่จะเสร็จสิ้นการย่อยสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ประโยชน์ปุ๋ยหมัก

1. เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งปริมาณอินทรีย์วัตถุ, แร่ธาตุอาหาร, ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม
2. ช่วยในการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ในดิน ทำให้ธาตุอาหารถูกพืชนำไปใช้ได้รวดเร็วขึ้น
3. ช่วยเพิ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน
4. ช่วยต้านการแพร่ของจุลินทรีย์ก่อโรคพืชชนิดต่างๆในดิน
5. ทำให้ดินมีความร่วนซุย จากองค์ประกอบของดินที่มีดิน อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม
6. ช่วยปรับสภาพ pH ของดิน ให้เหมาะสมกับการปลูกพืช
7. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดึงแร่ธาตุของพืชจากปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใส่
8. ช่วยดูดซับความชื้นไว้ในดินให้นานขึ้น ทำให้ดินชุ่มชื้นตลอดเวลา

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jung-Min P. and Jin-Man K. (2016) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลจากการทอดนัตเกิดไก่ในน้ำมันเดือด โดยวิเคราะห์กรดไขมันจากน้ำมันที่ทอดแล้วของน้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันปาล์ม, น้ำมันกากหมู และน้ำมันผักกาดก้านขาว ด้วยการพิจารณาจากค่าเปอร์ออกไซด์, ค่าความเป็นกรด และองค์ประกอบของกรดไขมันโดยใช้เครื่อง Gas Chromatography หลังจากทีน้ำมันผ่านการทอดนัตเกิดจำนวน 101 ชิ้น ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าความเป็นกรดของน้ำมันถั่วเหลืองเท่ากับ 5.14 mg KOH/g และ 66.03 meq/kg, ของน้ำมันผักกาดก้านขาว เท่ากับ 4.47 mg KOH/g และ 71.04 meq/kg, ในน้ำมันปาล์ม เท่ากับ 2.66 mg KOH/g และ 15.48 meq/kg และน้ำมันหมู เท่ากับ 5.37 mgKOH/g และ 62.92 meq/kg โดยผลจากการวิเคราะห์ ค่าเปอร์ออกไซด์ พบว่า ความร้อนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าเปอร์ออกไซด์มากขึ้นยกเว้นค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์ม ค่าความเป็นกรดของน้ำมันทุกชนิดเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการทอดแต่เพิ่มในอัตราส่วนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมันแต่ละชนิด

ทินกร เตียนสิงห์ (2549) ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ Fatty acid methyl ester (FAME) ด้วย เครื่อง GC-FID ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสามารถเตรียมอนุพันธ์ FAME จากกรดไขมันโดยใช้สารละลายกรดในเมทานอลได้ โดยกรดที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทดลองหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดทั้งสองชนิดพบว่าความเข้มข้นของ HCl ที่ให้ค่าที่เหมาะสมที่สุด มีความเข้มข้น 1% (v/v) และกรด H₂SO₄ ที่ความเข้มข้น 5% (v/v) นอกจากนี้ยังสามารถใช้โบรอนฟลูออไรด์ซึ่งเป็นกรดลิวอิสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้เช่นกัน ตัวแปรที่ควบคุมการเกิดปฏิกิริยา Methylation ของเมทานอลที่ได้ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเกิดปฏิกิริยา คือ 50°C - 60 °C และใช้เวลา 10 นาทีในการเกิดปฏิกิริยา

รัชกร นามกร (2558) ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักร่วม และคุณภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งประเภทกากตะกอนน้ำทิ้งจากโรงบำบัดเสียชุมชนหมักร่วมกับเศษผัก และกากไขมัน เพื่อเป็นช่องทางในการนำกากไขมัน และตะกอนน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ และลดปริมาณมูลฝอย โดยมีรูปแบบการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : เศษผัก ในอัตราส่วน(kg) 4:10 ชุดการทดลองที่ 2 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : กากไขมัน ในอัตราส่วน(kg) 4:10 และชุดทดลองที่ 3 ใช้กากตะกอนน้ำทิ้ง : เศษผัก : กากไขมัน ในอัตราส่วน(kg) 4:8:2 โดยคำนวณจากการประมาณ C:N ratio ให้อยู่ในช่วง 25:1 – 30:1 และมีน้ำหนักรวมเริ่มต้น 14 กิโลกรัม ผลการวิจัยพบว่า ชุดการทดลองที่ 1 , 2 และ 3 หลังสิ้นสุดการหมัก (ระยะเวลา 56 วัน) มวลลดลงเหลือ 2.47, 11.09 และ 3.07 กิโลกรัม ค่า pH เท่ากับ 8.71, 5.44 และ 6.91 ค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนร้อยละ 26.16, 49.40 และ 31.84 ค่า C:N ratio เท่ากับ 16.56:1 , 88.22:1 และ 20.91:1 ตามลำดับ และพบว่าประสิทธิภาพของการย่อยสลายของชุดการทดลองที่ 1 ให้ผลดีที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 3 และ 2 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณภาพปุ๋ยหมักจากธาตุอาหารหลัก และโลหะหนัก (ทองแดง แคดเมียม และตะกั่ว) ของทั้งสามชุด การทดลองตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าร้อยละของปริมาณไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม เท่ากับ 1.58 - 2.32 - 2.19 , 0.56 - 0.98 - 0.50 และ 1.52 - 1.96 - 2.00 ตามลำดับ

สมเดช ใจเพ็ชร (2543) ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการนำกากไขมันจากถังดักไขมัน มาทำปุ๋ยหมัก การทดลองเป็นแบบ batch โดยทำการกำหนดตัวแปร วัสดุที่ใช้หมัก, การเติมอากาศ และช่วงของสัดส่วนกากไขมันในปุ๋ยที่เหมาะสม และได้วิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P₂O₅) และโพแทสเซียม (K₂O) สรุปผลการทดลอง วัสดุที่มีผลการทดลองดีที่สุด ได้แก่ ขุยมะพร้าวให้ผลดีกว่าขี้เลื่อย อัตราการย่อยสลายน้ำมันอยู่ที่ 9.9 และ 2.7 กรัมต่อกิโลกรัมวัสดุหมัก ต่อวันตามลำดับ ผลของการเติมอากาศ การเติมอากาศให้ผลดีกว่าแบบไม่เติมอากาศอยู่ที่ค่าไม่ต่ำกว่า 10% ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1 กรัมต่อกิโลกรัม ต่อ 4.3 กรัมต่อกิโลกรัมของวัสดุหมักต่อวัน ช่วงของอัตราส่วนกากไขมันที่เหมาะสม สรุปผลได้จากการทดลองที่อัตราส่วน ร้อยละ 40 , 50 และ 60 ไม่แตกต่างกันมากอยู่ที่ 9.1, 7.9 และ 7.3 กรัมต่อกิโลกรัมวัสดุหมักต่อวัน และจากนั้นนำไปปุ๋ยที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่ามีค่าอยู่ร้อยละ 1.88, 0.66 และ 0.56 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมักของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมมีปริมาณเพียงพอเพื่อให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน จึงต้องเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสโดยอาจใช้ P_2O_5 เพิ่มโดยตรงหรือใช้วัสดุที่มีธาตุฟอสฟอรัสสูงๆ เช่น กระดูกป่นผสมกับปุ๋ยหมักที่ได้

ปชาบดี มาทรัพย์, พรชนก หัตถภูมิเกษตรและสุทธิดา บัวชม (2559) ทำการศึกษาอัตราส่วนของวัสดุที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณกากไขมันโดยการทำปุ๋ยหมักโดยการนำกากไขมันมาหมักปุ๋ยในถังพลาสติกร่วมกับปุ๋ยคอก, ตะกอนน้ำเสีย, ใบไม้ และใยปาล์ม ในอัตราส่วนกากไขมัน ร้อยละ 40, 50 และ 60 โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งแบ่งออกเป็น 12 สูตร โดยปริมาณน้ำมัน และไขมันเริ่มต้นของปุ๋ยหมักแต่ละสูตรอยู่ในช่วงร้อยละ 26.72 ถึง 63.62 โดยน้ำหนักแห้ง และค่อยๆ ลดลงจนมีปริมาณไขมัน และน้ำมันอยู่ในช่วงร้อยละ 1.52 ถึง 24.67 โดยน้ำหนักแห้ง ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่าปุ๋ยหมักสูตรที่สามารถกำจัดปริมาณไขมัน และน้ำมันได้มากที่สุดคือปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 (ปุ๋ยคอก, ใยปาล์ม และกากไขมันในอัตราส่วนร้อยละ 50, 10 และ 40 โดยน้ำหนักเปียก) ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดไขมัน และน้ำมันได้สูงถึงร้อยละ 94.29 อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลการลดลงของปริมาณไขมัน และน้ำมันทางสถิติ พบว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 และ 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมัน และกากไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) แต่สมบัติทางกายภาพของสูตรที่ 2 ดีกว่าสูตรอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักเปรียบเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าปุ๋ยหมักทั้ง 12 สูตรมีปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียม ได้มาตรฐานปุ๋ยหมักที่กำหนดไว้ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่ามาตรฐาน และมีปริมาณแคลเซียมเกินค่ามาตรฐานเล็กน้อยในปุ๋ยหมักบางสูตร จากภาพรวมปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 มีสมบัติเหมาะสมในการทำปุ๋ยหมักมากที่สุด จึงนำไปทดลองเปรียบเทียบการหมักปุ๋ยในสภาวะเดิมอากาศและไม่เติมอากาศ ซึ่งปุ๋ยหมักทั้งสองระบบสามารถกำจัดกลิ่นได้ภายใน 3 วัน โดยปุ๋ยหมักถึงที่มีการเติมอากาศสามารถกำจัดกากไขมันได้ร้อยละ 48.45 ส่วนปุ๋ยหมักถึงที่ไม่มีการเติมอากาศสามารถกำจัดกากไขมันได้ร้อยละ 46.07 แต่จากการวิเคราะห์การลดลงของปริมาณไขมัน และน้ำมันทางสถิติ พบว่าปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศ และแบบไม่เติมอากาศสามารถลดปริมาณไขมัน และน้ำมันได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550) จากผลการดำเนินธุรกิจของชุมชนพบว่าในพื้นที่ได้ทำการรวบรวมน้ำมันที่ผ่านการใช้งานในตลาดร้านอาหาร, ภัตตาคาร, โรงแรม และตามโรงงานต่าง ๆ ในพื้นที่ของตนเอง และพื้นที่ใกล้เคียง ราคาซื้อขาย 7 – 12 บาท/ลิตร ดำเนินการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลด้วยเครื่องจักรขนาดกำลังการผลิต 100 และ 400 ลิตร/ครั้ง ชุมชนทำการผลิตโดยเฉลี่ย 21,600 ลิตร/ปี ต้นทุนการผลิต 15.94 บาท/ลิตร ราคาขาย 21 บาท/ลิตร กำไร 5.08 บาท/ลิตร อัตราผลตอบแทนสุทธิร้อยละ 24.19 ปริมาณการผลิต จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4,127.39 ลิตร/ปี ปัญหา และอุปสรรคได้แก่ ด้านการผลิต, การตลาด, เงินทุน และกฎระเบียบนโยบายกับมาตรการของภาครัฐ ดังนั้นชุมชนควรดำเนินการเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการใช้น้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มมากขึ้น และก่อนรับวัตถุดิบจากผู้ขายชุมชนควรเพิ่มความระมัดระวังในการตรวจสอบทั้งนี้เพราะวัตถุดิบอาจมีสิ่งเจือปน ด้านเงินทุนชุมชนควรประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อขอสนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้หมุนเวียนภายในกิจการให้มีความคล่องตัวสำหรับนโยบาย และมาตรการของรัฐนั้นควรสนับสนุนชุมชนในการตรวจสอบคุณภาพมาตรฐานโดยไม่ต้องเสียค่าตรวจสอบ และกำหนดมาตรฐานต่างให้ครอบคลุมถึง B100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer รุ่น Analyst 200, บริษัท PerkinElmer precisely
2. ชุดเครื่องกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia) ยี่ห้อ Gerhardt, บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd, ประเทศไทย
3. ชุดเครื่องย่อย (Digestion apparatus) ยี่ห้อ Gerhardt, บริษัท Scientific Promotion Co., Ltd, ประเทศไทย
4. เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter) รุ่น pH/Ion meter S220, บริษัท Metter Toledo AG ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
5. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter) รุ่น Consort C860 บริษัท Chatcharee Holding
6. เครื่องชั่ง (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) รุ่น TC-254, บริษัท Danver Instrument Company, ประเทศเยอรมนี
7. ตู้อบ (oven) ยี่ห้อ Memmert บริษัท Fisher Scientific
8. เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Hettich zentrifugen รุ่น Universal 320
9. เครื่องระเหยสุญญากาศ
10. ชุดสกัดซอกซ์เลต
11. เครื่องแก้วต่าง ๆ
12. ถังน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมี

1. เฮกเซน เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
2. กรดซัลฟิวริก เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
3. กรดไฮโดรคลอริก เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
4. กรดกลูตามิก เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
5. เมทิลเรด เกรตวึเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific Europe ประเทศเบลเยียม
6. เมทิลีนบลู เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
7. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
8. กรดบอริก เกรตวึเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific Europe ประเทศเบลเยียม
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
10. โพลีเอทิลีนซัลเฟต เกรตวึเคราะห์ บริษัท Loba Chemie Pvt. Ltd., ประเทศอินเดีย
11. คอปเปอร์ซัลเฟต เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
12. โซเดียมคาร์บอเนต เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
13. ฟีนอล์ฟทาลีน เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
14. โพลีเอทิลีนไฮดรอกไซด์ เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
15. โพลีเอทิลีนไอโอดัด เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
16. เอทานอล 95% เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
17. โซเดียมไทโอซัลเฟต เกรตวึเคราะห์ บริษัท Fisher Scientific Europe ประเทศเบลเยียม
18. ไอโอดีน เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
19. กรดแอสติค เข้มข้น 99.85% เกรตวึเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมเพื่อการปฏิบัติงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. โซเดียมเตตราโบเรต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
21. เมทานอล เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
22. เอทิล อะซิเตต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
23. โปแทสเซียมไฮโรเจนพาทาเลต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน
24. เฮกเซน เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba Reagents, ประเทศเยอรมัน

3.3 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

3.3.1 การทดลองส่วนที่ 1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากโรงอาหาร

1. แหล่งที่มาของวัสดุที่ใช้

1.) น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการทอด 2 ขี้จากร้านทอดลูกชิ้นในโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม การเตรียมน้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองทำโดยการนำมันชนิดละ 2 ลิตร นำไปให้ทางเจ้าของร้านใช้ประกอบอาหารโดยการทอดลูกชิ้นจำนวนขี้ 2 ขี้ หลังจากผ่านการทอดแล้วนำน้ำมันทั้ง 2 ชนิดมารองผ่านผ้าขาวบางเพื่อกำจัดเศษอาหารหรือเศษลูกชิ้น

2.) ทำการสำรวจน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานจากโรงอาหารของคณะวิทยาศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, คณะอุตสาหกรรม-เกษตร, อาคารเรียนรวมตึกพระเทพ และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และทำการสัมภาษณ์บุคคลที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการวางแผนในการสำรวจปริมาณน้ำมันที่ผ่านการใช้งาน

1.) เตรียมแผนที่กำหนดจุดในการสำรวจตัวอย่างการใช้งานน้ำมันของแต่ละโรงอาหารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.) เตรียมแบบสอบถามในการสำรวจ และลงพื้นที่สัมภาษณ์พ่อค้าแม่ค้าที่ทำการขายอาหาร ว่ามีการใช้ปริมาณน้ำมันในแต่ละวันว่ามีการใช้ไปเท่าใด จำนวน 40 ชุด

3.) ทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อประเมินศักยภาพในการจัดการ และนำไปใช้ในการผลิตไบโอดีเซลหรือทางเลือกอื่นๆ โดยใช้ทฤษฎี Drop off center

ตัวอย่างแบบสอบถาม
แบบสอบถามเพื่องานวิจัย
เรื่อง ปริมาณการใช้น้ำมันที่ผ่านการทอดซ้ำและการจัดการ

สถานที่ : โรงอาหารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จุดบริเวณที่สำรวจ : คณะ.....จำนวน.....ร้าน

1. ร้านขายอาหารประเภท.....

2. ชนิดของน้ำมันที่ใช้.....ปริมาณการใช้น้ำมันต่อวัน.....ลิตร

3. การจัดการน้ำมันที่ใช้แล้วมีการจัดการอย่างไร

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ

.....

