สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงคุณภาพของกลีเซอรอลดิบให้มีความบริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

IMPROVEMENT OF THE CRUDE GLYCEROL WITH ACTIVATED CARBON AND CARBONIZED RICE HUSK

T117304

ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์
ชากีเราะห์ กำพวน
สุพัตรา แฝงด่านกลาง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....117304
วัน,เดือน,ปี.....20 ก.ค. 2554

b.....12338418
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT OF THE CRUDE GLYCEROL WITH ACTIVATED CARBON AND CARBONIZED RICE HUSK

CHAYANID WITTHAYAPIROM

SHAKIROH KAMPUAN

SUPHATRA FANGDANKLANG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTAL RESOURCE CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงคุณภาพของกลีเซอรอลดิบให้มีความบริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์
ชากีเราะห์ กำพวน
สุพัตรา แฝงด่านกลาง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ การปรับปรุงคุณภาพของกลีเซอรอลดิบให้มีความบริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

IMPROVEMENT OF THE CRUDE GLYCEROL WITH ACTIVATED CARBON AND CARBONIZED RICE HUSK

นักศึกษา ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์ รหัส 50050432

ชากีเราะห์ กำพวน รหัส 50050439

สุพัตรา แฝงด่านกลาง รหัส 50050515

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2553

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ. สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2553

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.มนตรี ทองคำ	
ดร.สามารถ คงทวีเลิศ	
ดร.ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษ	การปรับปรุงคุณภาพของกลีเซอรอลดิบให้มีความบริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ IMPROVEMENT OF THE CRUDE GLYCEROL WITH ACTIVATED CARBON AND CARBONIZED RICE HUSK
นักศึกษา	ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์ รหัส 50050432 ชากีเราะห์ กำพวน รหัส 50050439 สุพัตรา แฝงด่านกลาง รหัส 50050515
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร อ. สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มความบริสุทธิ์และเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอลดิบ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยแบ่งการศึกษา 3 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการกำจัดเบสและเกลือ ซึ่งแยกสารเจือปนในกลีเซอรอลดิบ โดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น สภาวะที่เหมาะสมของความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2 ขั้นที่ 2 เป็นการสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน เป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระที่หลงเหลืออยู่ สภาวะที่เหมาะสมคืออัตราส่วนระหว่างเฮกเซนกับกลีเซอรอลเท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร แล้วปรับให้เป็นกลาง ส่วนขั้นที่ 3 เป็นการบำบัดสีของกลีเซอรอล โดยในขั้นของการบำบัดสีจะศึกษาสารดูดซับสองชนิดคือ ถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับ และเวลา เพื่อให้ได้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ พบว่าความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ เท่ากับ 98.69% และ 96.27% ตามลำดับ โดยที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ เท่ากับ 5:2 และ 5:3 เป็นเวลา 1 วัน ตามลำดับ และความใสของกลีเซอรอลที่บำบัดด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ เท่ากับ 95.77% และ 92.46% ตามลำดับ ผลที่ได้นอกจากจะปรับปรุงคุณภาพกลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ตามมาตรฐานกลีเซอรอลชั้นคุณภาพอุตสาหกรรมแล้ว ยังสามารถเพิ่มมูลค่าของถ่านจากแกลบที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรได้อีกด้วย

คำสำคัญ : กลีเซอรอล การทำให้บริสุทธิ์ ไบโอดีเซล ถ่านกัมมันต์ ถ่านจากแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	IMPROVEMENT OF THE CRUDE GLYCEROL WITH ACTIVATED CARBON AND CARBONIZED RICE HUSK
Students	Miss Chayanid Witthayaphirom
	Miss Shakiroh Kampuan
	Miss Supattra Fangdanklang
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Resource Chemistry
Academic Year	2010
Advisor	Dr. Pesak Rungrojchaipon
Co-Advisor	A.Sujin Tantipisitkul

ABSTRACT

In this research, we are study the purification of crude glycerol which is a by-product of the biodiesel production.The purification of glycerol was systematically studied between using activated carbon and carbonized rice husk. The purification of glycerol consists of 3 steps: First, the elimination of the basicity and salt in crude glycerol by adding the concentrated sulfuric acid to pH 2. Step 2, glycerol was extracted by using hexane in order to eliminate the residual free fatty acids and organic solvent. The optimum ratio of hexane and glycerol were adjusted to 1:2 by volume. Finally, glycerol was comparatively purified by using activated carbon (AC) and carbonized rice husk (CRH). This process was a color removal step and it was systematically compared between the two types of adsorbent: activated carbon and carbonized rice husk. The weight ratio between glycerol:AC, glycerol:CRH and the purification time were studied and the glycerol amount were characterize using titration method. From the results, the purity of the glycerol treated with weight ratio between glycerol:AC (5:2), glycerol:CRH (5:3) was 98.69% and 96.27%, respectively. The colorless of glycerol treated with activated carbon and carbonized rice husk was 95.77% and 92.46%, respectively. Purification of crude glycerol utilizing carbonized husk ash not only increases the value of crude glycerol as a residue from biodiesel production but also increases the value of carbonized rice husk which considered as a waste in agriculture production as well.

Keyword: Glycerol, The purification, Biodiesel,Activated Carbon, Carbonized Rice Husk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทางผู้วิจัยโครงงานพิเศษจึงขอกราบขอบพระคุณ
ดร. ภิเษก รุ่งโรจน์ชัยพร และอ.สุจินต์ ตันติพิสิฐกุล ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงงานพิเศษเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ดร.สามารถ คงทวีเลิศ และดร.มนตรี ทองคำ ผู้เป็นคณะกรรมการคุมสอบโครงงานพิเศษที่คอยให้คำแนะนำโครงงานพิเศษเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่านที่คอยให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือในการวิจัยโครงงานพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และเงินทุนในการทำโครงงานพิเศษ

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาที่ดี

ชญานิษฐ์ วิทยาภิรมย์
ชากีเราะห์ กำพวน
สุพัตรา แฝงด่านกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 แผนการดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 กลีเซอรอล	4
2.1.1 ความเป็นมาของกลีเซอรอล	4
2.1.2 ความหมายของกลีเซอรอล	4
2.1.3 สมบัติของกลีเซอรอล	5
2.1.3.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอล	5
2.1.3.2 สมบัติทางเคมีของกลีเซอรอล	6
2.1.4 การผลิตกลีเซอรอล	7
2.1.5 กระบวนการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์	9
2.1.6 ประโยชน์การใช้กลีเซอรอล	10
2.2 ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ	16
2.2.1 ถ่านกัมมันต์	16
2.2.2 ถ่านจากแกลบ	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 ราคาส่งเข้าและส่งออกของกลีเซอรอลในประเทศไทย	20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	24
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	24
3.2 ขั้นตอนการวิจัย	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	27
4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ	27
4.2 กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์	28
4.3 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ระดับชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	34
4.4 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์องกลีเซอรอลที่บำบัดเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ระดับชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	40
5.1 สรุปผลการทดลอง	40
5.2 ข้อเสนอะแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	46
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์กลีเซอรอล	71
ภาคผนวก ค การจำแนกคุณภาพและการวิเคราะห์กลีเซอรอล	80
ภาคผนวก ง เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS) ของกลีเซอรอล	85
ภาคผนวก จ โครงสร้างของสารดูดซับ	90
ภาคผนวก ฉ Refractive Index of Glycerine-Water Solutions at 20°C (69°F)	91
ภาคผนวก ช ต้นทุนที่ใช้	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอล 6

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการนำกลีเซอรอลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั่วโลก ในปี ค.ศ. 1996 13

ตารางที่ 2.3 การนำกลีเซอรอลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ 14

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก. 900-2538) 16

ตารางที่ 2.5 ผู้ผลิตถ่านกัมมันต์ในประเทศไทย มีจำนวน 5 ราย 17

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบข้าว 18

ตารางที่ 2.7 แสดงมูลค่านำเข้าและส่งออกของกลีเซอรอลในประเทศไทย 20

ตารางที่ 2.8 แสดงผลิตภัณฑ์กลีเซอรอลดิบต่อปี 21

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ 25

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับบำบัดสี 26

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ 27

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2 29

ตารางที่ 4.3 การบำบัดสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบในอัตราส่วนต่างๆ ในเวลา 1 วัน 31

ตารางที่ 4.4 การบำบัดสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบในอัตราส่วนต่างๆ ในเวลา 2 วัน 31

ตารางที่ 4.5 ปริมาณกลีเซอรอลด้วยวิธีการไทเทรตและวิธีรีแฟคโตรมิเตอร์ 32

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบสมบัติของกลีเซอรอลที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์และกลีเซอรอลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม 34

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบช่วงความยาวคลื่นระหว่างกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ผ่านการบำบัดกับกลีเซอรอลมาตรฐาน มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงแกลบและถ่านจากแกลบ 18

รูปที่ 2.2 แสดงราคากลีเซอรอล ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน 20

รูปที่ 4.1 การกำจัดเบสและเกลือ 29

รูปที่ 4.2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน 30

รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบสีของกลีเซอรอล 33

รูปที่ 4.4 การบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ ในเวลา 1 วัน 33

รูปที่ 4.5 การบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบในเวลา 1 วัน 33

รูปที่ 4.6 การบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ในเวลา 2 วัน 33