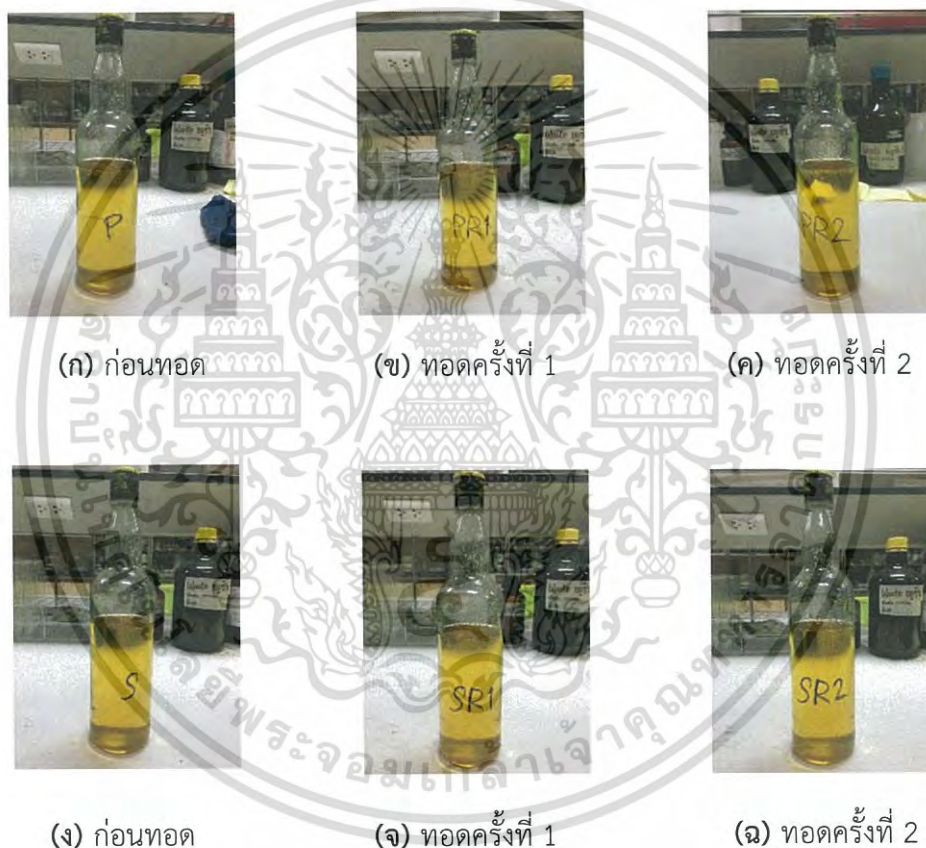
.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนการเตรียมภาชนะสำหรับเก็บน้ำมัน

- 1.) เตรียมขวดแก้วเปล่าขนาด 1 ลิตรจำนวน 4 ขวด ล้างให้สะอาด
- 2.) นำน้ำมันปาล์มและน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการกรองเศษอาหารมาเทลงในขวดแก้วที่เตรียมไว้โดยใช้กรวยกรองเพื่อป้องกันการหกของน้ำมัน แบ่งตามชนิดของน้ำมัน และจำนวนขวด ดังรูปที่ 3.1
- 3.) หลังจากเก็บน้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองลงขวดแล้ว นำไปเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ -3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.1 น้ำมันที่ผ่านการทอดแล้ว

ก - ค น้ำมันปาล์ม

ง - ฉ น้ำมันถั่วเหลือง

3.3.2 การทดลองส่วนที่ 2 การจัดการกากไขมันจากบ่อดักไขมัน

1. แหล่งที่มาของวัสดุที่ใช้ในการหมัก

1.) GTW ที่นำมาใช้ในการทดลองเป็น GTW ที่ได้มาจากถังดักไขมันของโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 บ่อดักไขมัน



รูปที่ 3.3 เศษใบไม้

2.) ปุยคอกที่นำมาใช้ในการทดลองนำมาจากร้านขายอุปกรณ์ทางการเกษตร ถนนลาดกระบัง

3.) เศษใบไม้ที่นำมาใช้ในการทดลอง เก็บรวบรวมจากบริเวณสวนรอบสนามกีฬาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังรูปที่ 3.3

2. การเตรียม GTW เบื้องต้น

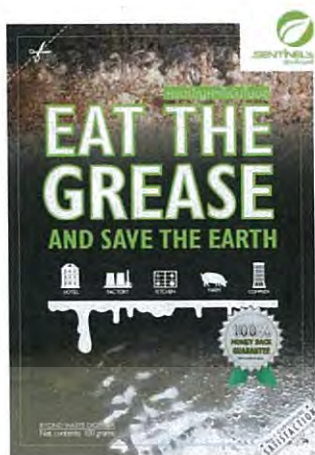
1.) การเตรียมตัวอย่าง GTW ทำโดยการดัก GTW นำไปใส่ในถังที่มีผ้าขาวบางวางด้านบนเพื่อกรองแยกน้ำออก และวางตากแดดทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 3 วัน เพื่อเป็นการไล่น้ำออกจาก GTW หลังจากนั้นนำ GTW ที่ได้มาบดผ่านตะแกรงกลมขนาดรูตะแกรง 10 x 3 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการควบคุมขนาดของ GTW และกำจัดเศษอาหารออกกับสิ่งเจือปนออก

2.) การเตรียมตัวอย่างปุยคอก ทำได้โดยนำปุยคอกที่ซื้อจากร้านขายอุปกรณ์ทางการเกษตร ถนนลาดกระบัง นำมาตากแดดให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นก่อนนำไปใช้

3.) การเตรียมตัวอย่างเศษใบไม้ ทำได้โดยรวบรวมเศษใบไม้จากบริเวณรอบสนามกีฬาจากนั้นนำมาแยกเศษกิ่งไม้ออก บดเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีขนาด 2-5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปใช้

4.) การเตรียมน้ำหมักชีวภาพ (EM) ที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยผสมน้ำเชื้อกับน้ำในอัตราส่วน 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 5,000 มิลลิลิตร และในส่วน Enz ผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1.5 กรัมในน้ำ 1,000 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพไขมันก่อนนำไปหมักกับวัสดุหมักปุ๋ยดังรูปที่

เอกสาร 3.4 และ 3.5 สารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เอนไซม์ที่มีจำหน่าย

รูปที่ 3.5 น้ำหมักชีวภาพ

ที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์

3. อุปกรณ์สำหรับการทดลอง : ขั้นตอนการทำถังปุ๋ยหมัก

- 1.) นำขวดน้ำพลาสติก ขนาด 6 ลิตร นำมาตัดส่วนท้ายออกโดยวัดจากก้นถึงขึ้นมาประมาณ 12 เซนติเมตร
- 2.) นำฝาขวดน้ำพลาสติก มาทำการเจาะรูโดยรอบ โดยให้มีระยะห่างของรูที่เท่ากัน เพื่อเป็นทางออกให้น้ำที่เกิดจากกระบวนการหมักปุ๋ยไหลออกไปยังฐานรองรับน้ำ ดังรูปที่ 3.7
- 3.) นำข้อ 1-2 มาประกอบกันดังรูปที่ 3.6 และนำใยสังเคราะห์อุดบริเวณด้านในฝาถังเพื่อกันไม่ให้ปุ๋ยหมักร่วงไปทางรูที่ได้ตัดไว้ ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ลักษณะถังปุ๋ยหมัก



รูปที่ 3.7 ลักษณะฝาขวดที่เจาะรูโดยรอบ



รูปที่ 3.8 วิธีบรรจุใส่สิ่งเคราะห์บริเวณด้านในฝา

3.4 วิธีการทดลอง

การศึกษาค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของน้ำมัน และ GTW , การสำรวจปริมาณการใช้ น้ำมันของ แต่ละโรงอาหารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และการจัดการกาก ไขมันจากบ่อดักไขมัน

3.4.1 การทดลองส่วนที่ 1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากโรงอาหาร การเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำมันเมื่อผ่านการให้ความร้อน

- 1.) นำน้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการทอดซ้ำจำนวน 2 ซ้ำ มากรองด้วยกรวย กองธรรมดา
- 2.) ทำการวิเคราะห์กากไขมันศึกษาสมบัติเบื้องต้นดังรูปที่ 3.9 โดยทำซ้ำ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของน้ำมัน (ก่อน - หลัง)
- 3.) เก็บน้ำมันที่เหลือจากการวิเคราะห์ในขวดแก้วเพื่อป้องกันการสูญเสีย น้ำมัน และของเสียปนเปื้อนลงและปิดภาชนะให้มิดชิด ไม่ควรใช้ขวดพลาสติกเนื่องจากไขมัน และน้ำมันสามารถเกาะติดผิวพลาสติกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แผนภาพการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำมัน

การสำรวจปริมาณการใช้น้ำมันของแต่ละร้านอาหารในสถาบัน สจล.

1. ทำการสุ่มตัวอย่างในการสำรวจ และประเมินแบบสอบถามจากร้านอาหารในร้านอาหาร โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) ใช้หลักการพิจารณาวิธีการสุ่มทั้ง 4 แบบ คือ การสุ่มอย่างง่าย, การสุ่มอย่างมีระบบ, การสุ่มแบบแบ่งชั้น และการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ทำการสุ่มจำนวนร้านในร้านอาหารจากหน่วยหรือลำดับชั้นที่ใช้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดก่อน จากหน่วยที่สุ่มได้ ทำการสุ่มหน่วยที่มีลำดับจากมากรองลงไปทีละชั้นๆ จนถึงกลุ่มตัวอย่างในชั้นที่ต้องการสุ่มแบบนี้จึงมีลักษณะการกระจายเป็นร่างแหที่ขยายออกไปเรื่อยๆ จนถึงหน่วยที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล (McBurney D. H., 1994) โดยในการลงพื้นที่ได้ไล่จากคณะสถาปัตยกรรมเป็นคณะแรกดังรูปที่ 3.10

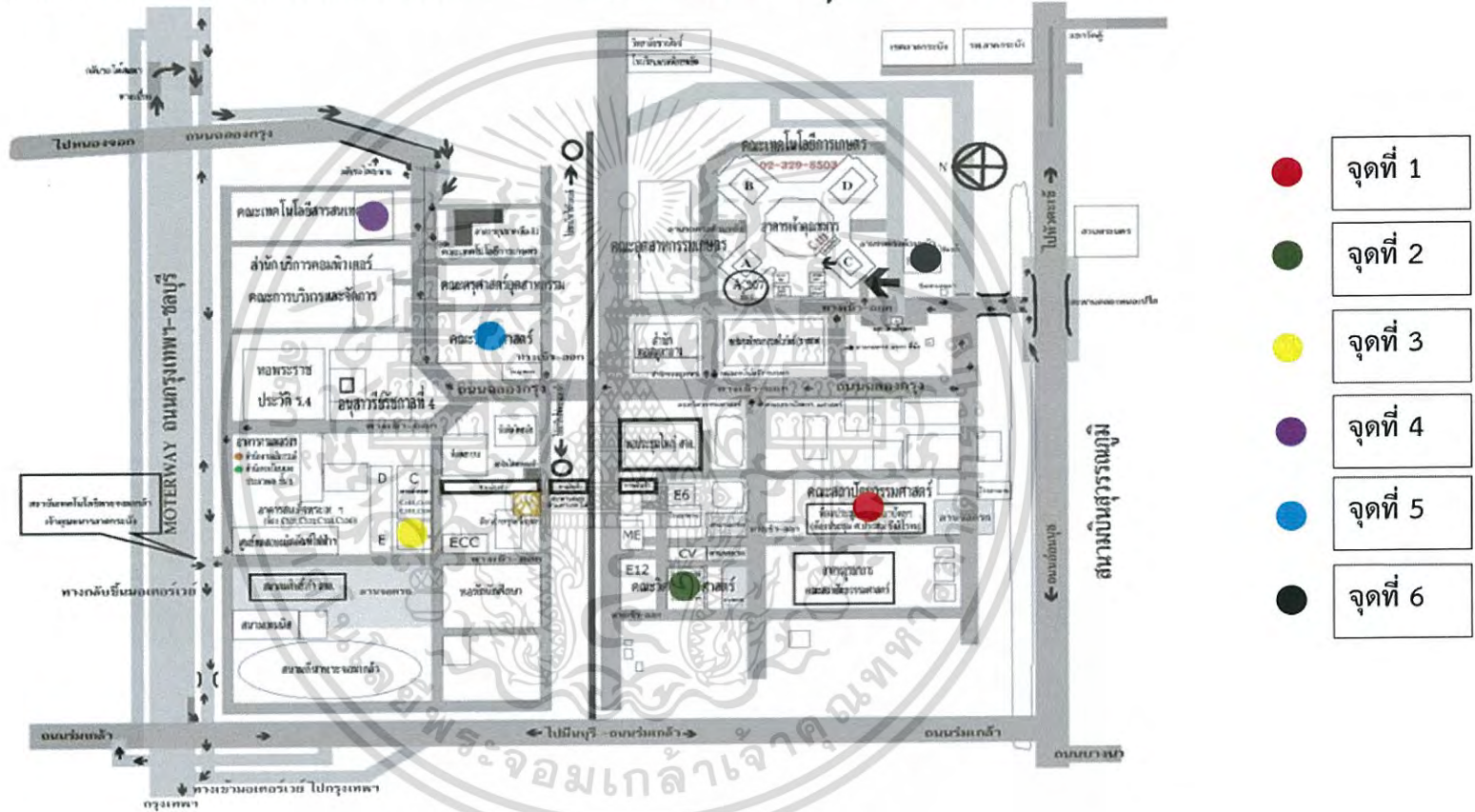
2. ในการเก็บตัวอย่างจากร้านอาหารเริ่มจากคณะจากคณะวิศวกรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, อาคารเรียนรวมตึกพระเทพ และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเรียงจากการสำรวจปริมาณน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วดังรูปที่ 3.10

3. ทำการประเมินศักยภาพในการจัดการ UO จากร้านอาหารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. นำข้อมูลมาใช้ในแบบจำลอง "Drop off center" แนวทางการจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วจากร้านอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนผังสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รูปที่ 3.10 จุดสำรวจบริเวณโรงอาหารแต่ละคณะในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

3.4.2 การทดลองส่วนที่ 2 การจัดการกากไขมันจากบ่อดักไขมัน

- 1.) นำ GTW ที่ได้จากโรงอาหารมาปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นด้วย PTG โดยทำการปรับปรุง GTW ตามอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 ทำการวิเคราะห์ FFA (3 วัน)
- 2.) นำ GTW ที่ผ่านการปรับปรุง และวัสดุหมักมาผสมให้เข้ากัน โดยนำ GTW ร้อยละ 30 ตามอัตราส่วนดังรูปที่ 3.1 จากคำนวณตาม CN ratio ที่เหมาะสมจากวัสดุหมัก
- 3.) คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน และพรมน้ำให้ความชื้นเพียงพอ โดยควบคุมความชื้น ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 และบรรจุลงในถังหมักพลาสติกขนาด 6 ลิตรที่ประกอบไว้
- 4.) ทำการหมักปุ๋ยสูตรละ 3 ซ้ำดังตารางที่ 3.2
- 5.) คลุมกองปุ๋ยด้วยถุงพลาสติกเพื่อรักษาอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก และป้องกันแมลงกับสิ่งเจือปนตกลงไป
- 6.) ดูแลรักษากองปุ๋ย โดยการกลับกองปุ๋ยทุกวันอังคารเพื่อให้อากาศ เกิดการถ่ายเท
- 7.) ทำการหมักเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 2 เดือน
- 8.) วิเคราะห์พารามิเตอร์ของปุ๋ยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดินหลังจากเวลาทำปุ๋ยครบกำหนดแล้ว

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนสารปรับปรุงกากไขมัน PTG ต่อกากไขมันแห้ง 1: 1 โดยมีมวล

สารปรับปรุงกากไขมัน PTG	ระยะเวลาในการปรับปรุง	ปริมาณกากไขมัน (%)	อัตราส่วนกากไขมันต่อสารที่ใช้
แบลงค์	3 วัน	30	1 : 1
Enz	3 วัน	30	1 : 1
Em	3 วัน	30	1 : 1

ตารางที่ 3.2 สูตรปุ๋ยหมักต่างๆ

สูตรปุ๋ยหมัก	กากไขมัน ร้อยละ (%)	สารปรับปรุงกากไขมัน PTG / วัน	วัสดุหมักปุ๋ย (%)	
			ปุ๋ยคอก	เศษใบไม้
1	30	Blank / 3 วัน	40	30
2	30	Enz / 3 วัน	40	30
3	30	EM / 3 วัน	40	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 แผนการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ตัวอย่างกากไขมันที่ตีขึ้นอยู่กับความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ของการทดลองส่วนที่ 1 ความถี่ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ การทดลองส่วนที่ 1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากโรงอาหาร และการทดลองส่วนที่ 2 การศึกษาการเปรียบเทียบการย่อยสลายของกรดไขมันด้วย Enz และ EM

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในแผนการทดลองนี้ได้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple Comparison) เพื่อทราบความแตกต่างของการย่อยสลายกากไขมันของแต่ละเงื่อนไข

3.4.5 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

- 1.) การวิเคราะห์ตัวอย่างในแต่ละพารามิเตอร์ ต้องทำการวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ซ้ำ เพื่อทดสอบความแม่นยำ และถูกต้องของผู้ทำการทดลอง และความน่าเชื่อถือในการวิเคราะห์
- 2.) การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธีเจลดาล์ (Kjeldahl Method) ทำได้โดยการหา %accuracy โดยสารมาตรฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์คือกรดกลูตามิก ปริมาณ 1000 g นำไปวิเคราะห์เหมือนตัวอย่างทุกขั้นตอน เกณฑ์การยอมรับ 90-110%

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์น้ำมันพืช

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
กรดไขมันอิสระ	วิธี AOCS Ca 5a -40 (Firestone, 2004)
ค่าไอโอดีน	วิธี Wijs method (A.O.A.C., 2012)
ค่าสะพอนิฟิเคชัน	วิธีมาตรฐานตาม A.O.A.C., 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ในการทดลองที่ 2

พารามิเตอร์	ตัวอย่าง		วิธีการวิเคราะห์
	(ก)	(ข)	
ความเป็นกรดต่าง	✓	✓	pH meter ตามวิธีของ กรมพัฒนาที่ดิน 2547
อุณหภูมิ		✓	เทอร์โมมิเตอร์
ความชื้น	✓	✓	evaporation ตามวิธีมาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
สภาพน้ำไฟฟ้า	✓	✓	ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
กรดไขมันอิสระ	✓	✓	วิธี AOCS Ca 5a -40 (Firestone, 2004)
ค่าไอโอดีน	✓	✓	วิธี Wijs method (A.O.A.C., 2012)
ค่าสะพอนิฟิเคชัน	✓	✓	วิธีมาตรฐานตาม A.O.A.C., 1990
ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด		✓	ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด		✓	Kjeldahl Method ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด		✓	Atomic absorption spectrophotometry (AAS)
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด		✓	Vanadomolybdate method ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

หมายเหตุ: (ก) กากไขมันก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพด้วย PTG

(ข) ปุ๋ยที่ผ่านการหมักแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

4.1 การจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากโรงอาหาร

การทดลองนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมันจากโรงอาหารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 เรื่องได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันพืชเมื่อผ่านการให้ความร้อน เพื่อดูศักยภาพการรวบรวมไปทำไบโอดีเซลด้วยการจัดการตามแนวคิด “Drop off center” เพื่อลดปริมาณน้ำมันที่ปล่อยทิ้งต่อระบายน้ำ

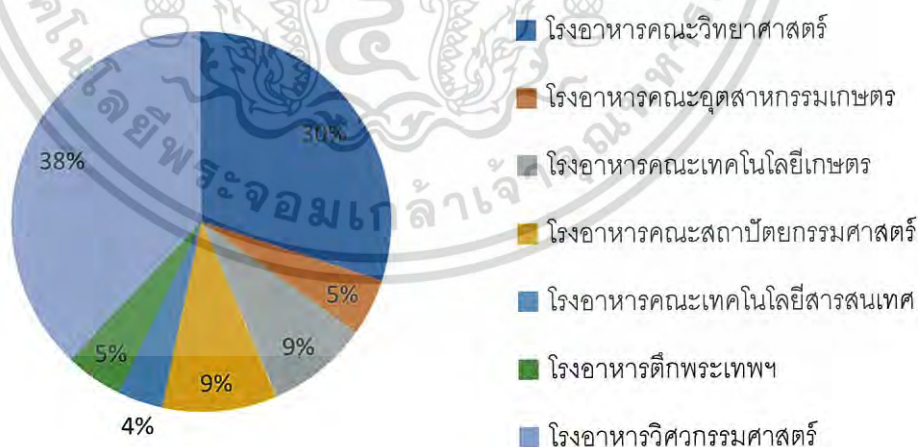
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันพืชเมื่อผ่านการให้ความร้อนแล้ว

ในการทดลองนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของน้ำมันเมื่อผ่านการให้ความร้อนโดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ กรดไขมันอิสระ, ค่าไอโอดีน และค่าสะพอนิฟิเคชัน ดังตารางที่ 1 – ค ในภาคผนวก ค จากการวิเคราะห์น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม โดยพบวก่อนให้ความร้อนค่า กรดไขมันอิสระที่ได้ของน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม เท่ากับ 3.82 และ 5.75 mg KOH/g หลังจากนั้นเมื่อให้ความร้อนโดยอุณหภูมิในการประกอบอาหารประมาณ 160-180 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าความเป็นกรดของน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์ม เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.00 และ 11.01 mg KOH/g และเมื่อให้ความร้อนซ้ำที่ 2 ยังพบว่าค่าความเป็นกรดมี ค่าที่สูงขึ้น 9.08 และ 16.85 mg KOH/g ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jung-Min P. and Jin-Man K. (2016) ซึ่งได้ทำการทอดน้ำมันพืชชนิดต่างๆด้วยน้ดเกิดจำนวน 101 ชิ้นพบว่าค่าความเป็นกรดของ น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์มสูงขึ้นจากเดิม ซึ่งเกิดจากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่เป็นส่วนประกอบหลักในไขมัน และน้ำมันถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยมี เอนไซม์ไลเปส (lipase) และความชื้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมัน และไขมันมีค่าความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนจากการสะสมของ GTW ต่อมาจากการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนของน้ำมันพืชทั้งสองชนิดพบว่ามีแนวโน้มที่สูงขึ้น ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองเรื่องค่าเปอร์ออกไซด์ของ Jung-Min P. and Jin-Man K. (2016) โดยค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นแต่ของน้ำมันปาล์มลดลง ทั้งนี้ Kaleem A. , et.al (2015) ได้อธิบายไว้ว่าน้ำมันที่ได้รับความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย รวมไปถึงในการประกอบอาหารมีโอกาสที่น้ำมันจะปนเปื้อนอาหารซึ่งไม่สามารถระบุชนิดของกรดไขมันที่แน่นอนจากการประกอบอาหารได้ สำหรับค่าสะพอนิฟิเคชันพบว่าน้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันปาล์มหลังจากผ่านการให้ความร้อนซ้ำที่ 2 ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอดซ้ำ 2 ครั้ง มีค่าเพิ่มขึ้นแสดงว่ากรดไขมันมีการแตกตัวเป็น สายเล็กๆมากขึ้น และโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง และสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตไบโอดีเซลได้

4.1.2 การสำรวจน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว

ในการสำรวจปริมาณการใช้น้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากการประกอบอาหารในแต่ละร้านอาหารภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในส่วนของการสำรวจนี้จะใช้วิธีการเลือกตัวอย่างในการสำรวจแบบลำดับขั้น โดยเรียงตามปริมาณการใช้น้ำมันของร้านอาหารในแต่ละร้านอาหารจากมากไปหาน้อย จากการสำรวจได้ทำการสัมภาษณ์พ่อค้าแม่ในเรื่องการใช้น้ำมันของแต่ละร้าน และพบว่าการจัดการของเสียประเภทน้ำมันของร้านอาหารโดยส่วนใหญ่ยังมีการทิ้งลงท่อระบายน้ำทิ้ง มีเพียงบางส่วนที่นำไปขายให้พ่อค้าคนกลางที่นำไปขายต่อสู่ผู้ผลิตไบโอดีเซล จึงได้มีการประเมินศักยภาพในการจัดการน้ำมันเหลือใช้เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกในการนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังตารางที่ 4.1 โดยปัญหาท่อระบายน้ำทิ้งที่อุดตันเป็นปัญหาสำคัญที่แก้ไขได้ยาก จึงเป็นปัญหาที่ต้องมีการจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากร้านอาหารเพื่อหาทางเลือกในการจัดการที่เหมาะสมที่สุด และลดปริมาณการทิ้งน้ำมันลงท่อระบายน้ำ และได้เสนอแนวทางในการจัดการต่อไป ทั้งนี้ในการสำรวจจะระยะแรกได้ใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเพียงหนึ่งวันต่อสัปดาห์ ดังนั้นจึงได้สำรวจเพิ่มเติมเป็นรายสัปดาห์ ในช่วงเปิดเทอมของ ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.1 เปอร์เซนต์ปริมาณการใช้น้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วของแต่ละร้านอาหาร

จากผลการสำรวจ และเก็บรวบรวม UO จากร้านอาหารต่างๆ มีวันละ 20.74 ลิตรต่อวันหรือคิดเป็น 15.52% ของน้ำมันบริสุทธิ์ที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการและการขนส่งน้ำมัน

จากการสำรวจ และสอบถามร้านค้าภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่าร้านค้าต่างๆมีน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งานแล้วเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากมีการจัดการที่เหมาะสม และเป็นรูปแบบที่ดี สามารถลดการปล่อยของเสียลงสู่สิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งยังสามารถสร้างรายได้ให้กลับคืนมาพ่อค้าแม่ค้า ซึ่งทางผู้จัดทำได้นำเสนอแนวทางในการจัดการ และการขนส่ง UO คือ “ Drop off center ” ซึ่งเป็นการรวบรวมขยะหรือของเสียรวมไปถึงสิ่งของทั้งหมดสภาพแล้ว ไว้ในจุดเดียวกันเพื่อนำไปผ่านกระบวนการบางอย่างเพื่อลดปริมาณของเสีย ที่ถูกทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปตามแนวทางของ (Waste Minimization) แนวคิด Drop off center เป็นแนวทางที่มีการจัดการที่เป็นรูปแบบในด้านการจัดการของเสีย โดยได้นำมาประยุกต์เป็นการจัดตั้งจุดรวบรวมน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วไว้ของโรงอาหารภายในสถาบันฯ เพื่อเป็นการสร้างช่องทางให้กับพ่อค้า และแม่ค้าในการแยกของเสีย อีกทั้งยังเป็นการลดการปล่อยของเสีย ณ แหล่งกำเนิด โดยพิจารณาเป็นสองด้านคือ การเก็บรักษา และการจัดการขนส่งน้ำมัน โดยด้านแรก ระยะเวลาเป็นการคำนวณระยะเวลาในเก็บน้ำมัน ซึ่งมีจำนวนของภาชนะที่ใช้บรรจุแตกต่างกันตามปริมาณน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้ว การขนส่ง เป็นการวางแผนการเดินทางในการจัดเก็บน้ำมันแต่ละจุดให้มีความคุ้มค่า และเหมาะสมที่สุด โดยทั้งสองส่วนมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง Drop off center

ขั้นตอนแรกเริ่มจากกำหนดจุดเก็บน้ำมัน ซึ่งได้กำหนดไว้ว่าโรงอาหารแต่ละแห่งจะมีจุดรับเก็บน้ำมันหนึ่งจุดต่อโรงอาหารหนึ่งโรง ภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำมันจะเป็นถังที่มีขนาด 200 ลิตร มีจำนวนแตกต่างกันตามจำนวนน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วของแต่ละโรงอาหาร ที่ถึงวางตะแกรงไว้เพื่อเป็นการแยกเศษอาหารจากน้ำมัน ในการขนส่งน้ำมันจะใช้รถกระบะในการจัดเก็บ ดังตารางที่ 4.2

กรณีตัวอย่าง : - ใช้รถกระบะ 4 ล้อ เมื่อจดทะเบียนรถยนต์แล้ว สามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 1,000 kg
- ตามข้อกำหนดเรื่องความปลอดภัยของการขนส่งสารเคมีอันตราย กำหนดให้บรรจุสารเคมีได้ไม่เกิน 90 % ของปริมาตรทั้งหมดของภาชนะ เพื่อป้องกันการระเหยและการหกของสารเคมีอันตรายดังกล่าว

- ข้อมูลจากตารางที่ 2.3 น้ำมันที่ผ่านการใช้งานมีความหนาแน่น 910 kg/m^3 ดังนั้นในน้ำมัน 1000 ml มีน้ำหนัก 910 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการสำรวจการใช้น้ำมันของแต่ละโรงอาหารในสถาบัน

โรงอาหาร	จำนวน ร้านอาหาร ทั้งหมด	จำนวนร้านอาหาร ที่สุ่มตัวอย่าง	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ต่อวันทั้งหมด (L)	น้ำมันที่ต้องใช้งานแต่ ละวันของร้านที่สุ่ม (L) *	ปริมาณน้ำมันที่ ผ่านการใช้ต่อวัน (L) **	เปอร์เซ็นต์ (%)
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ	6	1	11.00	4.00	0.95	23.78
คณะเทคโนโลยีการเกษตร	2	1	9.00	9.00	1.10	12.25
คณะวิทยาศาสตร์	11	4	57.50	31.00	4.75	47.12
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	4	2	16.00	10.00	4.88	48.75
คณะอุตสาหกรรมเกษตร	2	1	9.00	5.00	0.98	19.60
ตึกพระเทพ	7	2	22.00	5.00	0.45	9.03
คณะวิศวกรรมศาสตร์	27	11	107.00	39.00	7.63	19.55
รวม	59	22	231.50	103.00	20.74	15.52

* น้ำมันที่ใช้งานของร้านค้าที่สุ่ม

** น้ำมันที่ผ่านการใช้งานของร้านค้าที่สุ่มวัดโดยใช้กระบอกลวดวัดปริมาตร

ตารางที่ 4.2 ผลรวมรวม UO ที่ผ่านการใช้งานแล้วของแต่ละโรงอาหารต่างๆ

โรงอาหาร	จำนวนร้าน ที่สุ่ม	ปริมาณที่ใช้น้ำมันต่อวัน (L)					ปริมาณน้ำมัน เฉลี่ย(L)	ปริมาณน้ำมันที่ผ่าน การใช้แล้วเฉลี่ยต่อวัน (L)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5		
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ*	1	-	-	-	-	-	-	-
คณะเทคโนโลยีการเกษตร	1	5.00	4.00	5.00	5.00	4.00	4.60	2.70
คณะวิทยาศาสตร์	1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.30
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	1	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	3.80	2.30
คณะอุตสาหกรรมเกษตร*	1	-	-	-	-	-	-	-
ตึกพระเทพ*	1	-	-	-	-	-	-	-
คณะวิศวกรรมศาสตร์	1	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.40	0.30
คณะครุศาสตร์	1	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.88

*เนื่องจากมีบางร้านไม่เก็บน้ำมันที่ใช้แล้วไว้

ดังนั้นในกรณีตัวอย่าง จึงใช้รถกระบะ 4 ล้อ กำหนดให้รถกระบะขนได้เที่ยวละ 5 ถัง รวมเป็น 910 kg โดยที่ถ้าคำนวณเรื่องกฎหมายด้านการขนส่งสารเคมีอันตราย ทำให้ต้องขนได้เพียง 819 kg ของน้ำหนักน้ำมัน หรือ 900 L ต่อการขนส่งหนึ่งรอบ ตารางที่ 4.3 จำนวนวันในการจัดเก็บ UO

ตารางที่ 4.3 จำนวนวันในการจัดเก็บน้ำมันเหลือใช้

คณะ	ปริมาณน้ำมันต่อวัน (ลิตร)	จำนวนวัน (วัน)	ปริมาณน้ำมันรวม (ลิตร)
วิทยาศาสตร์ ^a	8.50	40	340
สถาปัตยกรรม ^a	4.88	40	195.2
วิศวกรรมศาสตร์ ^a	7.63	40	305.2
อุตสาหกรรม ^b	0.98	40	39.2
เทคโนโลยีสารสนเทศ ^b	0.95	40	38
เทคโนโลยีการเกษตร ^b	1.10	40	44
ศึกษาระเทศ ^b	0.45	40	18

หมายเหตุ : a หมายถึง โรงอาหารที่มีกิจกรรมการประกอบอาหารจำนวนมาก มีคนเข้ามาใช้บริการเยอะ จึงทำให้มีร้านอาหารประเภทของกินเล่น เป็นส่วนมาก
b หมายถึง โรงอาหารที่มีกิจกรรมการประกอบอาหารจำนวนน้อย มีคนเข้ามาใช้บริการน้อย จึงทำให้มีเพียงร้านอาหารประเภทตามสั่ง ซึ่งผลิตน้ำมันที่ผ่านการใช้แล้วน้อย

การจัดเก็บน้ำมัน : ในรอบการเก็บน้ำมัน จะให้รถกระบะของพ่อค้าคนกลางมาเก็บตามโรงอาหารที่ผลิตน้ำมันที่ผ่านการใช้งานจากมากไปหาน้อย อย่างเช่น จากรูปที่ 3.11 เริ่มเก็บน้ำมันจาก โรง E, B, A, C, D และสุดท้าย F โดยให้รอบการเก็บเป็น ทุกๆ 40 วัน ซึ่งจะได้ น้ำมันทั้งสิ้น 979.6 L ซึ่งในการขนส่งน้ำมันแต่ละครั้งกำหนดให้ขนเพียง 90% ของภาชนะจึงต้องขนเพียง 819 L จึงทำให้เกิดน้ำมันตกค้างที่ทบยอดของเก่าในการเก็บครั้งต่อไป