รูปที่ 4.7 การบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบในเวลา 2 วัน 33

รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของกลีเซอรอลมาตรฐาน 37

รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของกลีเซอรอลดิบ 37

รูปที่ 4.10 สเปกตรัมของกลีเซอรอลกำจัดเบสและเกลือในกลีเซอรอล 38

รูปที่ 4.11 สเปกตรัมของกลีเซอรอลที่สกัดด้วยเฮกเซน 38

รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของกลีเซอรอลบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ 39

รูปที่ 4.13 สเปกตรัมของกลีเซอรอลบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ปัจจุบันมนุษย์มีความจำเป็นต้องใช้น้ำมันเพื่อการดำรงชีพและมีความต้องการใช้เพิ่มอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอย่างจำกัดลดลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำมันเริ่มขาดแคลนและหายากขึ้น ซึ่งสถานการณ์ในปัจจุบันทำให้ราคาน้ำมันมีแนวโน้มสูงขึ้น ประเทศไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อทดแทนการใช้น้ำมันดีเซล พลังงานทางเลือกหนึ่งที่หลายประเทศเลือกใช้ คือไบโอดีเซล โดยสามารถผลิตจากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่ใช้แล้ว โดยมีองค์ประกอบของกำมะถันปริมาณน้อยในระดับพีพีเอ็ม จึงไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม ราคาถูกและมีสมบัติเทียบเท่ากับน้ำมันดีเซล อีกทั้งการนำไบโอดีเซลที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศมาใช้ จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดีเซลจากต่างประเทศได้ ซึ่งเหมาะกับประเทศกำลังพัฒนา นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาด้านการขาดแคลนพลังงานแล้วยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและช่วยแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจของประเทศได้ จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจนิยมใช้อย่างแพร่หลาย [1]

การผลิตไบโอดีเซล ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ของน้ำมันพืชหรือไขมันจากสัตว์ ซึ่งรวมถึงน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้งาน หรือน้ำมันเหลือทิ้งในครัวเรือน จะเกิดผลิตภัณฑ์ร่วมชนิดหนึ่ง คือ กลีเซอรอล ซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของไบโอดีเซลที่สังเคราะห์ได้ [2] ปัจจุบันมีการผลิตไบโอดีเซล ประมาณ 200 ตันต่อวัน ทำให้มีกลีเซอรอลดิบไม่น้อยกว่า 14-16 ตันต่อวัน ซึ่งโรงงานต้องกำจัดในฐานะที่เป็นของเสีย [3] โดยกลีเซอรอลที่ได้จะมีปริมาณสิ่งเจือปนอยู่มาก เช่น ตัวเร่งปฏิกิริยา แอลกอฮอล์ กรดไขมันอิสระ น้ำ สารอินทรีย์ที่ไม่ใช่กลีเซอรอล (Matter organic non glycerol : MONG) และสารอื่นๆที่มาจากน้ำมัน [4] การผลิตไบโอดีเซลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการเกิดกลีเซอรอลเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน กลายเป็นปัญหาทางสังคม โดยเฉพาะในเมืองและพื้นที่หนาแน่น หากกำจัดกลีเซอรอลโดยการเผาจะทำให้กลีเซอรอลเปลี่ยนเป็นอะโครลีน (Acrolein) จากปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration reaction) ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถระเหยได้ดีและเป็นอันตรายต่อร่างกายหากสัมผัสและสูดดม [5],[6] กลีเซอรอลที่ได้จากปฏิกิริยาเหล่านี้มีราคาต่ำมีคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์และใช้ประโยชน์ต่อกิจกรรมอุปโภคบริโภคได้น้อย แต่อย่างไรแล้ว หากนำกลีเซอรอลเหล่านั้นมาบำบัดให้มีความบริสุทธิ์เพียงพอ จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้กลีเซอรอลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในอุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหารเพื่อใช้เป็นสารกันบูดหรือใช้เป็นสารเพิ่มความหวาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการแพทย์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางลดปัญหาของเสียที่เหลือจากการผลิตไบโอดีเซลมาใช้ประโยชน์ได้อีกทางหนึ่ง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยวิธีวิทยาศาสตร์ ดังนี้ นำกลีเซอรอลมากำจัดเบสและเกลือ จากนั้นนำมาสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน ปรับให้เป็นกลาง สุดท้ายการลดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ซึ่งสารทั้งสองสามารถดูดซับสีได้ แต่เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีราคาต้นทุนและใช้พลังงานในการผลิตสูง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและงบประมาณ ฉะนั้นจึงได้ศึกษาการบำบัดสีกลีเซอรอล โดยการใช้ถ่านจากแกลบเป็นตัวดูดซับอีกตัวหนึ่ง ซึ่งถ่านจากแกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการสีข้าว มีส่วนประกอบหลักได้แก่ ซิลิกา และอลูมิเนียมออกไซด์ ด้วยเหตุนี้จึงความสามารถในการดูดซับสีได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำถ่านจากแกลบกลับมาใช้ประโยชน์โดยไม่ทิ้งให้ถ่านจากแกลบเปล่าประโยชน์ และเป็นการลดต้นทุนในการทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์อีกด้วย [7]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อเพิ่มมูลค่ากลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล โดยวิธีการทำกลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์ ด้วยวิธีทางเคมี

1.2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ในการบำบัดสีของกลีเซอรอลบริสุทธิ์

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ตัวแปร ได้แก่ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-เบส ความหนาแน่น

1.3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการทำกลีเซอรอลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ให้บริสุทธิ์ ตัวแปร ได้แก่ เวลา และอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

1.3.3 วิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม)

1.3.4 สามารถหาวิธีตรวจสอบความบริสุทธิ์ของตัวอย่างกลีเซอรอลโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของกลีเซอรอลเชิงคุณภาพด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ การวัดสีด้วยเครื่องยูวีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และการวิเคราะห์หาปริมาณของกลีเซอรอลด้วยเทคนิคไทเทรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้สภาวะที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ และนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ เพื่อลดต้นทุนการผลิตไบโอดีเซล

1.4.2 สามารถนำกลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มาใช้ประโยชน์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอล

1.4.3 สามารถเป็นแหล่งข้อมูลและแนวทางสำหรับผู้ที่มีความสนใจในการศึกษา เพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลา ปี 2553-2554									
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
ค้นคว้าเอกสารและจัดเตรียม PROPOSAL	←	—	→							
จัดเตรียมอุปกรณ์ทดลอง				↔						
ทำการทดลอง					←	—	—	→		
วิเคราะห์และสรุปข้อมูล									↔	
จัดทำรูปเล่มรายงาน										↔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กลีเซอรอล

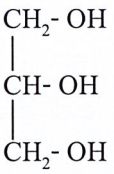
2.1.1 ความเป็นมาของกลีเซอรอล

กลีเซอรอล มีการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1779 โดย เชย์เลอร์ (Schleele) พบว่า กลีเซอรีน เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมของปฏิกิริยาการผลิตสบู่ระหว่างน้ำมันมะกอกกับออกไซด์ของตะกั่ว ต่อมาในปี ค.ศ. 1813 เชฟรูล (Chevreul) ได้พบว่า กลีเซอรีนเป็นส่วนประกอบในไขมัน โดยอยู่ในรูปของกลีเซอรีนเอสเทอร์ของกรดไขมัน จึงเรียกว่า **กลีเซอรอล** กลีเซอรอลถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1866 โดย อัลเฟรด โนเบล (Nofred Noble) ได้นำมาใช้ในการผลิตระเบิดไดนาไมต์หรือไนไตรกลีเซอรอล (Nitroglycerol) ต่อมาช่วงปลายปี ค.ศ. 1930 ฟาร์เบน (Farban) ได้พัฒนาและสังเคราะห์กลีเซอรอล โดยใช้สารตั้งต้นเป็นโพรเพน และตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 จนถึงปัจจุบันการผลิตกลีเซอรอลส่วนใหญ่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันที่ได้จากธรรมชาติมากถึง 75% และจากการสังเคราะห์โพรพีน 25% กลีเซอรอลเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เป็นสารที่ไม่เป็นพิษ ไม่มีสี และไม่มีกลิ่น จึงมักนิยมใช้กลีเซอรอลในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ใช้เป็นสารรักษาความชื้น เป็นตัวเพิ่มสภาพพลาสติกชนิดที่ช่วยเก็บรักษาความอ่อนนุ่มและความหนืด เป็นสารอิมัลชันและสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ประเภทมาการีน น้ำสลัด และลูกกวาด รักษาความชื้นให้กับยาสูบ และเป็นส่วนผสมในไส้กรอง ทำให้บุหรี่ติดไฟช้า ใช้เป็นส่วนผสมของยาหลายชนิด สารละลายกลีเซอรอลฟีนอล (glycerol phenol) ใช้ในการล้างหู ใช้ผสมในเครื่องสำอางประเภทครีมและโลชั่น เพื่อให้ผิวนุ่มและชุ่มชื้น ใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ยาสีฟันแห้งแข็งตัวในหลอด ใช้ห่อเนื้อและทำกระดาษชนิดพิเศษ ใช้เป็นสารหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดสูง และไม่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำ จึงใช้เป็นสารประกอบซีเมนต์ สารอิมัลซิไฟเออร์ในยางราดถนน เซรามิก และกาว เป็นต้น [8]