ราคารับซื้อน้ำมันของพ่อค้าคนกลาง : ราคาที่รับซื้อทั่วไป อยู่ในช่วง 230 – 250 บาทต่อ 18 ลิตร หรือ 1 ปี๊บ ซึ่งจากข้อมูลที่สำรวจจากรูปที่ 4.1 น้ำมันที่ผ่านการใช้งานคิดเป็น 15.52 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นไปเผยแพร่ขึ้นต้นการคำนวณ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำมันที่ใช้ในหนึ่งวัน ซึ่งเมื่อคำนวณ จากน้ำมัน 231.5 ลิตร ได้เป็นน้ำมันเหลือใช้ 20.74 ลิตร จำนวนในช่วง 265.01 – 288.05 บาท ต่อวัน

จากสถานการณ์ที่จำลองมา พบว่าเมื่อมีการเก็บรวบรวม UO จากร้านค้าในโรงอาหาร คณะต่างๆ นาน 40 วัน/รอบ มีความคุ้มค่าในการขนส่งมากที่สุด

4.2 การใช้ประโยชน์จากกากไขมัน

อย่างไรก็ตามปัญหาการอุดตันของท่อระบายน้ำทิ้งจากการสะสมของ GTW ในโรงอาหารยังเป็นปัญหาหลัก โดยจากข้อมูลตารางที่ 4.4 เห็นได้ว่า GTW ไม่เหมาะสำหรับนำไปทำไบโอดีเซลเหมาะสำหรับนำไปทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากในการทำไบโอดีเซลหรือกรณีศึกษากรุงเทพมหานครที่นำ GTW ไปอัดแท่งเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงมีข้อจำกัดมากกว่าการนำไปทำปุ๋ยหมักเช่น ต้นทุน และจำนวนปริมาณ GTW ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้เสนอวิธีการจัดการ GTW ในโรงอาหารที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการอุดตันของท่อระบายน้ำทิ้ง และการเกิดกลิ่นเหม็นของ GTW ที่เหมาะสำหรับการจัดการในโรงอาหาร โดยการจัดการกากไขมันจากบ่อดักไขมันภายในโรงอาหารมีการปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้นโดยใช้สารปรับปรุง PTG

ตารางที่ 4.4 สมบัติเบื้องต้นของ GTW

พารามิเตอร์	กากไขมันแห้ง
พีเอช	5.75±0.30
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	0.46±0.05
ความชื้น (%)	30.86±1.31
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	144.77±4.08
ค่าไอโอดีน	209.13±3.36
ค่าสะพอนิฟิเคชัน mg KOH/g	140.25±2.81

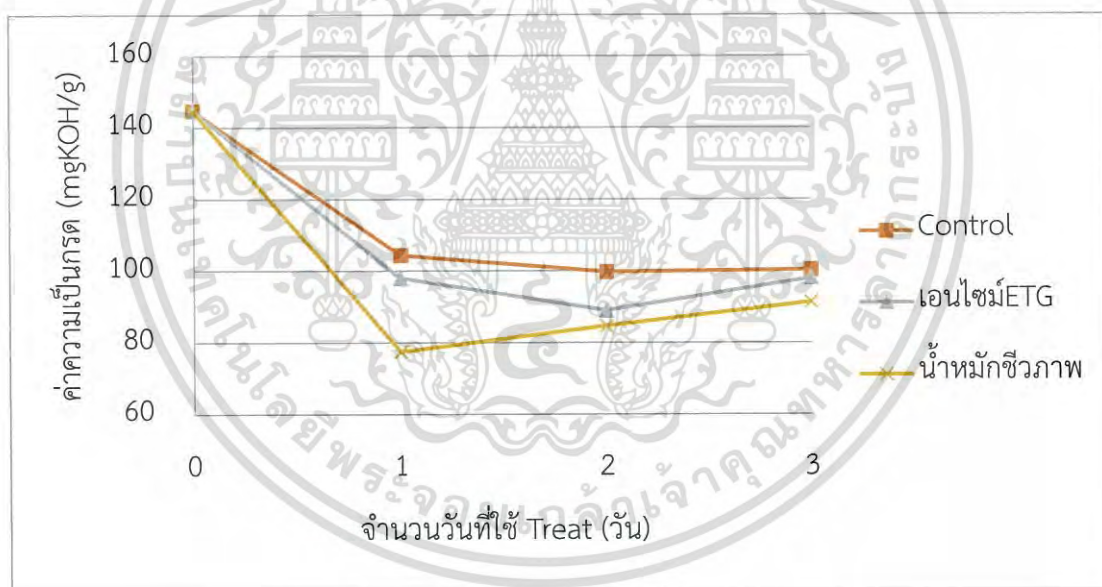
จากการทดลองสมบัติเบื้องต้นของ GTW ในโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ พีเอช, ค่าการนำไฟฟ้า, ความชื้น, ค่าความเป็นกรด, ค่าไอโอดีน และค่าสะพอนิฟิเคชัน ดังตารางที่ 4.4 จากการวิเคราะห์ GTW พบว่า GTW จากโรงอาหารเหมาะสำหรับนำไปทำปุ๋ยหมักมากกว่านำไปทำไบโอดีเซลเนื่องจากมีค่ากรดไขมันอิสระที่สูง ซึ่งไม่เหมาะกับการทำไบโอดีเซลเพราะค่ากรดไขมันอิสระที่สูงทำให้เกิดปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันสำหรับความชื้นที่น้อยส่งผลต่อการทำปุ๋ยหมักทางที่ดีเพราะทำให้สามารถควบคุมความชื้นในปุ๋ยหมักได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ศึกษาอิทธิพลของสารปรับปรุงคุณภาพ PTG ต่อคุณสมบัติทางเคมีของ GTW

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบการย่อยสลายของกรดไขมันด้วย Enz และ EM โดยใช้วัสดุหมักเดียวกัน แต่ระยะเวลาในการหมักที่แตกต่างกัน โดยให้ระยะเวลาการ Treatment คือ 1, 2 และ 3 วันติดตามผลการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของตัวอย่างทดลอง ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

จากการทดลองพบว่า GTW ที่ผ่านการ Treatment ด้วยสารปรับปรุง 3 ชนิดในการทดลองนี้ ได้แก่ ชุดควบคุม (น้ำ), Enz และ EM มีค่าความเป็นกรดในวันที่ 1 กับ 2 ลดลงเนื่องจากทำงานจุลินทรีย์ที่อยู่ใน Enz และ EM รวมไปถึงมีโอกาที่จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจากออกซิเจนในน้ำที่ใช้เป็นชุด Control ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกความแตกต่างได้จากการทดลองนี้ว่าสารปรับปรุงชนิดไหนมีความเหมาะสมในการย่อยสลายกรดไขมัน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การหมักปุ๋ยชีวภาพ

การศึกษาในส่วนนี้เป็นการทดลองผสม GTW ที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพด้วย PTG ร่วมกับวัสดุหมัก เพื่อศึกษาอิทธิพลของ PTG ต่อคุณสมบัติต่างๆของปุ๋ยหมักคือเศษใบไม้ และปุ๋ยคอก โดยได้ใช้ปริมาณ GTW 1 อัตราส่วน คือ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักเปียกต่อน้ำหนักรวมของปุ๋ยหมักในแต่ละสูตร (น้ำหนักแห้ง) จากนั้นติดตามศึกษา การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมี ระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยหมัก ดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

กลิ่น (Odor) สำหรับ GTW แห่งที่นำมาใช้หมักปุ๋ยในชุดที่สองนั้นไม่มีกลิ่นตั้งแต่ตอนนำมาหมักแล้ว เนื่องจากกลิ่นของ GTW นั้นมาจากน้ำ และก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในบ่อดักไขมัน

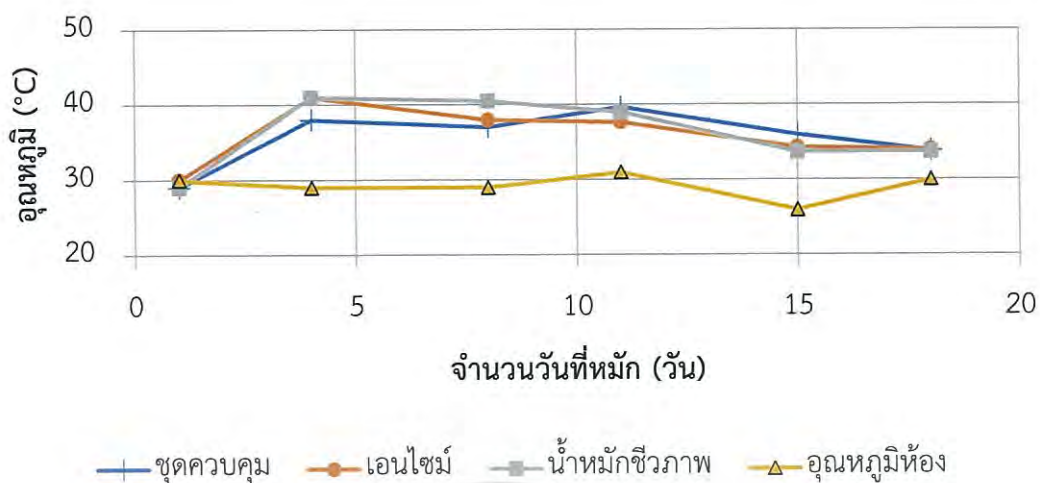
ความชื้น (Moisture) เนื่องจาก GTW แห่งมีความชื้นต่ำที่ 30.86 ± 1.31 % จึงต้องผสมน้ำในช่วงเตรียมปุ๋ยหมักให้มีค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการทำปุ๋ยหมัก (50%-60%) โดยตลอดระยะเวลา 30 วัน ได้ทำการตรวจวัดความชื้นตลอดทุกสัปดาห์ด้วยการบีบปุ๋ย และใช้เครื่องวัดค่าความชื้นให้อยู่ประมาณ 50-60% ตลอดการทดลองซึ่งจากการคลุมถุงพลาสติกทำให้ค่าความชื้นเสถียรในระดับนี้ทำให้ ไม่ต้องควบคุมความชื้นทุกอาทิตย์

อุณหภูมิ ในช่วงเริ่มต้นอุณหภูมิของทุกสูตรพุ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 41 °C โดยปุ๋ยที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพกากไขมัน Enz และ EM มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากัน ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่ใช้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้องดังรูปที่ 4.15 อธิบายได้ว่าอุณหภูมิของปุ๋ยไม่สัมพันธ์กับอุณหภูมิห้องเนื่องจากถูกคลุมด้วยถุงพลาสติกไว้

pH ค่า pH เฉลี่ย ของปุ๋ยทั้ง 3 ชุด มีดังนี้ 5.93, 6.03 และ 5.91 ดังในภาคผนวกตารางที่ ค.-6 โดยภาพรวมยังอยู่ในรูปกรดอ่อน ทั้งนี้เกิดจากกิจกรรมที่ยังคงมีของจุลินทรีย์ แต่ถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ที่ 5.5 – 8.5

ดัชนีการงอกของเมล็ดพืช ในปุ๋ยทั้ง 3 สูตรให้ค่าที่แตกต่างกันออกไป สูตรที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพกากไขมันเป็น Enz ให้ค่าที่ดีเมื่อใช้อัตราส่วนเป็น 1:10 แต่ค่าลดลงเมื่อนำไปเจือจาง 1:100 เท่า ต่างกับสูตรที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพกากไขมัน EM ให้ผลคล้ายกับชุดควบคุม นั่นคือมีแนวโน้มที่ดีขึ้นเมื่อนำไปเจือจางเป็น 1 : 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก สูตรที่ 1, 2 และ 3

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี

คาร์บอนทั้งหมด (Total Carbon) เมื่อสิ้นสุดการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับร้อยละ 27.17 ± 4.98 , 33.52 ± 4.94 และ 33.3 ± 1.87 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของชุดที่ใช้ PTG ทั้งสองชนิดมีค่าสูงกว่าตัวชุดควบคุม อาจเกิดจากส่วนผสมของ Enz และ EM มีส่วนประกอบเป็นสารประกอบจำพวกคาร์บอนค่อนข้างมากเพราะต้องใส่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อให้กับจุลินทรีย์ในการผลิตเอนไซม์ รวมไปถึงกิจกรรมที่จุลินทรีย์ทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นจึงทำให้คาร์บอนทั้งหมดของชุดควบคุม ยังมีค่าน้อยลงอย่างต่อเนื่อง

ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) เมื่อสิ้นสุดการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร ค่าที่ได้เท่ากับร้อยละ 1.94 ± 0.82 , 1.40 ± 0.06 และ 1.66 ± 0.38 โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของชุดที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพกากไขมันกับชุดควบคุม ให้ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ค่า C/N Ratio เมื่อสิ้นสุดการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตร ค่าที่ได้เท่ากับ 14.01, 23.94 และ 20.06 โดยจากผลการทดลองมีเพียงสูตรที่ใช้สารปรับปรุง GTW เป็น Enz เพียงสูตรเดียวที่เกินค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ที่กำหนดให้ค่า C/N Ratio น้อยกว่า 20 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรได้ผลดังนี้ ร้อยละ 12.06 ± 0.02 , 11.27 ± 0.02 และ 11.75 ± 0.001 โดยน้ำหนักแห้ง โดยค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยที่ใช้สารปรับปรุงคุณภาพ GTW นั้นน้อยกว่า ชุดควบคุม เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

โพแทสเซียมทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลองของปุ๋ยหมักทั้ง 3 สูตรได้ผลเฉลี่ยดังนี้ ชุดควบคุม, Enz และ EM มีค่าร้อยละโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.16, 0.74 และ 0.71 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งค่าโพแทสเซียมทั้งหมดที่วัดได้มีเพียงชุดที่ใช้น้ำเป็นสารปรับปรุงคุณภาพเท่านั้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตาราง ก-1 ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักแบบเติมสารปรับปรุงคุณภาพและชุดควบคุม

ชุด ปุ๋ย หมัก	PTG	พารามิเตอร์						
		คาร์บอน ทั้งหมด (%)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	C/N Ratio	โพแทสเซียม ทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)	ดัชนีการออกของ เมิลด์ถั่วเขียว (%)	
							1 : 10	1 : 100
1	Control	27.17 ± 4.98	1.94 ± 0.82	14.01	0.16 ± 0.01	12.06 ± 0.02	73.245 ± 1.21	90.985 ± 1.28
2	Enz	33.52 ± 4.94	1.40 ± 0.06	23.94	0.74 ± 0.01	11.27 ± 0.02	89.96 ± 1.23	69.575 ± 0.67
3	EM	33.3 ± 1.87	1.66 ± 0.38	20.06	0.71 ± 0.03	11.75 ± 0.001	71.445 ± 0.05	84.7 ± 0.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของปุ๋ยหมักแต่ละสูตรเทียบกับมาตรฐานปุ๋ยหมัก

พารามิเตอร์	มาตรฐานปุ๋ยหมัก	สูตรปุ๋ยหมัก		
		1	2	3
กลิ่น	-	✓	✓	✓
พีเอช	5.5-8.5	✓	✓	✓
ค่าการนำไฟฟ้า	<10 dS/m	✓	✓	✓
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	ไม่เกิน 20:1	✓	✗	✓
ไนโตรเจน	≥1.00%	✓	✓	✓
โพแทสเซียม	≥0.50%	✗	✓	✓
ฟอสฟอรัส	≥0.50%	✓	✓	✓
ดัชนีการงอกของเมล็ด(การย่อยสลาย)	≥80%	1 : 10	✗	✗
		1 : 100	✓	✗

หมายเหตุ :

= ผ่านมาตรฐาน

✗

= ไม่ผ่านมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว เมื่อให้ความร้อนในการปรุงอาหาร 2 ครั้ง ยังนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลได้ และผลการสำรวจปริมาณการเกิดน้ำมันที่เสื่อมสภาพ หรือผ่านการใช้งานแล้วของโรงอาหารต่างๆ เฉลี่ย 20.74 ลิตรต่อวัน และแนวคิดรวบรวมน้ำมันเพื่อส่งโรงงานทำไบโอดีเซล ควรมีการเก็บรวบรวม 40 วันต่อการขนส่ง 1 รอบ ส่วนการจัดการกากไขมันจากบ่อดักไขมัน พบว่าเมื่อใช้ EM ปรับปรุง GTW โดยให้ระยะเวลาในการบ่ม 3 วัน มีผลดีต่อการหมักปุ๋ย สามารถใช้ GTW 30% กับวัสดุหมักคือเศษใบไม้ 40% และปุ๋ยคอก 30% เมื่อหมักนาน 30 วัน ได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2550

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การจัดทำ Drop off center ควรมีผู้รับชอบหรือผู้นำในการจัดการจากหน่วยงาน
2. ในการจัดการน้ำมันที่ผ่านการใช้งาน พ่อค้า และแม่ค้าควรมีการแนะนำที่เหมาะสมเช่น การลดการเจือปนของเศษอาหารหรือน้ำ เป็นต้น
3. ไม่ควรปล่อยให้เกิดการสะสมของ GTW ในบ่อดักโรงอาหารนานเพราะส่งกลิ่นเหม็น
4. เมื่อเก็บ GTW ควรนำมาตากให้แห้งก่อนนำไปหมักปุ๋ยเพื่อลดกลิ่นและความชื้น
5. ควรหมักปุ๋ยในบริเวณที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการหมักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. ๒๕๕๐. พระราชบัญญัติปุ๋ย ฉบับที่ 2.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550.กรุงเทพมหานคร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2550. การดำเนินธุรกิจการผลิตไบโอดีเซลของชุมชน:กรณีน้ำมันใช้แล้ว. เอกสารวิชาการ เลขที่ 302 มีนาคม 2550

จุฬากานต์ บุญมี. 2552. การสร้างกลุ่มจุลินทรีย์เพื่อบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนไขมัน . วิทยานิพนธ์

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย พ.ศ.2552

ปชาบดี มาทรัพย์, พรชนก หัตถภูมิเกษตร และสุทธิดา บัวชม. 2559. การจัดการกากไขมันจากเศษ

อาหาร โดยกระบวนการทำปุ๋ยหมัก. โครงการพิเศษในหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุภกร บุญยีน, สมลักษณ์ เรืองสุทธิินฤภาพ, จิรดา สิงขรรัตน์ และนภัทร ทวีกาญจน์. 2553. อิทธิพล

ของกรดไขมันอิสระ ต่อการผลิตไบโอดีเซล (Effect of free fatty acids on

Biodiesel Production). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ . วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 เม.ย.-

มิ.ย. 53 .ปทุมธานี:มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ณกัญภัทร จินดา และทรัพย์ทวี ฝุ่นทอง. 2549. เอนไซม์ไลเปส: การผลิต และ คุณสมบัติทางเคมี

กายภาพ. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีที่ 26 ฉบับที่ 2 เดือน

พฤษภาคม - สิงหาคม 2549 . กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

นิจิยา รัตนานนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2560. ไขมัน. Food Network Solution.