2.1.2 ความหมายของกลีเซอรอล

กลีเซอรอล (glycerol) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **กลีเซอรีน** (Glycerin) หมายถึง สารจำพวกโพลิไฮดริก แอลกอฮอล์ (polyhydric alcohol) ที่มีสูตรโมเลกุลเคมี $C_3H_8O_3$ มีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพนไตรออล (1,2,3-propanetriol) ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของกลีเซอรอล

กลีเซอรอล แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ กลีเซอรอลบริสุทธ์ และกลีเซอรอลดิบ [9]

กลีเซอรอลบริสุทธิ์ หมายถึง กลีเซอรอลที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ จนมีลักษณะเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้บริโภค และเป็นการส่งเสริมการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์ให้มีคุณภาพดี กระทรวงอุตสาหกรรม จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรอลบริสุทธิ์ขึ้นเป็นมอก.337-2523 ในปัจจุบันกระทรวงอุตสาหกรรม ได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงเป็น มอก. 337-2545

กลีเซอรอลดิบ หมายถึง กลีเซอรอลที่ไม่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งมีการปนเปื้อนของสารต่างๆอยู่มาก โดยปริมาณและชนิดของสารปนเปื้อน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและการบวนการผลิต

2.1.3 สมบัติของกลีเซอรอล

2.1.3.1 สมบัติทางกายภาพ [2]

กลีเซอรอล มีลักษณะเป็นของเหลวใสหนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ มีรสหวานเล็กน้อย ละลายได้ดีในเมทานอล เอทานอล ไอโซเมอร์ของโพรพานอล บิวทานอล เพนทานอล รวมทั้ง ฟีนอล ไกลคอล โพรเพนไดออลเอมีน และสารประกอบที่เป็นเฮทเทอโรไซคลิก ไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลเอสเทอร์ และไดออกเซน ไม่ละลายในไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ที่มีโซ่ยาวของน้ำมันพืชและสัตว์ และตัวทำละลายจำพวกเฮโลเจน เช่น คลอโรฟอร์ม เป็นต้น ดังนั้น กลีเซอรอลจึงสามารถใช้เป็นตัวทำละลายที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น ซึ่งสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอล ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอล [10]

สมบัติ	ค่า
น้ำหนักโมเลกุล	96.02 g/mol
จุดหลอมเหลว	18.17°C
จุดเดือด	
ที่ 13.33 kPa	222.4°C
ที่ 101.3 kPa	290°C
การระเหย	
ที่ 100°C	26 Pa
ที่ 200°C	6100 Pa
แรงตึงผิวที่ 20°C	63.4 mN/m
ความหนืด ที่ 20°C	1499 mPa.s
อุณหภูมิกลายเป็นไอ	
ที่ 55°C	88.12 kJ/mol
ที่ 195°C	76.02 kJ/mol
การนำความร้อน	0.28 W (m.K)
จุดวาบไฟ	
ระบบเปิด	177°C
ระบบปิด	199°C
จุดติดไฟ	244°C

เมื่อนำกลีเซอรอล 66.7% โดยน้ำหนัก ละลายในน้ำ 33.3% จะได้สารละลายที่มีจุดเยือกแข็งที่ต่ำมาก คือ -46.5 องศาเซลเซียส กลีเซอรอล มีจุดเดือดสูงถึง 290 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ (101.3 kPa) และมีจุดเดือดลดลงตามความดันที่ลดลง

2.1.3.2 สมบัติทางเคมี [11]

กลีเซอรอลสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับแอลกอฮอล์ทั่วไป โดยที่หมู่ไฮดรอกซี (alkoxy group) ด้านนอกจะมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าหมู่ไฮดรอกซีตรงกลาง ภายใต้สภาวะที่เป็นกลางหรือเบส กลีเซอรอลสามารถทนความร้อนได้ถึง 275 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดอะโครลีน ในทางกลับกันสภาวะที่เป็นกรดเล็กน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะโครลีนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นปฏิกิริยาของกลีเซอรอลจึงควรทำในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นเบส และที่อุณหภูมิห้อง กลีเซอรอลจะดูดความชื้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้กลีเซอรอลยังถูกออกซิไดส์ได้ง่าย โดยที่อะตอมคาร์บอนด้านนอกจะถูกออกซิไดส์ เป็นหมู่คาร์บอกซิลและอะตอมคาร์บอนตรงกลางจะเกิดเป็นหมู่คาร์บอนิล

ดังนั้นกลีเซอรอลจึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท สำหรับสมบัติของกลีเซอรอลที่สำคัญ สรุปดังนี้[11]

1. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของ สี กลิ่น และรส เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน

2. กลีเซอรอลละลายได้ดีในน้ำและแอลกอฮอล์ จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม หลายประเภท

3. สามารถเกิดสภาวะ supercool ได้ และทนต่อสภาวะการแช่เยือกแข็งและการละลาย

4. มีความหนืด จึงสามารถนำไปใช้เป็นสาร thickening หรือสารเพิ่ม body สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวและที่มีลักษณะเป็นเจล

5. มีรสชาติหวานเล็กน้อย โดยค่าความหวานประมาณร้อยละ 55-75 ของระดับความหวานน้ำตาลซูโครส (ขึ้นกับระดับความเข้มข้นที่ใช้)

6. ไม่มีกลิ่นรุนแรงจึงสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานได้ดี โดยไม่มีผลต่อกลิ่นรส

7. กลีเซอรอลนอกจากเป็นสาร humectant แล้วยังมีสมบัติเป็นตัว plasticizer จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์คงความนุ่มนวล มีความหยุ่นตัวดี (flexibility) มีลักษณะเป็น creaminess และยังช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์อีกด้วย

8. มีความดันไอต่ำและไม่ระเหยที่อุณหภูมิปกติ เป็นสารไม่มีพิษ (nontoxic) ต่อระบบการย่อยอาหาร ผิวหนังและเนื้อเยื่ออ่อนๆ

9. ไม่มีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

10. กลีเซอรอลได้รับอนุญาตจาก GRAS (Generally Recognized As Safe) จากสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ.1959 และจัดอยู่ในรายการของสารที่มีสมบัติหลากหลาย

2.1.4 การผลิตกลีเซอรอล [12]

กลีเซอรอล อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ กลีเซอรอลธรรมชาติ และกลีเซอรอลสังเคราะห์ กลีเซอรอลธรรมชาติ ไม่พบในรูปแบบอิสระในไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชและสัตว์ แต่จะอยู่ในรูปของเอสเทอร์ของกรดไขมัน โดยหมู่ไฮดรอกซีลทั้ง 3 หมู่จะเกิดปฏิกิริยาเป็นเอสเทอร์ ปริมาณกลีเซอรอลซึ่งอยู่ในไขมันและน้ำมันจะอยู่ระหว่าง 8-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมัน การจะได้กลีเซอรอลต้องทำการแตกตัวไขมันและน้ำมัน (Fat splitting) ซึ่งเป็นแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

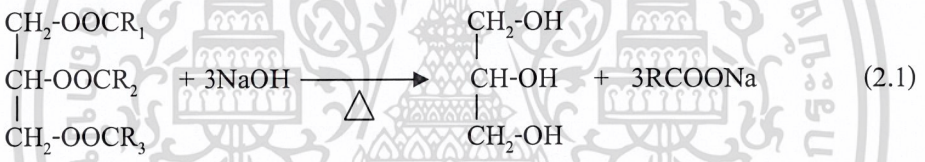
กลีเซอรอลหลักจากธรรมชาติ กลีเซอรอลจากธรรมชาติสามารถผลิตได้หลายกรรมวิธี เช่น การแตกตัวที่ความดันสูง การผลิตกลีเซอรอลจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน การทำสบู่จากน้ำมัน เป็นต้น ขณะที่กลีเซอรอลสังเคราะห์ ได้จากการสังเคราะห์โพรพีน นอกจากนี้ยังมีกระบวนการผลิตกลีเซอรอลวิธีอื่นๆ เช่น การหมักน้ำตาล และปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่นิยม ในทางอุตสาหกรรม

2.1.4.1 การแตกตัวไขมันและน้ำมันด้วยความดันสูง

วิธีนี้ค้นพบในปี ค.ศ.1854 โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบต่อเนื่อง น้ำและไขมันจะถูกป้อนเข้าไปสู่คอลัมน์ แล้วเกิดการแตกตัวแบบการไหลสวนทาง ที่ความดัน 5 ถึง 6 MPa ที่อุณหภูมิ 250 ถึง 260 องศาเซลเซียส จะได้สารละลายกลีเซอรอลในน้ำร้อยละ 15 ซึ่งเรียกว่า สวีทวอเทอร์ (sweet water)

2.1.4.2 ปฏิกิริยาการผลิตสบู่ (Saponification)

เป็นการแตกตัวของไขมันและน้ำมัน โดยทำปฏิกิริยากับด่างจะได้กลีเซอรอลเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการทำสบู่นั้นเอง ดังปฏิกิริยาสมการที่ 2.1

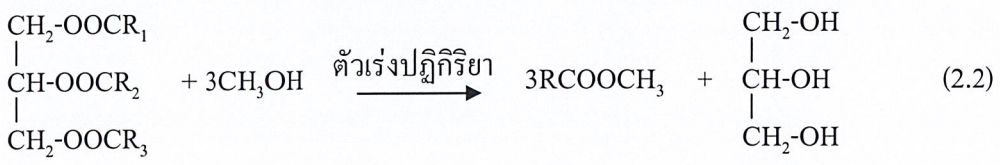


(2.1)

ไตรกลีเซอไรด์ (*l*) เบส (*l*) กลีเซอรอล (*l*) สบู่ (*l*)

2.1.4.3 ปฏิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน จากการผลิตเมทิลเอสเทอร์

เป็นปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ ปฏิกิริยานี้เป็นการแทนที่ของแอลกอฮอล์ในเอสเทอร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่คล้ายกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่ต่างกันที่ใช้แอลกอฮอล์แทนน้ำ ระหว่างไขมันและน้ำมันกับแอลกอฮอล์ โดยใช้กรด เบสหรือเอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ของกรด หรือที่เรียกว่า ไบโอดีเซล และกลีเซอรอล ซึ่งเอสเทอร์ที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับแอลกอฮอล์ที่เลือกใช้ ดังปฏิกิริยาสมการที่ 2.2



(2.2)

ไตรกลีเซอไรด์ (*l*) เมทานอล(*l*) เมทิลเอสเทอร์(ไบโอดีเซล)(*l*) กลีเซอรอล (*l*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.4 ปฏิกิริยาการหมักน้ำตาล

เป็นปฏิกิริยาการเกิดกลีเซอรอล โดยการหมักแอลกอฮอล์ ซึ่งถูกค้นพบในปี ค.ศ.1858 โดย พาสเตอร์ (Pastuer) ซึ่งการหมักจะถูกรบกวนในขั้นกลีเซอรอลดีไฮด์ 3-ฟอสเฟต (glyceroldehyde 3-phosphate) ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต แล้วเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้กลีเซอรอลฟอสเฟต และจะได้ผลผลิตของกลีเซอรอลร้อยละ 25 โดยการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งกระบวนการนี้ไม่เป็นที่นิยมในทางอุตสาหกรรม

2.1.4.5 ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของคาร์บอเนต

การทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันของ พอลิแอลกอฮอล์ เช่น เซลลูโลส แป้ง หรือน้ำตาล ทำให้เกิดสารผสมของกลีเซอรอล ซึ่งสามารถแยก ได้ด้วยการกลั่น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ นิกเกิล ทองแดง โคบอลต์ โครเมียม และ ทังสเตน รวมทั้งออกไซด์ของแลนทาไนด์บางตัว

2.1.4.6 กระบวนการที่ไม่เป็นการค้าอื่นๆ

เช่น การสังเคราะห์โดยใช้เอนไซม์ไลเปส โดยกระบวนการแตกตัวไขมันและน้ำมันด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบพิเศษ การสังเคราะห์กลีเซอรอลของสาหร่ายทะเลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2.1.5 กระบวนการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์

เนื่องจากกลีเซอรอลที่เกิดจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน เป็นผลิตภัณฑ์ร่วมกับไบโอดีเซลที่มีสิ่งปนเปื้อนอยู่หลายชนิด ซึ่งกลีเซอรอลนี้จะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แนวทางของกระบวนการทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ มีดังนี้

1. การกำจัดเบสและเกลือ

เป็นการใช้กรดเพื่อกำจัดเบส ซึ่งต้องควบคุมความเป็นเบสของกลีเซอรอลให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (polymerization reaction) จะเกิดได้ดีในสภาวะที่เป็นเบส สำหรับในการทดลองนี้จะใช้กรดซัลฟิวริกกำจัดโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในการผลิตไบโอดีเซล เมื่อกรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้เกลือโซเดียมซัลเฟต มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว แสดงปฏิกิริยาดังสมการที่ 2.3 และ2.4 ซึ่งการเกิดผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่ในกลีเซอรอลดิบ

นอกจากนั้นกรดจะทำปฏิกิริยากับสบู่ที่เจือปนในกลีเซอรอลได้เป็นกรดไขมัน ดังสมการที่ 2.5 สามารถแยกออกไปได้ กรดไขมันที่เจือปนอยู่จะทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอลเป็นกลีเซอไรด์ (Glyceride) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไตรเอสเทอร์ เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ดังสมการที่ 2.6 กลีเซอไรด์มี 3 ชนิด คือ โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) เกิดจากกรดไขมันเพียงหนึ่งโมเลกุลทำปฏิกิริยากับหมู่ -OH ของกลีเซอรอล ถ้ากรดไขมันสองโมเลกุลทำปฏิกิริยาจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) และถ้ากรดไขมันสามโมเลกุลทำปฏิกิริยาจะได้ไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride)

$$H_2SO_4\,(l) + NaOH\,(l) \longrightarrow NaHSO_4\,(s) + H_2O\,(l) \quad (2.3)$$

กรดซัลฟิวริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลเฟต น้ำ

$$NaHSO_4\,(s) + NaOH\,(l) \longrightarrow Na_2SO_4\,(s) + H_2O\,(l) \quad (2.4)$$

โซเดียมซัลเฟต โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกลือโซเดียมซัลเฟต น้ำ

$$3R - COO^-Na^+\,(l) + 3H_2SO_4\,(l) \longrightarrow 3R\text{-}COOH\,(l) + 3Na_2SO_4\,(s) \quad (2.5)$$

สบู่ กรดซัลฟิวริก กรดไขมัน เกลือโซเดียมซัลเฟต

$$3RCOOH\,(l) + \begin{array}{l} CH_2\text{-}OH \\ | \\ CH\text{-}OH\ (l) \\ | \\ CH_2\text{-}OH \end{array} \longrightarrow \begin{array}{l} CH_2\text{-}OOCR_1 \\ | \\ CH\text{-}OOCR_2\ (l) \\ | \\ CH_2\text{-}OOCR_3 \end{array} + 3H_2O\,(l) \quad (2.6)$$

กรดไขมัน กลีเซอรอล ไตรกลีเซอไรด์ น้ำ

2. การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

เป็นการกำจัดสิ่งเจือปนในกลีเซอรอล ซึ่งละลายได้ดีในชั้นตัวทำละลายอินทรีย์ ในการทดลองใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย เนื่องจากเฮกเซน เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วในกลีเซอรอลได้ แต่จะไม่สามารถละลายกลีเซอรอลซึ่งมีขั้วได้ จึงมีความเหมาะสมในการใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดมากกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นๆ เช่น คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ซึ่งตัวทำละลายชนิดนี้มีราคาค่อนข้างแพงแล้วยังเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งได้ เป็นต้น

3. บำบัดสีและกลิ่นออกจากกลีเซอรอล

การบำบัดสี เป็นขั้นตอนการลดสารที่ทำให้เกิดสีในน้ำมัน โดยใช้กระบวนการดูดซับ ในการบำบัดสี เพื่อให้ได้น้ำมันที่มีลักษณะและคุณภาพดี รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่าย ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารกำจัดสี อุณหภูมิ และเวลา ซึ่งสารกำจัดสีมีทั้งในธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น เช่น เศษไม้ เศษถ่าน หรือขี้เลื่อย แต่ที่นิยมใช้มาก ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ ในการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบในการบำบัดสี เพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล

2.1.6 ประโยชน์ของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ [13]

กลีเซอรอลบริสุทธิ์เป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรม หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมยา อาหาร บุหรี่ วัตถุระเบิด และอุตสาหกรรมอื่น ๆ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้และผู้บริโภค และเป็นการส่งเสริมการผลิตกลีเซอรอลบริสุทธิ์ให้ได้คุณภาพดีเหมาะสม จึงมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลีเซอรอลบริสุทธิ์ขึ้น และประกาศใช้ราชกิจจานุเบกษา ฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศทั่วไป เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน 2538 เป็น มอก.337-2538 ซึ่งแบ่งกลีเซอรอลบริสุทธิ์ออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ ชั้นคุณภาพเคมี (chemical grade) ชั้นคุณภาพไดนาไมต์ (dynamite grade) ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (technical grade) ชั้นคุณภาพยา (pharmaceutical grade) (ภาคผนวก ค)

1. ด้านอาหาร เนื่องจากสมบัติของกลีเซอรอลบริสุทธิ์นั้น ไม่มีพิษ และมีรสหวาน จึงสามารถนำมารับประทานได้ เช่น เป็นส่วนประกอบของน้ำเชื่อม (Syrup) น้ำตาลไอซิ่ง (Icing) ไอศกรีม เป็นต้น

- ผลิตภัณฑ์เค้ก ใช้กลีเซอรอลเป็นตัวทำละลายและตัวดูดความชื้น การเติมกลีเซอรอลจะช่วยให้เค้กคงความชุ่มชื้นและยังช่วยลดปัญหาการเกิดรา

- ผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้งและลูกอม กลีเซอรอลทำหน้าที่ควบคุมการระเหยและการตกผลึกเป็นเกร็ด (graining) ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม

- ในการผลิตไส้คุกกี้ เจลลี ไอซิ่งเค้ก จะเติมกลีเซอรอลในสูตรของส่วนผสม เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

- ผลิตภัณฑ์มะพร้าวคั่วแห้ง เติมกลีเซอรอลเพื่อให้ชิ้นมะพร้าวคงความชื้นไว้ได้ แม้ว่าจะเก็บเป็นเวลานาน

- ผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวพร้อมบริโภค ที่สามารถเก็บได้ 2-3 เดือน มีการใช้กลีเซอรอลผสมในสารละลายแช่เส้นก๋วยเตี๋ยว ในขั้นตอนการเตรียมเส้นก่อนการบรรจุเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

- ผลิตภัณฑ์เนยถั่ว มีกลีเซอรอลเป็นองค์ประกอบด้วย โดยทำหน้าที่ป้องกันการแยกชั้นของไขมัน

- ผลิตภัณฑ์ไข่แช่เยือกแข็ง พบว่า การเติมกลีเซอรอล ร้อยละ 5 จะช่วยให้ไข่แช่เยือกแข็งมีสมบัติดีขึ้น

- ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ ปราศจากไขมัน กลีเซอรอลที่เติมจะมีอิทธิพลค่อนข้างสูงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและยังช่วยลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity ,A_w)

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากกลีเซอรอล เช่น โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) นิยมนำไปใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ และสารให้ความคงตัว (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น มาการีน น้ำสลัด อาหารหวานแช่เยือกแข็ง ซอสปรุงแต่งกลิ่นรส และลูกอม ซึ่งอิมัลซิไฟเออร์นี้ จะช่วยให้การกระจายตัวของน้ำมันในผลิตภัณฑ์ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังลดการตกผลึก จึงช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส ลดการเหนียวติดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตและการแปรรูป ส่วนกลีเซอรอลเอสเตอร์(glycerol ester) นั้นนิยมนำมาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดที่ต้องการให้มีปริมาณไขมันต่ำ เช่น ในคุกกี้ไขมันต่ำเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องสำอาง กลีเซอรอลสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางหลายชนิด เนื่องจากกลีเซอรอลบริสุทธิ์สามารถให้ความชุ่มชื้นกับผิวหนังได้ เช่น สารละลายกลีเซอรอลฟีนอล (Glycerol-Phenol) ซึ่งใช้ในการล้างหู ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง ครีม และโลชั่น เป็นต้น

3. อุตสาหกรรมผลิตบุหรี่ ใช้กลีเซอรอลเป็นส่วนผสมในบุหรี่ เพื่อเพิ่มความชื้นให้กับบุหรี่ ทำให้บุหรี่ติดไฟช้า

4. ใช้เป็นสารหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดสูงและแข็งตัวได้ช้า หากอยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำๆ เช่น ใช้หล่อลื่นลูกสูบ ใช้เป็นสารหล่อลื่นแทนน้ำมันในงานที่จะต้องสัมผัสกับอาหาร ยา หรือเครื่องสำอาง เป็นต้น

5. อุตสาหกรรมพลาสติก ใช้กลีเซอรอลบริสุทธิ์เป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) สำหรับโพลิเมอร์บางชนิด เช่น โพลียูรีเทน (Polyurethane) เป็นต้น

6. ด้านยา กลีเซอรอลถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ยาอย่างแพร่หลาย โดยวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่ม body รักษาความชื้นทั้งในยาผง และยาที่เป็นน้ำเชื่อม และใช้เป็นตัวทำละลายสารที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ สำหรับยาเม็ดประเภทแคปซูล (capsule) กลีเซอรอลที่เคลือบบนเม็ดยาจะทำหน้าที่เป็น plasticizer ส่วนยาแก้ไอและยาอมกลั้วคอ มักจะผสมกลีเซอรอล เพื่อเพิ่มความหวานและความเรียบเนียน (smoothness)

7. ผลิตภัณฑ์เรซิ่น มีการนำกลีเซอรอลมาใช้ในการผลิตเอสเตอร์กัม (ester gums) หรือกลีเซอรอลเอสเทอร์ของโรซิ่น (rosin) ผลิตจากการ esterifying กลีเซอรอลที่มีโรซิ่นเป็นส่วนประกอบอยู่ถึง 8.5-10.5 ส่วนของทั้งหมด ที่อุณหภูมิระหว่าง 230-290°C และนำกลีเซอรอลมาใช้ในการผลิตยางสน (alkyd resins) เพื่อใช้เคลือบผิว เพราะช่วยทำให้พื้นผิวมันวาว และสามารถใช้ได้นาน

นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์กลีเซอรอลในด้านอื่นๆ เช่น การใช้กลีเซอรอลในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ หมึกพิมพ์ อุตสาหกรรมสิ่งทอ และใช้เป็นส่วนผสมสารในสารทำความเย็น กลีเซอรอลยังสามารถใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องดื่มสำหรับนักกีฬา (sport drink) ได้อีกด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำของร่างกายและช่วยให้สามารถออกกำลังกายได้นานขึ้นประมาณร้อยละ 20 แต่อย่างไรก็ตามกลีเซอรอลยังมีข้อกำจัดสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน สตรีมีครรภ์ รวมทั้งผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับไต หัวใจ และความดันโลหิต [14] สรุปตามตารางที่ 2.2 ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการนำกลีเซอรอลไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ทั่วโลก ในปี ค.ศ. 1996

นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
เครื่องสำอางหรืออาหารเสริม (Cosmetivs/Pharmaceuticals)	26
เอสเทอร์ (Esters)	17
เรซิ่น (Resins)	12
สารให้ความหวาน (Polyols)	12
อุตสาหกรรมเคมีอื่นๆ	10
อาหารหรือเครื่องดื่ม (Food/Beverahes)	10
เซลลูโลส (Cellulose)	5
กระบวนการไนเตรชัน (Nitration)	4
ยาสูบ (Tobacco product)	4

นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการนำกลีเซอรอลไปใช้ประโยชน์ ดังตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การนำกลีเซอรอลที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ [15]

ผลิตภัณฑ์ที่ได้	กระบวนการ	ผู้ศึกษาวิจัย
1,3 โพรเพนไดออล (1,3 propanediol)	การหมักด้วยจุลินทรีย์ ทดลองแบบต่อเนื่อง (Comtinuous) และแบบครั้ง (Batch) ใช้กลุ่มจุลินทรีย์จำพวก *Clostridium Butyricum* และ *Klebsiella Pneumoniae* โดยควบคุมความเข้มข้นของจุลินทรีย์ และกลีเซอรอลที่ใช้เป็นอาหาร ซึ่งจะศึกษาพารามิเตอร์ ดังนี้ อุณหภูมิ ค่าพีเอช เวลา และความเร็วในการเขย่า เพื่อหาสภาวะที่จะเกิดปริมาณ 1,3 โพรเพน-ไดออล ได้สูงสุด	[16] [17] [18] [19] [20] [21]
	การใช้เทคนิคไฮโรกซีเลชัน (Hydroxylation Technique) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1.อะซิตะไลเซชัน (Acetaliztion) 2.โทซิเลชัน (Tosylation) 3.ดิโทซิเลชัน (Detosylation)	[22]
ไฮโดรเจน (Hydrogen)	กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) และแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ของกลีเซอรอล	[23]
	กระบวนการที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ และความดันปกติ	[24]
	ใช้กลีเซอรอลในสถานะแก๊ส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นกลุ่มโลหะ 8-10 ชนิด	[25]
	การหมักแบบต่อเนื่องด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Enterobacter Aerogenes* HU-101	[26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้	กระบวนการ	ผู้ศึกษาวิจัย
1,2 โพรเพนไดออล (1,2 propanediol)	กระบวนการไฮโดรจิโนไลซิส (Hydrigenolysis) ในถังฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจน ที่สภาวะความดันต่ำ	[27]
	กระบวนการไฮโดรจิโนไลซิส ใช้นิกเกิลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในถังฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจน	[28]
ไดไฮดรอกซีอะซิโตน (Dihydroxyacetone)	ปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยโลหะแพลทินัม (Platinum)	[29]
	ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกลีเซอรอล ใช้แพลทินัม และบิสมัท (Bismuth) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	[30]
	การหมักด้วยจุลินทรีย์ *Gluconobacter* ทดลองแบบครั้งและกึ่งต่อเนื่อง (Semi-continuous)	[31]
โพลิเอสเทอร์ (Polyesters)	ปฏิกิริยาระหว่างกลีเซอรอลกับอะดิพิก แอซิก (adipic acid) โดยใช้ดีบุก (Tin) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	[32] [33]
	การควบแน่นของกรดออกซาลิก (oxatric acid) กับกลีเซอรอล	[34]
	ปฏิกิริยาระหว่างกลีเซอรอลกับกรดอะลิฟาติกไดคาร์บอกซิลิก (aliphatic dicarboxylic acid)	[35]
โพลิกลีเซอรอล (Polyglycerol)	ปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน (Etherification) ของกลีเซอรอล	[36]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ [37]

2.2.1 ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

ถ่านกัมมันต์ คือ เป็นถ่านชนิดหนึ่ง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มักเป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ส่วนมากเป็นพวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น แกลบ กะลา มะพร้าว ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด เป็นต้น เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการใช้เทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีสมบัติ หรืออำนาจในการดูดซับสูง เนื่องจากมีรูพรุนขนาดเล็กเกิดขึ้นจำนวนมาก และขนาดรูพรุนก็แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการผลิตและวัตถุประสงค์ในการงาน