[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0313/fat-ไขมัน>

พวงทอง ไกรพิบูลย์ (2546). ไขมันอิ่มตัว ไขมันไม่อิ่มตัว. เกียรติสุขภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :

<http://haamor.com/th/ไขมันอิ่มตัว-ไขมันไม่อิ่มตัว/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปาริชาติ หาสุหนที, วิชชุดา ตุ่มทอง และสุกานดา ยศโชติ. 2552. การนำกากไขมันจากบ่อดักไขมันของสถานที่จำหน่ายอาหารมาผลิตไบโอดีเซล. โครงการงานพิเศษในปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2552
- สำรวม โกศลานันท์. 2553. การศึกษาอัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงจากกากไขมันและกากของกากไขมันกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ.2553
- พีรเดช ทองอำไพ. 2546. น้ำมันปาล์มกับถั่วเหลือง. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://www.arda.or.th/easyknowledge/easy-articles-detail.php?id=87> (วันที่สืบค้นข้อมูล : 14 ก.ย. 2560)
- พีชเกษตร. 2560. ปุ๋ยหมัก. สารเกษตร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://puechkaset.com/ปุ๋ยหมัก/> (วันที่สืบค้นข้อมูล : 5 ต.ค. 2560)
- รัชกร นามกร, สุเทพ ศิลปานันท์กุล, พิศิษฐ์ วัฒนสมบุญรัมย์ และธวัช เพชรไทย. 2558. การผลิตปุ๋ยหมักร่วมจากกากตะกอนน้ำทิ้ง, เศษผักและ กากไขมัน. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 3(1): 95-103 (2558)
- นิติพงศ์ ปานกลาง, สมชาย เปียนสูงเนิน และดร.บุญยัง ปลั่งกลาง. 2550. ไบโอดีเซล: พลังงานจากน้ำมันพืชใช้แล้ว. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. วารสารวิศวกรรมศาสตรราชชมงคลธัญบุรี. 2550. ปทุมธานี
- ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. 2559. ส่วนแบ่งตลาดน้ำมันพืช ปี 2558 . Market Intelligence. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://fic.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=102>
(วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 ก.ย. 2560)
- สถาบันอาหาร. 2519. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค (มอก.176-2519). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
[http://iiu.oie.go.th/food/Food%20Document%20Library/TH_soyabeanoil\(น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค\).pdf](http://iiu.oie.go.th/food/Food%20Document%20Library/TH_soyabeanoil(น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค).pdf)

ธนิต โสรัตน์ , 2552. โลจิสติกส์เพื่อสิ่งแวดล้อม. V-Serve Group. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.tanitsorat.com/view.php?id=352>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 28 ก.ย. 2560)

สถาบันอาหาร. 2524. น้ำมันปาล์ม. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 56. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้
 จาก : http://iiu.oie.go.th/food/Food%20Document%20Library/TH_น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล : 28 ก.ย. 2560)

สมเดช ใจเพชร. 2543. การย่อยสลายกากไขมันโดยวิธีการทำปุ๋ยหมัก. โครงการงานพิเศษใน
 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย
 เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Chao L. ,et.al ,2016. Optimization of the production of biodiesel from grease trap
 waste (GTW). University of Adelaide, Australia.

Grosser A., Neczaj E., 2016. Institute of Environmental Engineering, Czestochowa
 University of Technology (CUT), Czestochowa, Poland

Iman A.F.Husain. et.al. 2014. Problems, Control, and Treatment of Fat, Oil, and
 Grease (FOG): A Review. Journal of Oleo Science. 63,(8) 747-752 (2014)

Jacobsen, T.and O.M. Poulsen. "Comparison of lipases from different strains of
 the fungus *Geotrichum candidum*". Biochem. Biophys. Acta. 1995.
 1257:96-102.

Jung-Min P. and Jin-Man K.. 2016. "Monitoring of Used Frying Oils and Frying Times
 for Frying Chicken Nuggets Using Peroxide Value and Acid Value".
 Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources,
 Konkuk University, Seoul, Korea. Korean J. Food Sci. An. Vol. 36, No. 5,
 pp. 612~616 (2016)

Kaleem A. ,et.al, 2015. INVESTIGATING CHANGES AND EFFECT OF PEROXIDE VALUES IN
 COOKING OILS SUBJECT TO LIGHT AND HEAT. FUJAST J. BIOL., 5(2):
 191-196

Kermasha, S., M. Safari and B. Bisakowski. 1998."Characterization of purified lipase
 fractions from *Rhizopus niveus*". J. Agric. Food Chem. 1998. 46: 4451-
 4456

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- LOGISTICAFE, 2017. Green Logistics. Logistics. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.logisticafe.com/2009/08/green-logistics/>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ก.ย. 2560)
- McBurney, D. H., 1994. Research methods (3rd ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole
- Medthai. 2016. Enzymes. Health & Medical. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://medthai.com/เอนไซม์/> (วันที่สืบค้นข้อมูล : 1 ธ.ค. 2560)
- Michael W. K.. 2017. Biochemistry of Lipids: Fatty Acids, Omega Fats, Triglycerides, Phospholipids, Eicosanoids . Lipid Biochemistry. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://themedicalbiochemistrypage.org/lipids.php>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 29 พ.ย.. 2560)
- N.V Bhagavan, Chung-Eun Ha, 2011. Lipid I: Fatty Acids and Eicosanoids. Essentials of Medical Biochemistry. 2011. Pages 191-207.
- Rapp P.. 1995. Production, regulation, and some properties of lipase activity from *Fusarium oxysporum* f. sp. vasinfectum. Enzyme Microb. Technol., 1995, vol. 17 September .Braunschweig:Butterworth Heinemann
- The Editors of Encyclopedia Britannica. 2017. Iodine value. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.britannica.com/science/iodine-value>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 25 ก.ย. 2560)
- Thomas, Alfred. 2002. Fats and Fatty Oils. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 3-527-30673-0
- Waste Management and Research Center. 2006. Feasibility Report: Small Scale Biodiesel Production. Champaign, IL : Illinois Waste Management and Research Center
- World Chemical Group. 2017. Biodiesel. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.worldchemical.co.th/en/page-80-การผลิตไบโอดีเซล.html>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 3 ธ.ค. 2560)

- Yean P. Y., ZhiDong L. 2012. A Study on Malaysia's Palm Oil Position in the World Market to 2035. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<https://eneken.ieej.or.jp/data/4362.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล : 19 ก.ย. 2560)
- Yimer, S. , & Sahu, O. 2014. Optimization of Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. Sustainable Energy, 2(3), 81-84.
- Rapp P.. 1995. Production, regulation, and some properties of lipase activity from *Fusarium oxysporum* f. sp. vasinfectum. Enzyme Microb. Technol., 1995,vol. 17 September .Braunschweig:Butterworth Heinemann
- Thomas, Alfred. 2002. Fats and Fatty Oils. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 3-527-30673-0
- The Editors of Encyclopedia Britannica. 2017. Iodine value. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<https://www.britannica.com/science/iodine-value>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ม.ค. 2561)
- World Chemical Group. 2017. Biodiesel. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.worldchemical.co.th/en/page-80-การผลิตไบโอดีเซล.html>
 (วันที่สืบค้นข้อมูล : 2 ม.ค. 2560)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์
ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2550

ตารางที่ ก-1 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ย่อยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุเคมี และโลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.5 – 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 10 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (total P ₂ O ₅) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (total K ₂ O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
10.	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11.	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2550)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำมันปาล์ม

รายการ การ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธีทดสอบดังนี้
		น้ำมัน ปาล์ม ธรรมชาติ	น้ำมัน ปาล์มผ่าน กรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโพลีอินผ่าน กรรมวิธี		
				ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	
1	ความหนาแน่น สัมพัทธ์ (Relative density) ที่ 50/20 °C	0.891 – 0.899				CAC/RM 9 IUPAC (1979) ข้อ 2.102
2	ดัชนีหักเห (Refractive index) ที่ n_D 50 °C	1.455 – 1.456				
3	จุดขุ่น (°C)	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	< 5	< 10	AOCS Cc 6-25
4	น้ำและสารที่ระเหยได้ ที่ 105 °C (%w/w)	< 0.2				IUPAC (1979) ข้อ 2.601
5	สิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (Insoluble impurities) (%w/w)	< 0.05				IUPAC (1979) ข้อ 2.204
6	ค่าไอโอดีน แบบ วิจส์ (Iodine value, Wijs)	50 - 55	50 - 55	> 60	55 - 60	IUPAC (1979) ข้อ 2.205
7	ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification value) mg KOH/oil in g	190 - 209				IUPAC (1979) ข้อ 2.202
8	สารที่สะพอนิฟิเคชัน ไม่ได้ (Unsaponifiable matter) g/oil in kg	< 12	< 12	< 8	< 10	IUPAC (1979) ข้อ 2.401
9	ค่าของกรด (Acid value) mg KOH/oil in g	< 4	< 0.6	< 0.6	< 0.6	IUPAC (1979) ข้อ 2.501

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธีทดสอบตาม method ดังนี้
		น้ำมัน ปาล์ม ธรรมชาติ	น้ำมัน ปาล์มผ่าน กรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโพลีอินผ่าน กรรมวิธี		
				ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	
10	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) meq H ₂ O ₂ /oil in kg	< 10				IUPAC (1979) ข้อ 2.501
11	ปริมาณสบู่ (Soap content) % w/w	< 0	< 0.005	< 0.005	< 0.005	CAC/RM 13 AOAC (1984) ข้อ 43.008 – 43.013
12	บีตาแคโรทีน (Beta carotene) mg/kg	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	
13	เหล็ก		5.0		1.5	-
14	สารหนู		0.1		0.1	-
15	ทองแดง		0.4		0.1	-
16	ตะกั่ว		0.1		0.1	-

ที่มา : ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-3 คุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานมอก. 176-2519

รายการ	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) ที่ 25 °C	0.919 - 0.925
2	ดัชนีหักเห (Refractive Index) ที่ n_D 40 °C	1.466 - 1.470
3	ค่าสะaponิฟิเคชัน (Saponification value) mg KOH/oil in g	189 - 195
4	ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (Iodine value Wijs)	120 - 143
5	สารที่สะaponิฟิเคชันไม่ได้ (Unsaponifiable matter) g/oil in kg	<15
6	ค่าของกรด (Acid value) mg KOH/oil in g	<0.6
7	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) meq H ₂ O ₂ /oil in kg	<10
8	น้ำและสิ่งทีระเหยได้ ที่อุณหภูมิ 105 °C % w/w	<0.2
9	สารที่ไม่ละลายในน้ำมัน (Insoluble impurities) % w/w	<0.05
10	ปริมาณสบู่ (Soap content) % w/w	<0.005
11	เหล็ก mg/oil in kg	<2.5
12	อาร์เซนิก mg/oil in kg	<0.1
13	ทองแดง mg/oil in kg	<0.1
14	ตะกั่ว mg/oil in kg	<0.1

ที่มา : ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4 คุณสมบัติของน้ำมันที่ผ่านการใช้งานที่เหมาะสมกับการทำไบโอดีเซล

รายการ	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density) ที่ 20 °C kg/m ³	≤ 950
2	Kinematic viscosity 40 °C mm ² /s	≤ 38.7
3	ค่าสะพอนิฟิเคชัน (Saponification value) mg KOH/oil in g	≤ 180
4	ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (Iodine value Wijs)	≤ 90.6
5	จุดวาบไฟ (Flash point (°C))	≤ 150
6	ค่าของกรด (Acid value) mg KOH/oil in g	≤ 12.6
7	จุดเดือด °C	≤ 30.2
8	น้ำและสิ่งที่ระเหยได้ ที่อุณหภูมิ 105 °C % w/w	≤ 0.019
9	สารที่ไม่ละลายในน้ำมัน (Insoluble impurities) % w/w	≤ 0.04

ที่มา : Yimer, S., & Sahu, O. (2014).

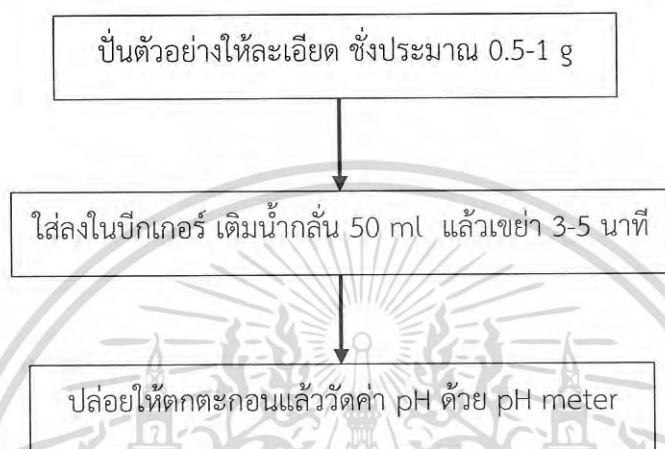
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์และการคำนวณผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง (pH) ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

วิธีการวิเคราะห์



2. การวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

วิธีการวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

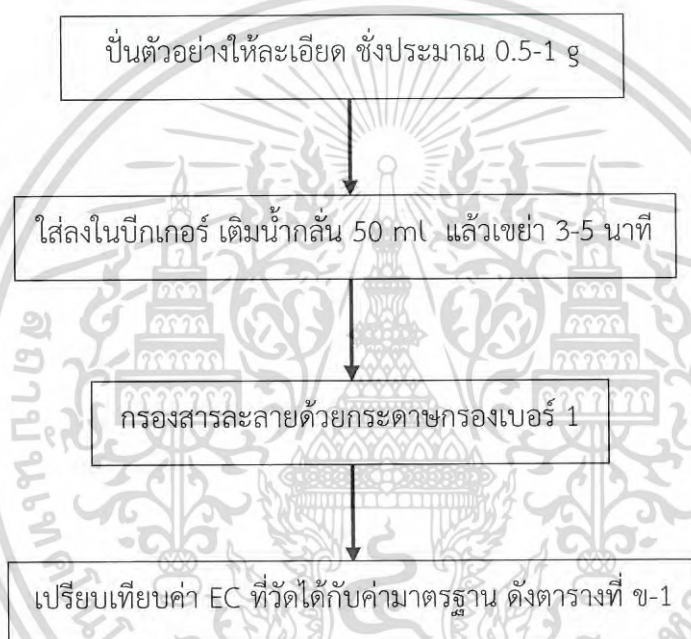
$$\% M = \frac{W - D}{D} \times 100$$

% M = เปอร์เซ็นต์ความชื้น

W = น้ำหนักตัวอย่างเปียก

D = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

3. การวิเคราะห์หาปริมาณค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547



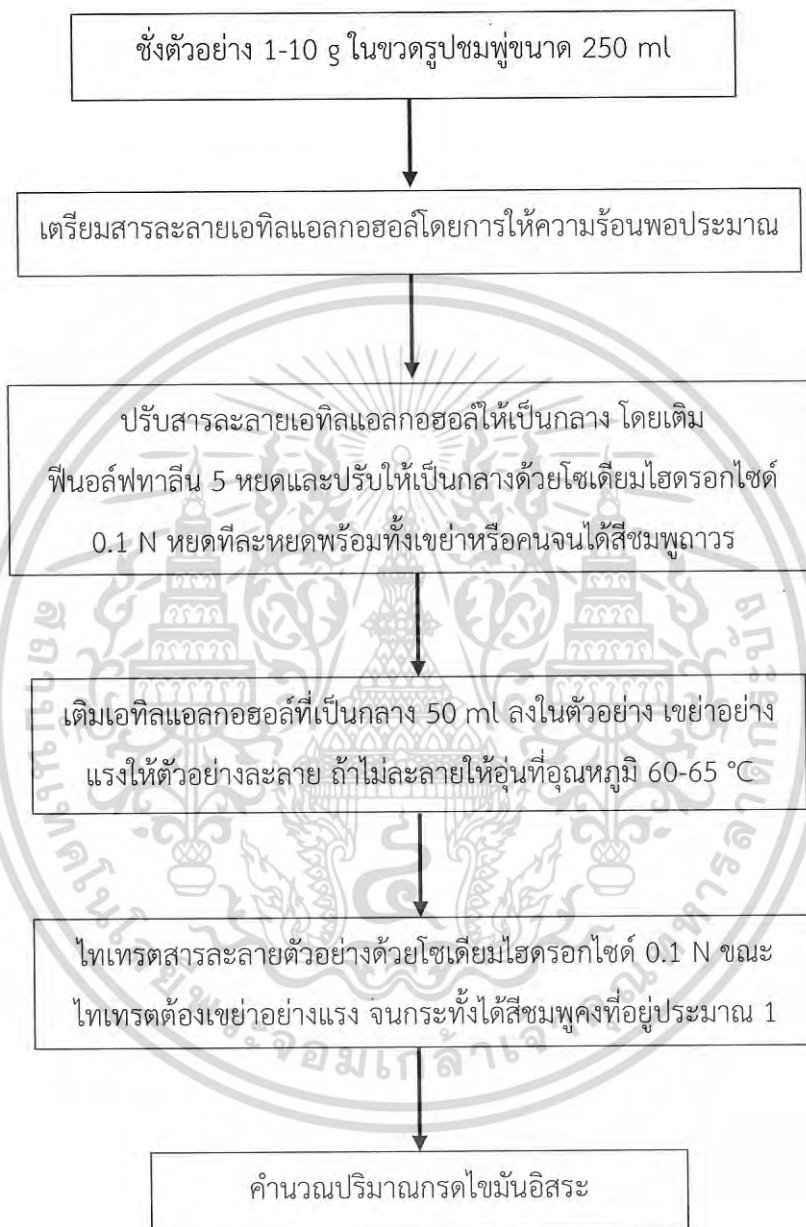
ตารางที่ ข-1 ค่ามาตรฐานค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

EC (mmho/cm หรือ dS/m)	ระดับความเค็ม
< 2	ไม่เค็ม
2-4	เค็มเล็กน้อย
4-8	เค็มปานกลาง
8-16	เค็มมาก
> 20	เค็มมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid) วิธี AOCS Ca 5a -40 (Firestone, 2004)

การเตรียมสารเคมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (N)} = \frac{W}{V \times 0.02042}$$

W = น้ำหนักของโพแทสเซียมแอสซิเตท (g)

V = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (ml)

$$\text{Acid Value (mgKOH/g)} = \frac{A \times B \times 56.1}{W}$$

A = ปริมาตรต่างที่ใช้ (ml)

B = ความเข้มข้นต่าง (N)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

56.1 = ค่าสมมูลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

5. การวิเคราะห์หาค่าไอโอดีน (Iodine number) ตามวิธี AOAS, AOAC and IUPAC Wijs (Cyclohexane) Method 2012

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายวิจส์ Wijs solution

ซังไอโอดีน 16.5 g ละลายใน glacial acetic acid และปรับปริมาตรให้ได้ 1 L ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต เข้มข้น 0.1 N

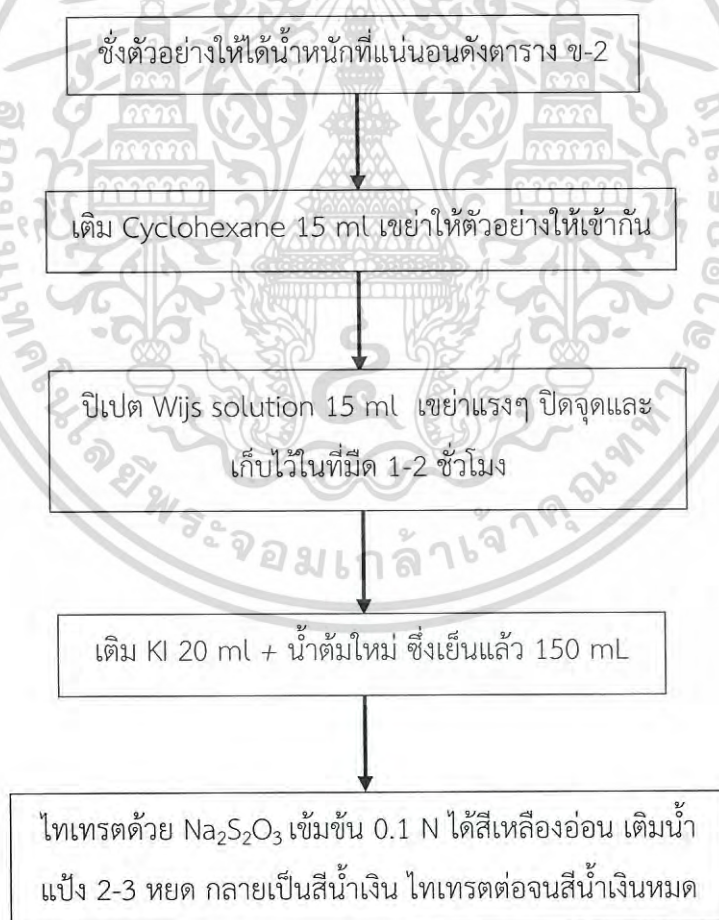
ซังโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 25 g ละลายในน้ำกลั่น 1 L และต้มให้เดือดเบาๆ 5 นาที แล้วถ่ายลงในขวดสีชาขณะร้อนเก็บสารละลายในที่มืดและเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 ปริมาณตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ค่าไอโอดีน

ค่าไอโอดีนที่คาดคะเนไว้	น้ำหนักตัวอย่างที่เหมาะสม (กรัม)
< 5	3.00
5 – 20	1.00
21 – 50	0.40
51 – 100	0.20
101 – 150	0.13
151 – 200	0.10

วิธีการวิเคราะห์



หมายเหตุ : ก่อนไทเทรตให้ปิดขวดด้วยจุกยางเขย่าแรงๆ เพื่อให้ไอโอดีนถูกดึงออกมาให้หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (N)} = \frac{W}{V \times 0.0490}$$

W = น้ำหนักของโพแทสเซียมไดโครเมต (g)

V = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ (ml)

$$\text{Iodine} = \frac{(B-A) \times N \times 12.69}{W}$$

A = ปริมาตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาตรของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ไทเทรตกับ Blank (ml)

N = ความเข้มข้น $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

12.69 = ค่ามวลสมมูลของไอโอดีนที่ความเข้มข้น 0.1 M



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์ค่าสaponification value) วิธีมาตรฐานตาม A.O.A.C., 1990

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายแอกซอลิโคพอสเฟอรัสไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 N

ซิงก์โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 40 g ละลายในน้ำกลั่น 20 mL

ปรับให้ครบ 1 L ด้วยเอทานอล 95% สารละลายที่ได้ควรมีสีเหลืองฟาง
หรือไม่มีสีเก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วสีชาฝาปิดไม่เป็นแก้ว

เตรียมสารละลายไว้อย่างน้อย 5 วัน ก่อนนำไปใช้

2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.5 N

เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ปริมาตร 45 mL ลงในขวดปรับปริมาตร
ขนาด 1 L ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1 L แล้วเขย่าให้เข้ากัน

3. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้นร้อยละ 1

ซิงก์ฟีนอล์ฟทาลีน 1 g ละลายในเอทานอล 95% และ
ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml

วิธีการวิเคราะห์



B = ปริมาตร HCl ที่ใช้ไทเทรตกับ Blank (ml)

A = ปริมาตร HCl ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้น HCl (N)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

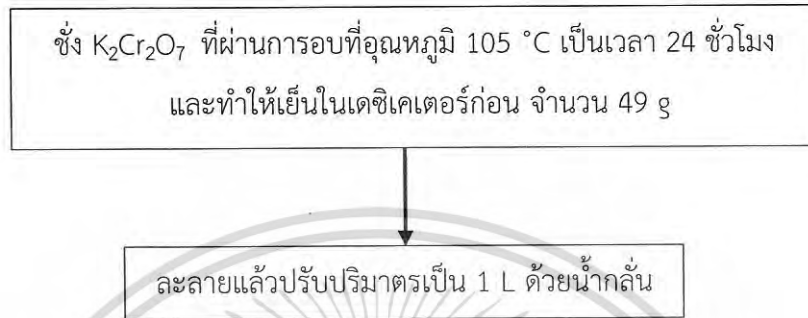
56.1 = ค่าสมมูลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การวิเคราะห์หาค่าปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon) โดยวิธี Walkley and Black ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

การเตรียมสารเคมี

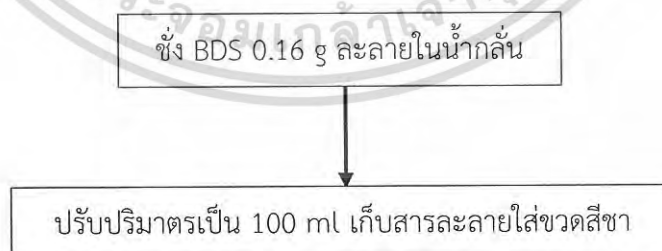
1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1 N



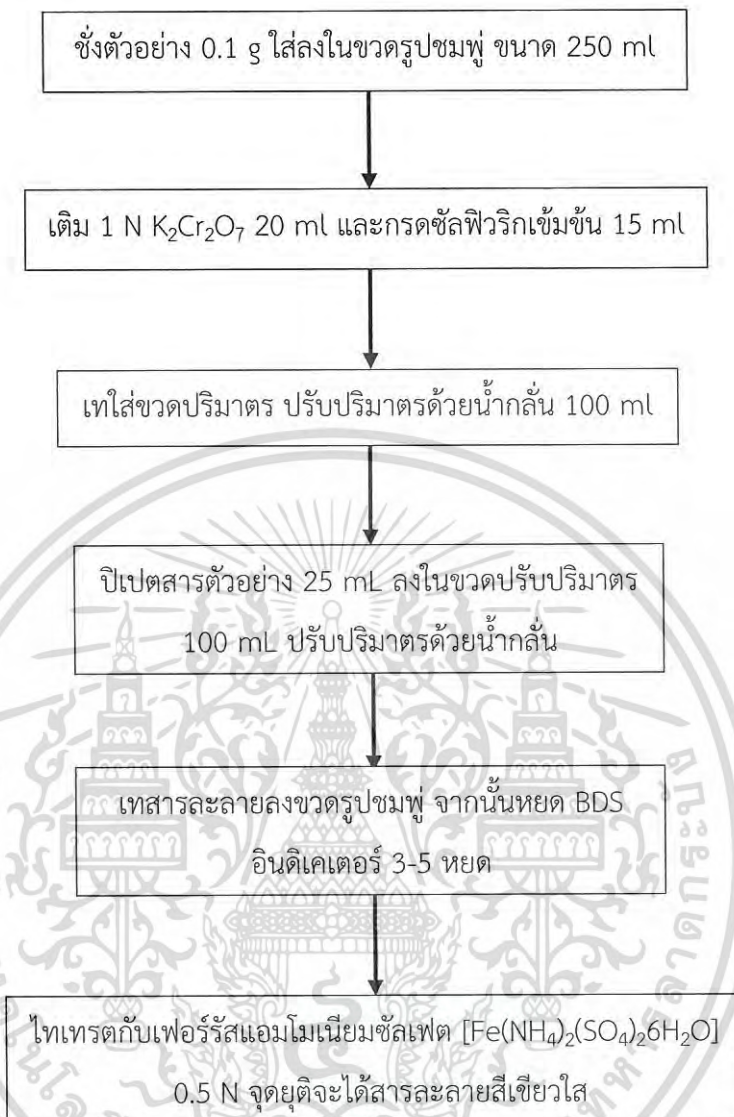
2. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N



3. แบเรียมไดฟีนิลลามีนซัลโฟเนต อินดิเคเตอร์ (BDS) 0.16%



วิธีการวิเคราะห์



การคำนวณ

$$\% \text{ Organic carbon} = \frac{(B-T)N}{B} \times \frac{100}{77} \times 3 \times \frac{100}{1000} \times \frac{20}{B}$$

N = ความเข้มข้นของโพแทสเซียมไดโครเมต (N)

B = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับ Blank (mL)

T = ปริมาตรของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ไทเทรตกับตัวอย่าง (mL)

W = น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธีเจลดดาห์ล (Kjeldahl) ตามวิธีของ กรมพัฒนาที่ดิน 2547

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N

ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (37% w/w) มา 8.2 ml

ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 L

2. สารละลายกรดบอริก เข้มข้น 2 %

ชั่งกรดบอริก (H_3BO_3) 20 g

ละลายและปรับปริมาตรให้เป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution)

ละลายเมทิลเรด 200 mg ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 100 ml

ละลายเมทิลีนบลู 100 mg ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % 50 ml

นำสารทั้ง 2 ชนิดมาผสมกัน เก็บสารละลายใส่ขวดสีชา
ไม่ควรเก็บเกิน 1 เดือน

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 33 %

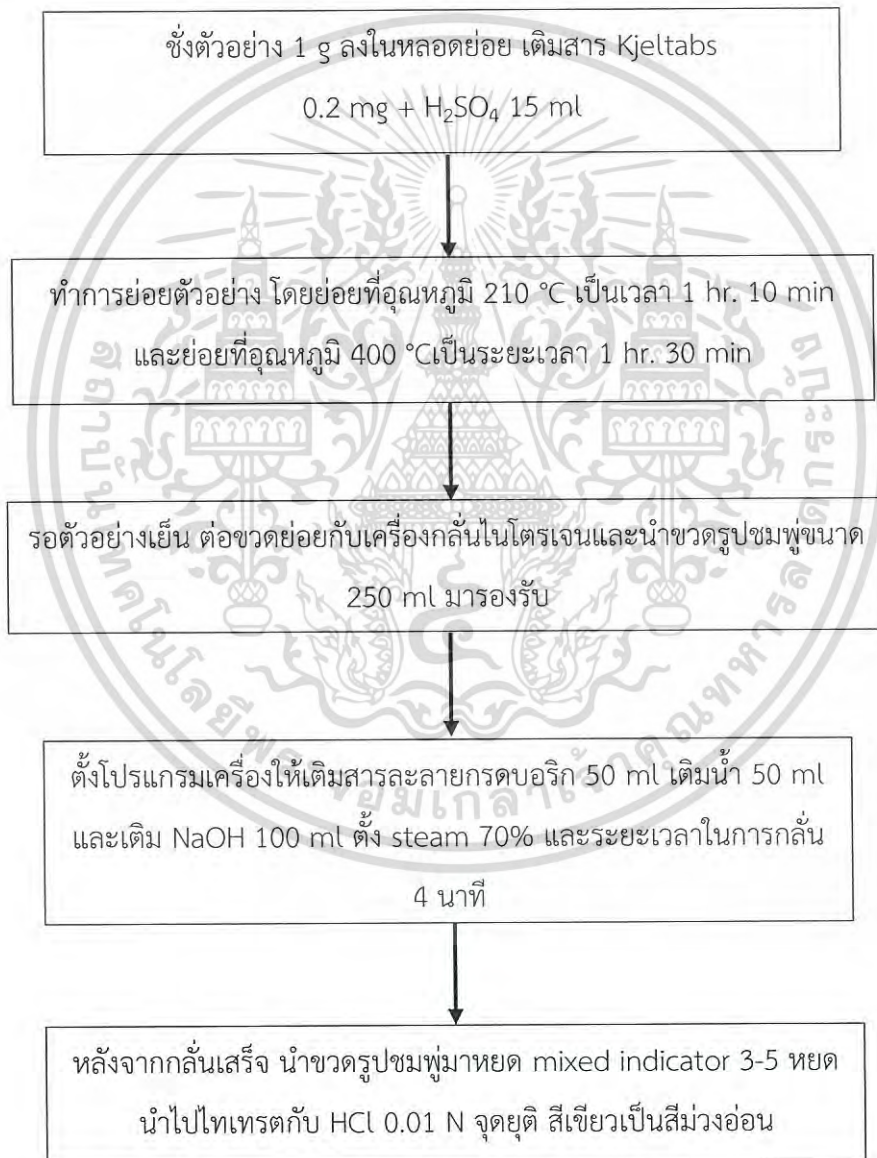
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 kg ในบีกเกอร์ขนาด 5 L