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้มีทั้งชนิดผง และเม็ด โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์ผงสามารถกระจายน้ำได้ดี จึงนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับสารละลายหรือของเหลว เช่น ใช้ในการฟอกสีในอุตสาหกรรมน้ำตาล ใช้กำจัดกลิ่นในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เบียร์ และไวน์ ใช้ในการทำตัวละลายให้บริสุทธิ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมเส้นใยสังเคราะห์และอุตสาหกรรมการพิมพ์ ใช้ในการดูดซับสีและกลิ่นในการทำน้ำประปาใช้ในเครื่องกรองน้ำหรือเครื่องทำน้ำให้บริสุทธิ์ที่มาจำหน่ายอย่างแพร่หลายอยู่ในขณะนี้ และใช้เป็นวัสดุทำหน้ากากป้องกันแก๊สพิษ เป็นต้น

2.2.1.1 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้กำหนดมาตรฐานของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตในประเทศในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก. 900-2538) [38]

คุณสมบัติ	ค่ากำหนด	
	ถ่านกัมมันต์แบบเม็ด	ถ่านกัมมันต์แบบผง
ค่าไอโอดีน	ไม่น้อยกว่า 600	ไม่น้อยกว่า 600
ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm^3)	0.20-0.75	0.20-0.75
ความชื้น	ไม่เกินร้อยละ 8	N/A
ความแข็ง	ไม่เกินร้อยละ 70	N/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.5 ผู้ผลิตถ่านกัมมันต์ในประเทศไทย มีจำนวน 5 ราย ดังนี้ [39]

ชื่อ	ที่ตั้ง
พี.เอ.คาร์บอน	167 หมู่ที่ 3 ถ.บ่อสร้าง-ดอยสะเก็ด ต.ตลาดใหญ่ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ Tel:(081)9517725
หจก.เชียงใหม่ธัญญผล	170 หมู่ 4 ถ.เชียงใหม่-พร้าว ต.สันทรายน้อย อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ Tel:(053)491987
บริษัทวินมิลล์ เคมีคอล จำกัด	หมู่ 1 ถ.พระพุทธบาท ต.ท่าอุแท อ.กาญจนดิษฐ์ จ.สุราษฎร์ธานี
บริษัท คาร์โบกาญจน์ จำกัด	77/6 หมู่ 9 ซ. คลองหนองใหญ่ ถ.สุขาภิบาล 1 แขวง/เขตบางแค กทม.10160
บริษัท ซี.ไจแกนติค คาร์บอน	67 หมู่ 2 ถ.นครราชสีมา-โชคชัย ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง จ.นครราชสีมา Tel:(044)312351

2.2.1.2 ราคาการจำหน่าย

ราคาจำหน่ายถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ดอยู่ระหว่างตันละ 20,000-60,000 บาท และถ่านกัมมันต์ชนิดผง มีราคาประมาณตันละ 100,000 บาท ตามคุณภาพและลักษณะการใช้งานในแต่ละอุตสาหกรรม และถ่านกัมมันต์ที่นำมาแบ่งบรรจุ สำหรับใช้ภายในครัวเรือนมีระดับราคาการจำหน่ายแตกต่างกันไปตามในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ เช่น มีระดับราคาจำหน่ายประมาณ 30 บาท/กล่องขนาด 30 กรัม

2.2.2 แกลบข้าวหรือถ่านจากแกลบ

แกลบข้าว (Rice Husk) คือ เปลือกข้าวสาร ที่ได้จากการสีข้าว เป็นส่วนที่เหลือใช้จากการผลิตข้าวสาร เมล็ดมีลักษณะเป็นรูปทรงรี เม็ดยาวสีเหลืองอมน้ำตาล หรือเหลืองนวล ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117304

รูปที่ 2.1 แสดงแกลบและถ่านจากแกลบ[40]

2.2.2.1 ลักษณะทั่วไป [7]

ถ่านจากแกลบดำประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) ประมาณร้อยละ 70-95 และมีคาร์บอนประมาณร้อยละ 5-30 ที่เหลือเป็น CaO, MgO, Na_2O, K_2O, Al_2O_3, FeO_3 และSulphates โครงสร้างของซิลิกาเป็นโพรง ซึ่งทำหน้าที่ในการกรองได้ดีและการมีถ่านปนอยู่ด้วยจะช่วยในการฟอกสีและดูดกลิ่นได้ดี [41] ลักษณะทั่วไปจะเปาะ มีรูพรุนมาก และเป็นฉนวนความร้อน โดยที่มีซิลิกามีจุดหลอมเหลวระหว่าง 1,460-1,700 °C ซึ่งองค์ประกอบของแกลบข้าว มีดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบทางเคมีของแกลบข้าว [42]

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แกลบ
ความชื้น	7.6 – 10.2
โปรตีน	1.9 – 3.7
ไขมัน	0.3 – 0.8
เส้นใยหยาบ	35.0 – 46.0
คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้	26.5 – 29.8
เถ้า	13.2 – 21.0
- ซิลิกา	18.8 – 22.3
- แคลเซียม (มก/ก)	0.6 – 1.3
- ฟอสฟอรัส (มก/ก)	0.3 – 0.7
เส้นใยอาหาร (สกัดโดยสารฟอกเป็นกลาง)	66 – 74
เส้นใยอาหาร (สกัดโดยสารฟอกเป็นกลาง)	58 – 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แกลบ
ลิกนิน	9 – 20
เซลลูโลส	28 – 36
เพนโทแซน	21 – 22
เฮมิเซลลูโลส	12
สารอาหารที่ย่อยได้ทั้งหมด	9.3 – 9.5

เมื่อนำแกลบข้าวมาเผา จะเรียกว่า ถ่านจากแกลบ มีสองลักษณะ คือ เมื่อเผาในสภาวะที่ไม่จำกัดออกซิเจนจะได้ถ่านจากแกลบที่มีปริมาณซิลิกาปริมาณสูง มีถึงร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก และเมื่อเผาแบบควบคุมออกซิเจนจะได้ถ่านจากแกลบดำ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนมากกว่าถ่านจากแกลบขาว ถ้าเผาในอุณหภูมิสูงจะทำให้ซิลิกาอยู่ในรูปผลึกเกิดปฏิกิริยาได้ยาก แต่ถ้าเผาที่อุณหภูมิเหมาะสมประมาณ 700 องศาเซลเซียส จะได้ซิลิการูปอสัณฐานซึ่งว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา และมีคุณสมบัติเป็นรูพรุนและพื้นที่ผิวสูง สามารถใช้เป็นสารดูดซับเช่นเดียวกับซิลิกาบริสุทธิ์ และแกลบเผายังเป็นวัสดุดูดซับได้ดี ถ้าบดแกลบเผาให้ละเอียดมากขึ้นหรือถูกกระตุ้นด้วยกระบวนทางเคมีหรือกายภาพจะทำให้มีความสามารถในการดูดซับดียิ่งขึ้น [43]

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบการใช้คาร์บอนกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ในขั้นตอนการกำจัดสีของกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ทราบถึงประสิทธิภาพการกำจัดสีของถ่านจากแกลบในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ถ่านจากแกลบยังเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งอาจเป็นแนวทางการลดต้นทุนในการผลิตได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

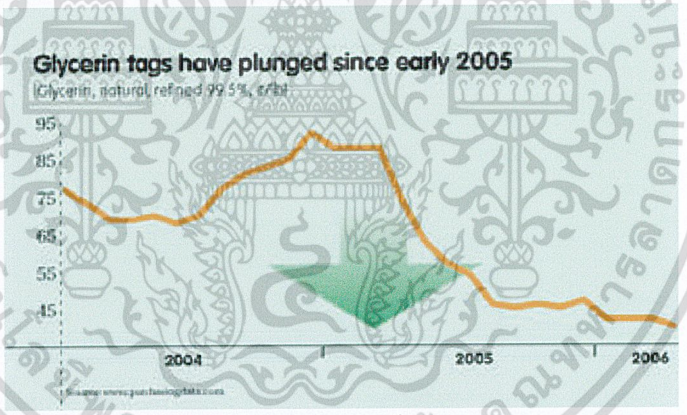
2.3 ราคาส่งเข้าและส่งออกของกลีเซอรอลในประเทศไทย [44]

2.3.1 ราคากลีเซอรอลจากผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล

โรงงานไบโอดีเซลที่มีความจุสูงสุด (100 ลิตร / วัน) สามารถผลิตกลีเซอรอล 2,970 ตันต่อปี หรือประมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของไบโอดีเซล

ตารางที่ 2.7 แสดงมูลค่านำเข้าและส่งออกของกลีเซอรอลในประเทศไทย

ปี	มูลค่านำเข้า (บาท)	มูลค่าส่งออก (บาท)
2001	40,428	11,026
2002	7,632	17,793
2003	6,356	13,582
2004	4,823	14,013
2005	1,317	2,493



รูปที่ 2.2 แสดงราคากลีเซอรอล ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงผลิตภัณฑ์กลีเซอรอลดิบต่อปี (North American Glycerin Production (100% glycerol basis)) [45]

Production of crude(year)	ton
1920	19,800
1940	71,600
1950	102,300
1960	136,900
1970	153,900
1980	136,860
1990	133,450
2000	156,950