ปล่อยให้สารละลายเย็น ปรับปริมาตรเป็น 3 L ด้วยน้ำกลั่น

5. สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs)



วิธีการวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐาน HCl 0.1 N

ซิงโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 250°C เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงมา 0.0539 กรัม

ละลายด้วยน้ำปราศจากคาร์บอน และปรับปริมาตรเป็น 100 ml
ห้ามเขย่าขวด

หยดเมทิลเรด 3-5 หยด นำไปไทเทรตกับ HCl 0.1 N

การคำนวณ

$$[\text{HCl}, \text{N}] = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)} \times 1000}{53 \times V_{\text{HCl}} \text{ที่ใช้}}$$

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(A-B) \times N \times 1.401}{W}$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (ml)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตแบลงค์ (ml)

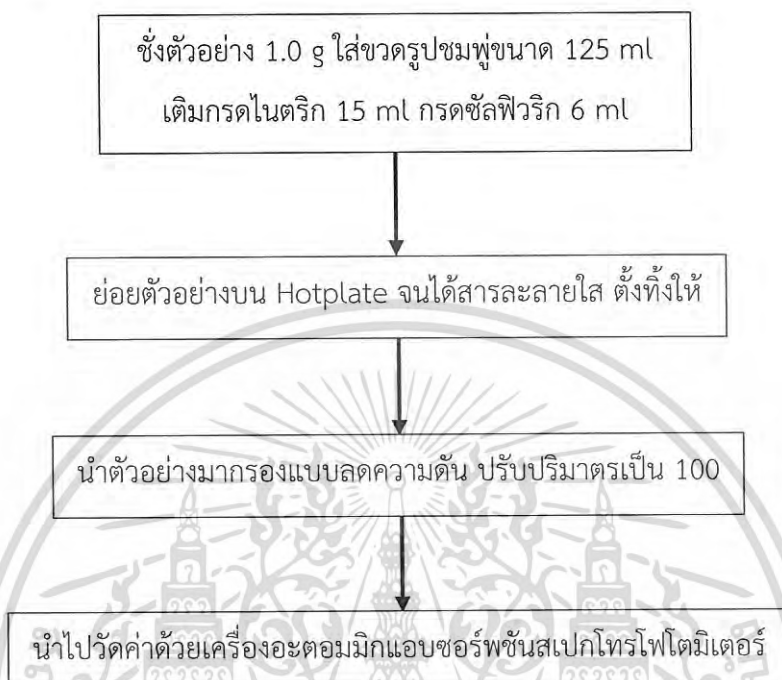
N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริกที่ใช้

W = น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium) โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปกโทรสโกปีตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

วิธีการวิเคราะห์



หมายเหตุ : การเตรียมแบลงค์ ให้ทำตามขั้นตอนดังกล่าว โดยไม่ใส่ตัวอย่างถ้ายังไม่ทำการวิเคราะห์ โดยทันทีให้เกิดรักษาสภาพที่อุณหภูมิ 4 °C

การคำนวณ

$$\% \text{ Potassium} = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่า mg/L ที่อ่านได้จากเครื่อง

S = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

d.f = dilution factor ถ้าไม่ได้ dilute ให้ตัด d.f ออก

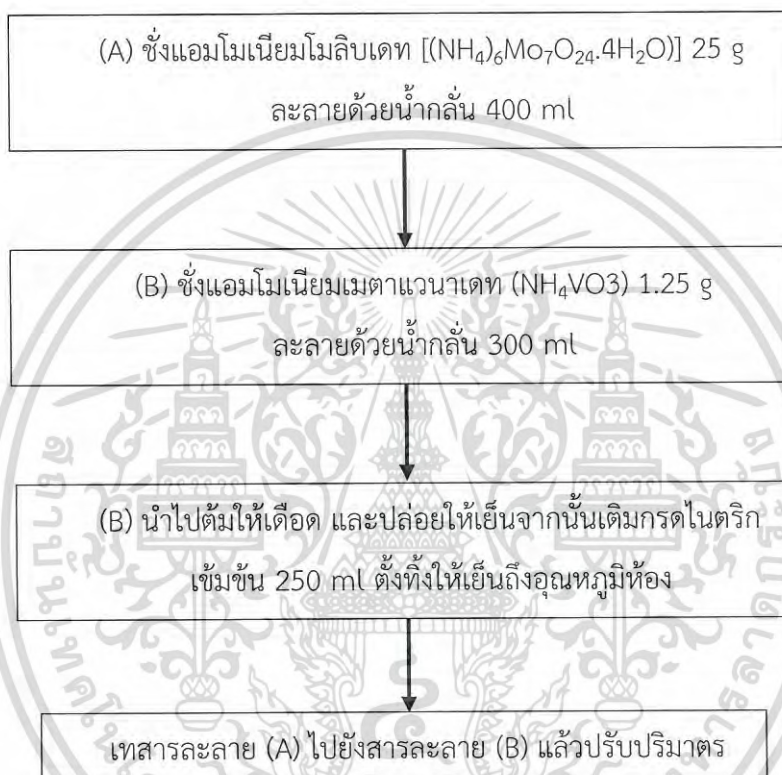
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) โดยวิธี

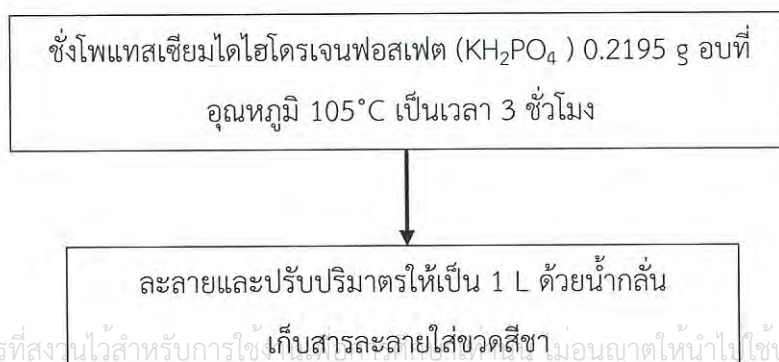
Vanadomolybdate method ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายแวนาเดท-โมลิบเดต รีเอเจนต์



2. สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)



3. การเตรียมกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

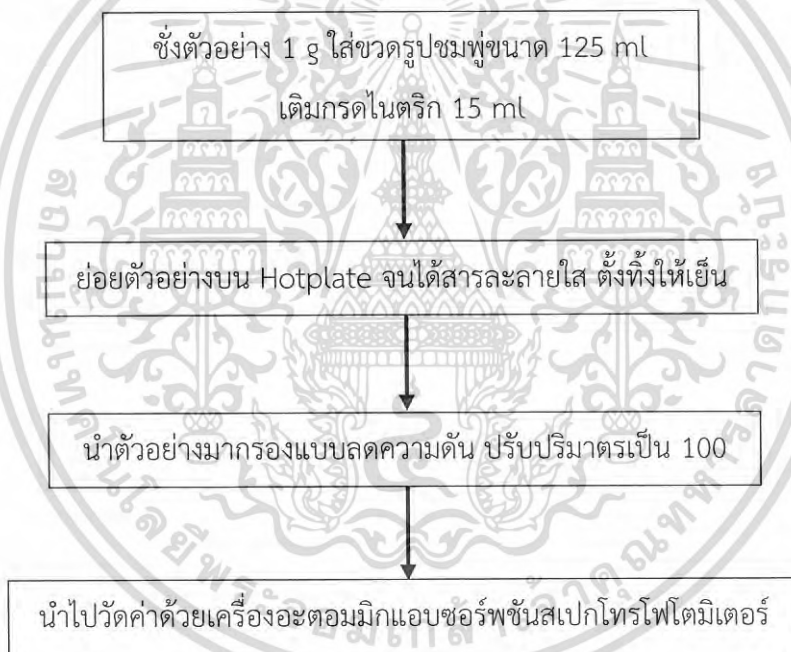
$$\% \text{ ฟอสฟอรัส (P)} = \frac{\text{mgP(จากกราฟ)} \times \text{d.f.} \times 100}{\text{mg Sample (น้ำหนักแห้ง)}}$$

$$\% \text{ P}_2\text{O}_5 = \% \text{ P} \times 2.29$$

เมื่อ d.f. = ค่าการเจือจาง

11. การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) และทองแดง (Cu) โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปกโทรสโกปีตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน 2547

วิธีการวิเคราะห์



หมายเหตุ : การเตรียมแบลนด์ ให้ทำตามขั้นตอนดังกล่าว โดยไม่ใส่ตัวอย่าง ถ้ายังไม่ทำการวิเคราะห์โดยทันทีให้เก็บรักษาสภาพที่อุณหภูมิ 4 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโลหะหนัก} = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f}{s} \text{ mg/kg}$$

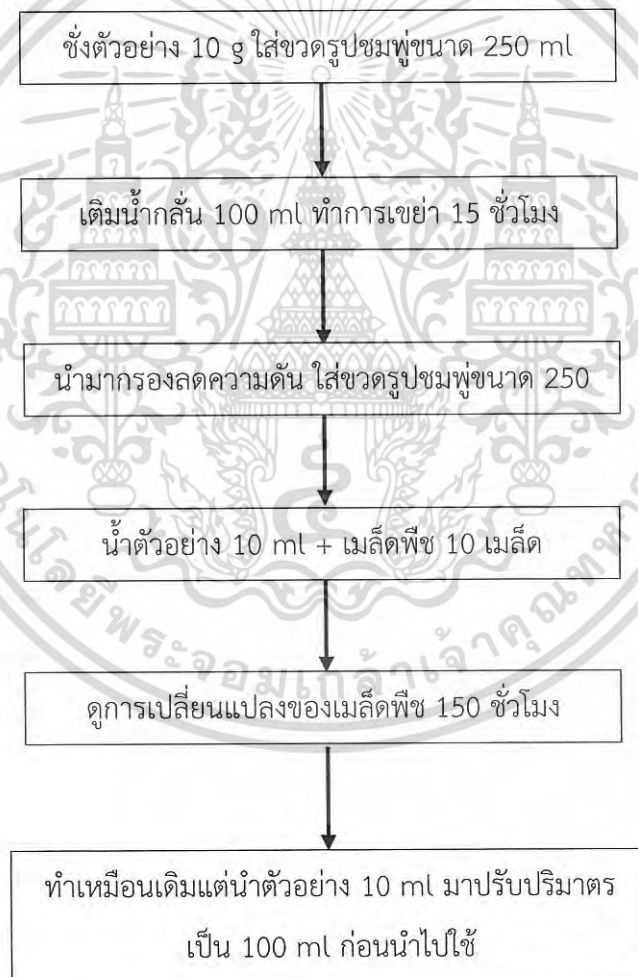
r-b = ค่าที่อ่านได้ (mg/L) - blank

S = น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

d.f = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย

12. การวิเคราะห์ดัชนีการงอกของเมล็ด Seed Germination โดยวิธี Walter, I., et.al, 2006

วิธีการวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ดัชนีการงอก(\%)} = \frac{A \times B}{C \times D} \times 100$$

A = % จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดทดลอง

B = ความยาวรากในชุดทดลอง

C = % จำนวนเมล็ดที่งอกในชุดควบคุม

D = ความยาวรากในชุดควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 1-ค การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเมื่อผ่านการให้ความร้อน

พารามิเตอร์	ตัวอย่างน้ำมัน					
	P	PR1	PR2	S	SR1	SR2
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	5.75 ± 0.88	11.01 ± 0.58	16.85 ± 2.07	3.82 ± 0.56	6.00 ± 0.44	9.08 ± 1.03
ค่าไอโอดีน	57.27 ± 3.66	64.67 ± 4.85	71.23 ± 0.97	195.59 ± 2.89	199.61 ± 1.09	204.05 ± 1.68
ค่าสะพอนิฟิเคชัน mg KOH/g	196.35 ± 2.81	214.12 ± 4.28	244.97 ± 5.83	197.88 ± 1.62	209.44 ± 1.62	235.62 ± 2.80

เมื่อ P = น้ำมันปาล์ม

PR1 = น้ำมันปาล์มทอดครั้งที่ 1

PR2 = น้ำมันปาล์มทอดครั้งที่ 2

S = น้ำมันถั่วเหลือง

SR1 = น้ำมันถั่วเหลืองทอดครั้งที่ 1

SR2 = น้ำมันถั่วเหลืองทอดครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-ค การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของกากไขมัน

พารามิเตอร์	ครั้งที่	กากไขมันแห้ง	ค่าเฉลี่ย	S.D
พีเอช	1	5.84	5.75	0.30
	2	5.41		
	3	6.00		
ค่าการนำไฟฟ้า (dS/m)	1	0.20	0.16	0.04
	2	0.12		
	3	0.15		
ความชื้น (%)	1	31.00	30.86	1.31
	2	29.50		
	3	32.10		
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	1	133.73	135.58	4.08
	2	140.26		
	3	132.75		
ค่าไอโอดีน	1	6.87	7.83	1.28
	2	9.29		
	3	7.34		
ค่าสะพอนิฟิเคชัน mg KOH/g	1	140.25	140.25	2.81
	2	143.06		
	3	137.45		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-ค การวิเคราะห์สมบัติของสารปรับปรุง PTG กากไขมันเบื้องต้น

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด mgKOH/g	ค่ากรดไขมันอิสระ (%)
กากไขมันก่อนปรับปรุง	144.77 ± 5.08	72.77 ± 2.57
หลังปรับปรุงด้วย PTG 1 วัน		
- ชุดควบคุม	104.47 ± 6.48	52.52 ± 3.26
- En	98.02 ± 11.31	49.27 ± 1.59
- Em	77.62 ± 3.16	39.02 ± 5.68
หลังปรับปรุงด้วย PTG 2 วัน		
- ชุดควบคุม	99.80 ± 2.71	50.17 ± 1.36
- En	89.00 ± 0.20	44.74 ± 0.10
- Em	84.78 ± 3.25	42.62 ± 1.63
หลังปรับปรุงด้วย PTG 3 วัน		
- ชุดควบคุม	100.35 ± 0.22	50.44 ± 0.11
- En	98.09 ± 0.46	49.31 ± 0.23
- Em	91.43 ± 3.02	45.96 ± 1.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-ค สมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่ใช้หมักปุ๋ย

พารามิเตอร์	ครั้ง	วัสดุหมัก		
		ปุ๋ยคอก	เศษใบไม้	กากไขมัน
ความชื้น (%)	1	3.72	4.60	70.12
	2	2.69	6.07	68.47
	3	3.27	62.59	71.77
	ค่าเฉลี่ย	3.23	24.42	70.12
	S.D.	0.52	33.06	1.65
คาร์บอนทั้งหมด (%)	1	46.47	36.53	36.65
	2	47.02	40.35	12.01
	3	45.90	46.33	55.15
	ค่าเฉลี่ย	46.46	41.07	34.60
	S.D.	0.56	4.94	21.64
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1	1.17	0.84	0.67
	2	1.24	0.86	0.69
	3	1.15	0.85	1.05
	ค่าเฉลี่ย	1.19	0.85	0.80
	S.D.	0.05	0.01	0.21
อัตราส่วน C/N	1	39.72	43.49	54.70
	2	37.92	46.92	17.41
	3	39.91	54.50	52.52
	ค่าเฉลี่ย	39.18	48.30	41.54
	S.D.	1.10	5.64	20.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5-ค แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิของปุ๋ยหมัก

สูตร	ครั้ง	อุณหภูมิ (°c)							
		สัปดาห์ที่ 1		สัปดาห์ที่ 2		สัปดาห์ที่ 3		สัปดาห์ที่ 4	
1	1	29.0	38.0	37.1	39.6	36.0	31.2	30.1	31.2
	2	29.1	38.1	37.2	39.5	36.1	31.5	30.2	31.2
	3	29.2	38.1	37.1	39.1	36.2	31.6	30.3	31.2
2	1	29.0	41.0	40.5	39.1	33.6	34.8	32.8	31.1
	2	29.1	40.5	40.1	39.2	33.5	34.1	32.4	31.2
	3	29.2	41.0	40.2	39.2	33.4	34.2	32.6	31.2
3	1	30.0	41.0	38.0	37.6	34.3	31.2	32.1	31.2
	2	30.1	40.8	38.1	37.5	34.1	31.3	32.2	31.4
	3	30.2	41.2	38.2	37.4	34.2	31.5	32.3	31.5

ตารางที่ 6-ค ผลการตรวจวัดวิเคราะห์พารามิเตอร์ของปุ๋หมัก

สูตร ปุ๋ย	ครั้ง	พารามิเตอร์									
		พีเอช	ความชื้น (%)	สภาพน้ำ ไฟฟ้า (dS/m)	คาร์บอน ทั้งหมด (%)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	อัตราส่วน C/N	โพแทสเซียม ทั้งหมด (%)	ฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)	ดัชนีการออกของเมล็ด (%)	
										1 : 10	1 : 100
1	1	5.90	72.12	6.62	32.89	1.01	32.56	0.15	10.14	72.39	90.08
	2	5.86	56.47	5.13	24.83	2.31	10.75	0.16	14.56	74.1	91.89
	3	5.98	54.12	5.98	23.78	2.51	9.47	0.16	11.47	-	-
	ค่าเฉลี่ย	5.91	60.90	5.91	27.17	1.94	14.01	0.16	12.06	73.24	90.98
	S.D.	0.06	9.78	0.74	4.98	0.82	12.98	0.01	0.02	1.21	1.28
2	1	6.00	61.23	6.21	39.22	1.35	29.05	0.73	13.74	89.09	70.05
	2	6.10	54.79	6.10	30.62	1.46	20.97	0.74	8.62	90.83	69.1
	3	5.98	54.12	5.88	30.71	1.39	22.09	0.74	11.46	-	-
	ค่าเฉลี่ย	6.02	56.71	6.06	33.52	1.40	23.94	0.74	11.27	89.96	69.58
	S.D.	0.06	3.92	0.16	4.94	0.06	4.38	0.01	0.02	1.23	0.67
3	1	5.89	54.79	5.62	31.15	1.28	24.34	0.67	11.62	71.41	84.01
	2	5.90	61.36	4.79	34.14	1.67	20.44	0.73	11.79	71.48	85.39
	3	5.99	59.12	4.44	34.60	2.03	17.04	0.71	11.85	-	-
	ค่าเฉลี่ย	5.93	58.42	4.95	33.30	1.66	20.06	0.71	11.75	71.44	84.7
	S.D.	0.05	3.34	0.60	1.87	0.38	3.65	0.03	0.001	0.05	0.98

ภาคผนวก ง

การประกันคุณภาพในการวิเคราะห์

1. การประกันคุณภาพการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธีเจลดดาห์ล (Kjeldahl) มีวิธีการทำดังนี้

1.) ชั่งกรดกลูตามิก 1.000 g ลงในหลอดย่อยย้อย เติมสารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs) 0.2 mg และ กรดซัลฟิวริก 15 ml จากนั้นนำไปต่อกับชุดเครื่องย่อยสลาย

2.) ทำการย่อยและ กลั่นเหมือนเช่นตัวอย่างที่ทำกรวิเคราะห์

3.) หลังจากกลั่นเสร็จให้นำขวรูปชมพูมาหยด mixed indicator 3-5 หยด และนำไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริก 0.01 นอร์มอล (N) จุดยุติ สีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน บันทึกปริมาตรกรดไฮโดรคลอริก 0.01 N ที่ใช้

4.) คำนวณหาร้อยละความถูกต้อง (accuracy) ของกรดกลูตามิก เกณฑ์การยอมรับ 90-110%

ผลการประกันคุณภาพ

ตัวอย่าง	Nitrogen (%)		ความถูกต้อง
	การทดลอง	ทฤษฎี	
Glutamic 1	9.33	9.52	96.74
Glutamic 2	9.24		
Glutamic 3	9.06		

วิธีการคำนวณ

$$\begin{aligned} \% \text{ ความถูกต้อง (Accuracy)} &= \frac{\text{ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์}}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \quad (\text{ง.1}) \\ &= \frac{\left(\frac{9.33 + 9.24 + 9.06}{3} \right)}{9.52} \times 100 \\ &= 96.74 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประกันคุณภาพการวิเคราะห์หาค่าปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (Total carbon)

โดยวิธี Walkley and Black method มีวิธีการทำดังนี้

- 1.) ชั่งกลูโคส $C_6H_{12}O_6$ มา 0.2500 g ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL
- 2.) เติม 1 N $K_2Cr_2O_7$ ปริมาตร 20 mL และ กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 15 mL
- 3.) เทลงใส่ขวดปรับปริมาตร 100 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- 4.) ปิเปตมา 25 mL ลงขวดปรับปริมาตร 100 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- 5.) เทสารละลายลงในขวดรูปชมพู่ จากนั้นหยด BDS อินดิเคเตอร์ ประมาณ 3-5 หยด ไทเทรต

กับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N จุดยุติจะได้สารละลายสีเขียวใส

- 6.) คำนวณหาร้อยละความถูกต้อง (accuracy) ของกลูโคส เกณฑ์การยอมรับ 90-110%

ผลการประกันคุณภาพ

ตัวอย่าง	Carbon (%)		ความถูกต้อง
	การทดลอง	ทฤษฎี	
Glucose 1	41.15	40.00	104.33
Glucose 2	42.10		
Glucose 3	41.95		

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ ความถูกต้อง (Accuracy)} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์}}{\text{ค่าจริง}} \times 100 \quad (\text{ง.2})$$

$$= \frac{\left(\frac{41.15 + 42.10 + 41.95}{3} \right)}{40.00} \times 100$$

$$= 104.33 \%$$

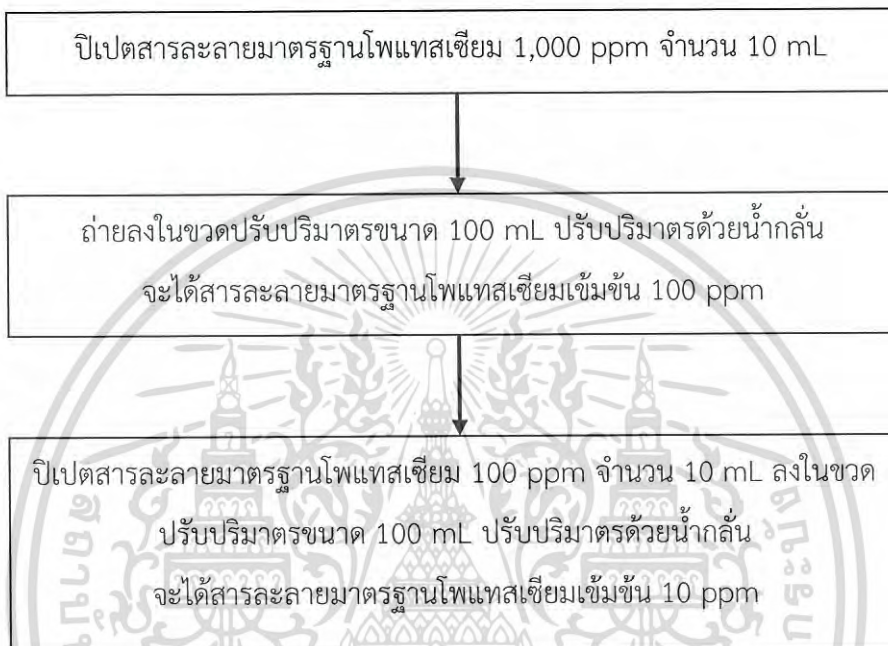
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

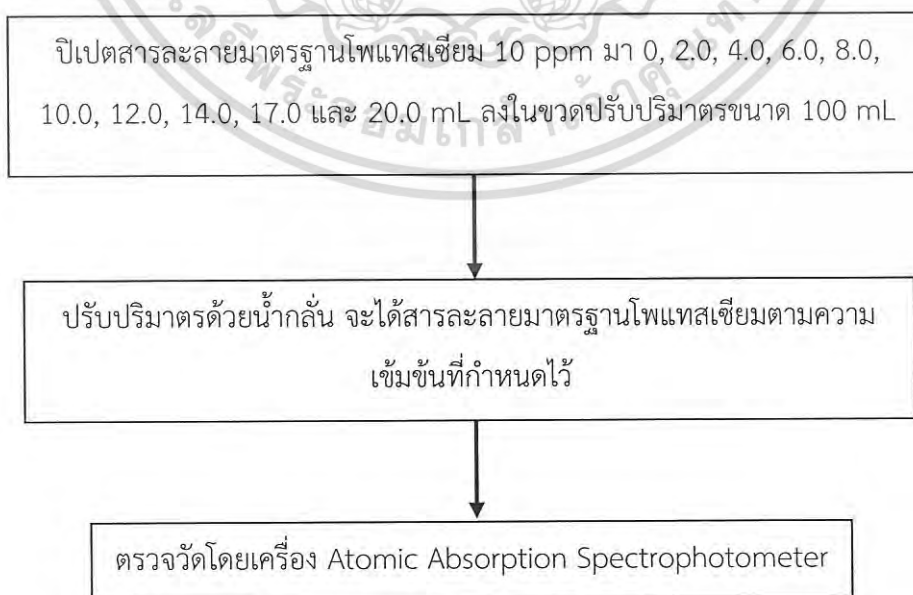
การเตรียมสารมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม

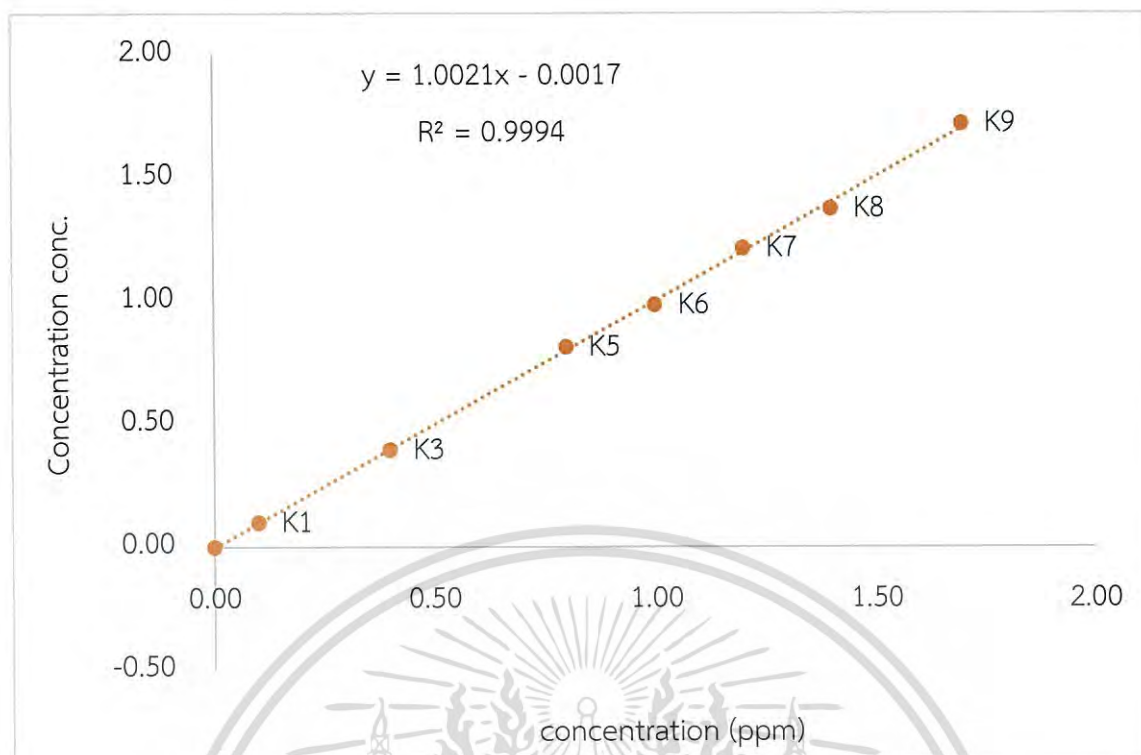
1.) การเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 10 ppm



2.) การเตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.7 และ 2.0 ppm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-1 กราฟมาตรฐานโพแทสเซียม

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส สำหรับการวิเคราะห์การหาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) โดยวิธี Vanadomolybdate method

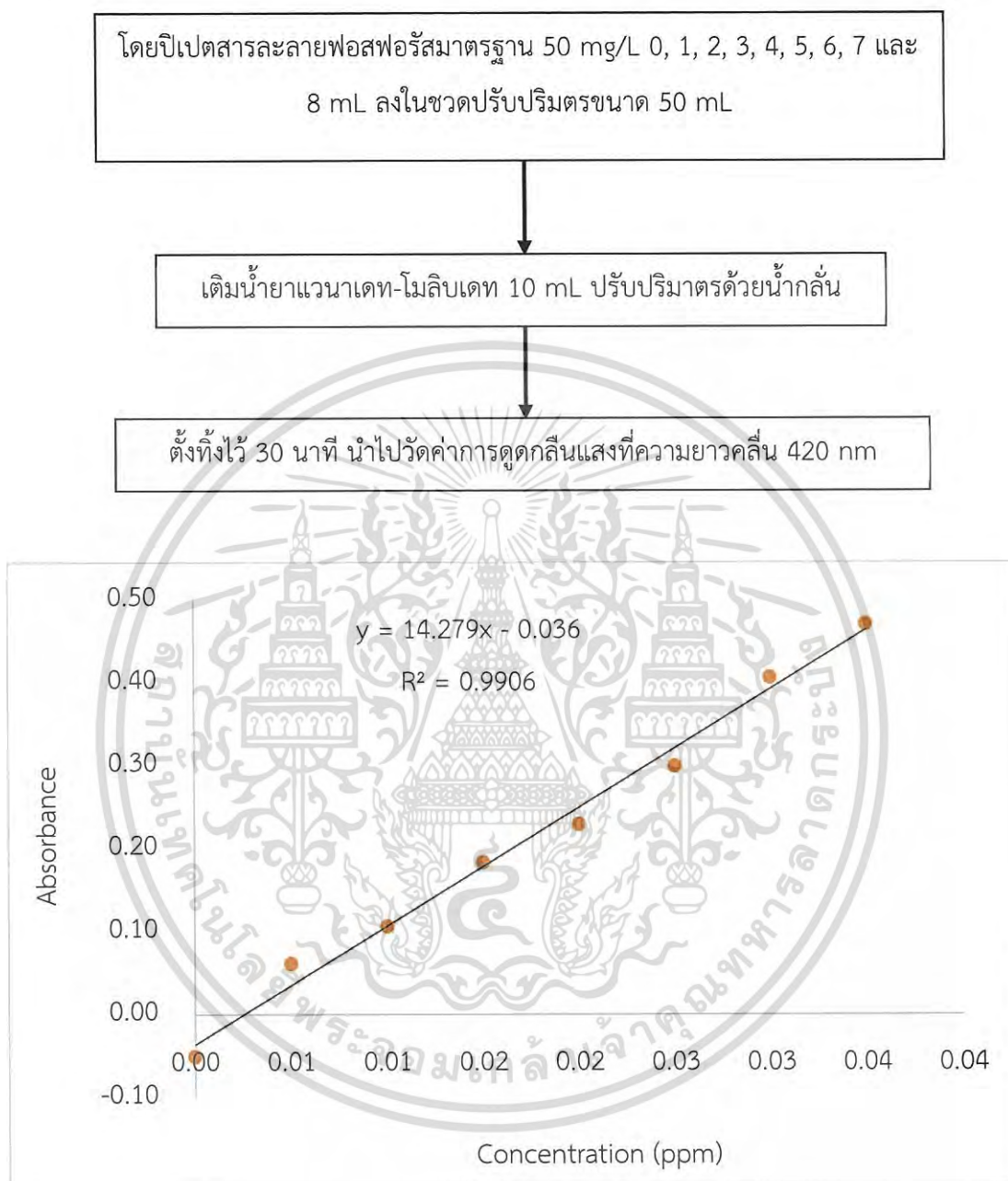
1.) การเตรียมสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน เข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.2195 g อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ปรับปริมาตรและถ่ายลงในขวดสีชาขนาด 1 L ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การเตรียมสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน เข้มข้น 0, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02, 0.025, 0.03, 0.035, 0.04 mg/L



รูปที่ ง-2 กราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสทั้งหมด

ได้สมการเส้นตรง $y = 14.279x - 0.036$ และมีค่า $R^2 = 0.9906$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ผลการทดสอบทางสถิติ

1. ความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้โปรแกรม ทางสถิติ SPSS

ตารางที่ ฉ-1 ตาราง ANOVA ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	77.948	2	38.974	2.217	0.190
Within Groups	105.500	6	17.583		
Total	183.448	8			

2. ความสัมพันธ์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้โปรแกรม ทางสถิติ SPSS

ตารางที่ ฉ-2 ตาราง ANOVA ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.443	2	0.222	0.823	0.483
Within Groups	1.614	6	0.269		
Total	2.057	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้โปรแกรม ทางสถิติ SPSS

ตารางที่ ฉ-3 ตาราง ANOVA ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	62.362	2	31.181	0.466	0.649
Within Groups	401.835	6	66.973		
Total	464.197	8			

4. ความสัมพันธ์ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้โปรแกรม ทางสถิติ SPSS

ตารางที่ ฉ-4 ตาราง ANOVA ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในปุ๋ยหมักสัปดาห์ที่ 4

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.936	2	0.468	0.120	0.889
Within Groups	23.472	6	3.912		
Total	24.408	8			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้