จากรูปที่ 2.2 และตารางที่ 2.7 - 2.8 พบว่าตั้งแต่ปี 2002 มูลค่าการส่งออกของกลีเซอรอลสูงกว่ามูลค่าการนำเข้า เนื่องจากมีการผลิตไบโอดีเซลมากขึ้น ซึ่งกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอ-ดีเซลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประเทศไทยผลิตกลีเซอรอลเกินความต้องการในประเทศ ดังนั้นแนวโน้มของราคากลีเซอรอลลดลง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[1] กฤษดา แก้วยกและคณะ.**ศึกษากระบวนการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันทอดใช้แล้ว.**เคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันทอดใช้แล้วโดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ทำการทดลองที่สภาวะของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินพอร้อยละ 0.25 ถึง 0.75 ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 30-120นาที อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันทอดใช้แล้วต่อเมทานอล 1:3-1:12 รวมถึงการศึกษาการใช้ตัวทำละลายร่วมในการสังเคราะห์โดยใช้อัตราส่วนของเมทานอลต่อเตตระไฮโดรฟูแรน ที่1:1.6 การสังเคราะห์ด้วยกระบวนการสองปฏิกิริยา และศึกษาสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ จากผลการทดลองพบว่าร้อยละของโซเดียมไฮดรอกไซด์มากเกินพอ และอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันทอดใช้แล้วต่อเมทานอล มีผลต่อการเกิดร้อยละเมทิลเอสเทอร์ในปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ซึ่งได้ร้อยละของไบโอ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีเซลสูงสุด 78.90 และ 77.02 ตามลำดับ ส่วนเวลาในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันพบว่ามีผลต่อการเกิดร้อยละไบโอดีเซลค่อนข้างน้อยในช่วงของการทดลองนี้ สำหรับการใช้ตัวทำละลายร่วมและการใช้ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันร่วมในการสังเคราะห์ มีผลทำให้ร้อยละของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบสมบัติทางเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้ พบว่าอยู่ในส่วนกำหนดของมาตรฐานน้ำมันดีเซลชีวภาพ โดยค่าความหนืด จุดวาบไฟ และดัชนีซีเทนของน้ำมันดีเซลชีวภาพที่สังเคราะห์ได้จากน้ำมันทอดใช้แล้วนั้นมีค่า 6.32 ตารางมิลลิเมตรต่อวินาที, 167 องศาเซลเซียส และ 44 ตามลำดับ

[2] ก่อฤกษ์ เซี่ยงว่อง และวีระชัย โคตรคำหาร. **การศึกษาเบื้องต้นการทำกลีเซอรีนจากการสังเคราะห์ไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์.**วิศวกรรมศาสตร์เคมี วิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2544 การทดลองประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การ ระเหยเมทา-นอลโดยใช้อุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส การกำจัดเบสด้วยสารละลายกรด การสกัดสิ่งเจือปนด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ การใช้ดินกัมมันต์และคาร์บอนกัมมันต์ในการบำบัดสี พบว่า การใช้กรดซัลฟิวริก และกรดอะซิติกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกกรดไขมันออกมาได้ดี สำหรับการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมที่สุด คือ เฮกเซน และในการบำบัดโดยใช้ดินกัมมันต์อัตราส่วนโดยน้ำหนักของดินกัมมันต์ต่อสารละลายกลีเซอรีน 1:30 ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที เป็น เวลา 40 นาที พบว่า กลีเซอรีนมีความบริสุทธิ์ปริมาณร้อยละ 75.9 โดยน้ำหนัก

[3] คันธารส จักรตอน.**การทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตดีเซลชีวภาพ.**ศูนย์นวัตกรรมวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์.โดยการใช้กรดฟอสฟอริกปรับ pH ให้เท่ากับ 1 เพื่อทำการแยกชั้นไขมัน ใช้อุณหภูมิ ในการตกตะกอนที่ 20 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปกลั่น 2 ครั้งจะได้กลีเซอรีนที่มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 96 และเมื่อพิจารณาถึงคุณลักษณะของกลีเซอรีนที่ผ่านการทำบริสุทธิ์โดยวิธีอินฟราเรด สเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าให้คุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับกลีเซอรีนมาตรฐาน

[4] Hazimah,A.H.et.al.2003. **Recovery of Glycerol and Diglycerol Pitch. Journal of Oil Plam Research**, vol.15,no.1,June. Pp.1-5 ได้นำกลีเซอรีนที่ได้จากกรดไขมันโรงงานการกลั่นสวีทวอเทอร์มาทำให้บริสุทธิ์ โดยผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยกรด เบส เพื่อแยกองค์ประกอบอื่นๆ ออก จากนั้นจึงนำกลีเซอรีนที่ได้ไปกลั่นภายใต้สุญญากาศจะได้กลีเซอรีนบริสุทธิ์ แล้วนำไปวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณกลีเซอรีนร้อยละ 60 - 80 ความชื้นร้อยละ 1.5 - 6.5 เถ้าร้อยละ 1.5 - 2.5 และสบู่ร้อยละ 3.5

[6] ชลธิชา พลายชุม. **การสร้างมูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล:การทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์**. เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.2550 ได้ทำการศึกษากลีเซอรอลดิบโดยการแยกสิ่งเจือปนออกด้วยวิธีการ 3 ขั้นตอนคือ 1)การกลั่นเพื่อแยกแอลกอฮอล์ 2)การกำจัดด่างในกลีเซอรอลด้วยกรดฟอสฟอริก และ 3)การสกัดกลีเซอรอลด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ พบว่า มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ไม่ใช่กลีเซอรอลปริมาณสูงเฉลี่ย 16.64% ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ย 15.67% ปริมาณเถ้าซัลเฟตโดยเฉลี่ย 7.15% และพบปริมาณกลีเซอรอล 65.15%

[10] ปิยนาฏ อินทนกูล. (2547). **การทำกลีเซอรอลที่ได้จากการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพให้บริสุทธิ์** รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการศึกษากลีเซอรีนที่ได้จากการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพของน้ำมันพืชใช้แล้วให้บริสุทธิ์ ด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การระเหยเมทานอล 2) การกำจัดเบสโดยการทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกและการสกัดสิ่งเจือปนอินทรีย์ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3) การกลั่นสุญญากาศ และ 4) การกำจัดสีและกลิ่นด้วยคาร์บอนกัมมันต์ พบว่ากลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดทั้ง 4 ขั้นตอน มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 98 โดยน้ำหนัก และมีสมบัติเป็นไปตามที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด

[13] สุธารักษ์ บุญโชติ; ผกามาศ ประยูณยง; และ ชาคริต ทองอุไร นำกลีเซอรีนที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพมาทำการไล่เมทานอลที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และใช้กรดเกลือเพื่อแยกของผสมอินทรีย์ออกจากกลีเซอรีนโดยใช้สัดส่วนกลีเซอรีนต่อกรดเกลือโดยน้ำหนักคือ 20 : 22 หลังจากนั้น กลีเซอรีนจะถูกปรับให้มีค่าความเป็นกรดเบสเท่ากับ 5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำไปกลั่นที่อุณหภูมิ 180 -195 องศาเซลเซียส ภายใต้สุญญากาศ 20 มิลลิเมตรปรอท พบว่ากลีเซอรีนที่ได้มีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 94

[46] ฤดีมาศ มโนศักดิ์ และคณะ.**การเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีทางเคมีแบบหลายขั้นตอน.** คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการวิจัยการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบด้วยวิธีทางเคมี โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยในขั้นแรกจะเป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระและเกลือ ค่าความเป็นกรด-เบส โดยภาวะที่เหมาะสมคือเท่ากับ 2.5 โดยใช้กรดฟอสฟอริก จากนั้นเป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระที่หลงเหลืออยู่ โดยภาวะที่เหมาะสมคือการใช้เฮกเซนเป็นสารสกัดที่อัตราส่วนระหว่างเอกเซนต่อกลีเซอรอลเท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร ในขั้นต่อมาเป็นการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบโดยศึกษาชนิดของสารสกัดแบบมีขั้ว พบว่าสารสกัดแบบมีขั้วที่เหมาะสมโพรพานอลที่อัตราส่วนระหว่างสารสกัดต่อกลีเซอรอลเท่ากับ 2:1 โดยปริมาตร และในส่วนสุดท้ายเป็นการลดสีของกลีเซอรอลดิบโดยการดูดซับถ่านกัมมันต์ พบว่าการดูดซับสีขอกลีเซอรอลด้วยถ่านกัมมันต์จะทำให้สีของกลีเซอรอลดังกล่าวใสขึ้นร้อยละ 96.67 โดยกลีเซอรอลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ96.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 สารตัวอย่าง

ตัวอย่างกลีเซอรอลดิบ จากโรงงานผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว จากกรมอู่ทหารเรือธนบุรี ถนนอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700

ถ่านจากแกลบ จากโรงไฟฟ้าเดชาไบโอกรีน จ.สุพรรณบุรี

3.1.2 สารเคมีใช้งานวิจัย

3.1.2.1 สารมาตรฐานกลีเซอรอล 99.5 % ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก CARLO ERBA

3.1.2.2 โซเดียมเปอร์ไอโอเดต ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก CARLO ERBA

3.1.2.3 อะซิโตน ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก LAB SCAN

3.1.2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก LAB SCAN

3.1.2.5 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก APEX

3.1.2.6 ถ่านกัมมันต์ ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก RANKEM

3.1.2.7 เฮกเซน ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก LAB SCAN

3.1.2.8 เอทานอล ชนิดเกรดวิเคราะห์ จาก LAB SCAN

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.3.1 บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร 250 มิลลิลิตร

3.1.3.2 กรวยแยก ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.3.3 กระบอกตวง ขนาด 25 มิลลิลิตร 50 มิลลิลิตร

3.1.3.4 ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร 2 มิลลิลิตร

3.1.3.5 ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.1.3.6 แท่งแก้วคน

3.1.3.7 ตะแกรงร่อง ขนาด 100 เมช (mesh)

3.1.3.8 เครื่องยูวี-วิซิเบิล สเปกโตรสโกปี รุ่น T60 ยี่ห้อ PG INSTRUMENTS

3.1.3.9 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น 1620C ยี่ห้อ PRECISA

3.1.3.10 เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส รุ่น 250 ยี่ห้อ DENVER NSTRUMENT /กระดาษลิตมัส

3.1.3.11 เครื่องกรองแบบสุญญากาศ รุ่น ASPIRATOR A-3S ยี่ห้อ EYELA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.12 กระดาษกรอง เบอร์ 1 ยี่ห้อ WHATMAN

3.1.3.13 เครื่องระเหยแบบลดความดัน(Rotary Vacuum Evaporator) ยี่ห้อ EYELA โดยที่

3.1.3.13.1 Cooler รุ่น ACE CA-111 ยี่ห้อ EYELA

3.1.3.13.2 Pump รุ่น ASSPIRATOR A-35 ยี่ห้อ EYELA

3.1.3.13.3 Evaporator รุ่น N-N Series ยี่ห้อ EYELA

3.1.3.13.4 Water Bath รุ่น SB-651 ยี่ห้อ EYELA

3.1.3.13.5 Vacuum controller รุ่น NVC-1100 ยี่ห้อ EYELA

3.1.3.14 เครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

3.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

3.2.1.1 นำตัวอย่างกรองสิ่งเจือปนต่างๆออก และนำไปเก็บในขวดแก้วที่อุณหภูมิห้อง

3.2.1.2 ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ ตัวแปรได้แก่ ปริมาณกลีเซอรอล ความชื้น และความเป็นกรด-เบส ความหนาแน่น ดังตารางที่ 3.1 (ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือในการวิเคราะห์
ปริมาณกลีเซอรอล	การไทเทรต/เครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์
ความชื้นหรือน้ำ	วิธีแกรวิเมทรี
เปอร์เซ็นต์ความใสของสี	เครื่องยูวีสเปคโตรมิเตอร์
ค่าความเป็นกรด-เบส	กระดาษลิตมัส
ความหนาแน่น	ขวดพิกโนมิเตอร์

หมายเหตุ ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข

1.2.2 การทำกลีเซอรอลดิบให้บริสุทธิ์

ตอนที่ 1. การกำจัดเบสและเกลือในกลีเซอรอลดิบด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

1.1 ชั่งตัวอย่างกลีเซอรอลดิบ 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

1.2 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ขณะเติมควรใช้แท่งคนให้เข้ากัน ใช้เวลากวนประมาณ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาทีแล้ววัดค่าความเป็นกรด-เบส ในช่วง 2 โดย กระดาษลิตมัส

ตอนที่ 2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

2.1 นำกลีเซอรอลจากตอนที่ 1 มาสกัดด้วยเฮกเซนในกรวยแยกขนาด 250 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนระหว่างเฮกเซนกับกลีเซอรอล 1:2 โดยปริมาตร เขย่าประมาณ 2-3 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น และไขส่วนล่างออก ทำการสกัดซ้ำอีก 2 รอบ

2.2 นำมาปรับด้วย 40% NaOH เพื่อให้เป็นกลาง

ตอนที่ 3 การบำบัดสีของกลีเซอรอลโดยใช้ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ

3.1 นำถ่านกัมมันต์ ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 30 นาที

3.2 นำถ่านจากแกลบไปร่อนตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1

3.3 นำกลีเซอรอลจากตอนที่ 2 มาแช่ในถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับบำบัดสี

อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับ		**เวลาในการแช่ (วัน)**	**อุณหภูมิ (°C)**	**ความเร็วรอบเขย่า (rpm)**
ถ่านกัมมันต์	**ถ่านจากแกลบ**			
5:1	5:1	1	31	180
5:2	5:2	1	31	180
5:3	5:3	1	31	180
5:4	5:4	1	31	180
5:1	5:1	2	31	180
5:2	5:2	2	31	180
5:3	5:3	2	31	180
5:4	5:4	2	31	180

3.4 กรองกลีเซอรอลออกจากถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ด้วยเครื่องกรองแบบสุญญากาศ

3.5 นำตัวอย่างที่ได้ไประเหยน้ำออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน

3.6 นำกลีเซอรอลบริสุทธิ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบของกลีเซอรอลด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความใสของสี ด้วยเครื่องยูวีสเปคโตร-โฟโตมิเตอร์ และวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอล ด้วยเทคนิคไทเทรต/เครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์ (ดังภาคผนวก ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

จากการนำกลีเซอรอลดิบที่ได้จากผลผลิตร่วมของการผลิตไบโอดีเซล ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากกรมอู่ทหารเรือธนบุรี ถนนอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700 โดยใช้ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วยเมทานอล ซึ่งใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเบื้องต้น ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ

พารามิเตอร์	ปริมาณ
ปริมาณกลีเซอรอล (%)	48.17
ความชื้นหรือน้ำ (%)	11.73
ความเป็นกรด-ด่าง	9.97
สี	น้ำตาลเข้ม
ความหนาแน่น (g/cm^3)	1.0248

จากตารางที่ 4.1 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ พบว่ามีลักษณะเป็นของเหลวหนืดมีสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งมีปริมาณกลีเซอรอล 48.17% ปริมาณน้ำ 11.73% ความหนาแน่น 1.0248 g/cm^3 และค่าความเป็นกรด-เบส 9.97 ประมาณ 10 (ดังภาคผนวก ก) เมื่อเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (ตารางที่ ค.1) จะเห็นได้ว่า กลีเซอรอลดิบนั้นไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆได้ เนื่องจากยังมีสิ่งเจือปนอยู่มาก เนื่องจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะใช้สารตั้งต้นและสารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยานั้นล้วนเป็นสารอินทรีย์ดังสมการที่ 4.1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันที่ใช้แล้วเป็นสารตั้งต้น จะทำให้มีสารอินทรีย์ต่างๆเจือปนอยู่มาก จึงเกิดสารอินทรีย์เหลือในกลีเซอรอลดิบสูง นอกจากนี้กลีเซอรอลดิบยังมีสภาวะเป็นเบส เนื่องจาก กลีเซอรอลดิบมีโซเดียมไฮดรอกไซด์หลงเหลือจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน ดังนั้นต้องมีการบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์เพื่อเพิ่มมูลค่ากลีเซอรอลขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{array}{l} CH_2\text{-}OOCR_1 \\ | \\ CH\text{-}OOCR_2 \\ | \\ CH_2\text{-}OOCR_3 \end{array} + 3CH_3OH \xrightarrow{NaOH\ (l)} 3RCOOCH_3 + \begin{array}{l} CH_2\text{-}OH \\ | \\ CH\text{-}OH \\ | \\ CH_2\text{-}OH \end{array} \qquad (4.1)$$

กรดไขมัน (*l*) เมทานอล (*l*) ไบโอดีเซล (*l*) กลีเซอรอล(*l*)

4.2 กระบวนการทำให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์

จากการทดลองทางกายภาพ พบว่ากลีเซอรอลดิบมีสารเจือปนอื่นๆ อยู่มาก จึงจำเป็นต้องกำจัดหรือแยกสารเจือปนออกจากกลีเซอรอล เพื่อทำให้กลีเซอรอลมีความบริสุทธิ์ ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การกำจัดเบสและเกลือ

เนื่องจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมัน จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้กลีเซอรอลซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการมีสภาวะเป็นเบส ดังนั้นจึงต้องกำจัดเบสและเกลือที่หลงเหลือเป็นขั้นตอนแรก โดยจะใช้วิธีการเติมกรดซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติ การเติมกรดจะสามารถเปลี่ยนสบู่ที่ปนอยู่ในกลีเซอรอลดิบกลายเป็นกรดไขมันซึ่งง่ายต่อการกำจัดออกในขั้นต่อไป

การใช้กรดเพื่อกำจัดเบสออกจากกลีเซอรอลดิบ ปัจจัยที่สำคัญคือ ค่าความเป็นกรด-เบส จากการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2.5 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้เลือกการปรับค่าความเป็นกรด-เบสให้เป็นกรด ประมาณ 2 ตามผลงานวิจัยที่ได้วิจัยมาแล้ว [46]

จากการทดลอง การเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ให้ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2 จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์ พบว่า เมื่อเติมกรดในกลีเซอรอลจะทำให้กลีเซอรอลแยกออกเป็น 3 ชั้น ดังรูปที่ 4.1และตารางที่ 4.2 โดยชั้นบน เป็นชั้นที่ประกอบด้วยกรดไขมันอิสระเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเกิดจากสบู่ที่เจือปนอยู่ในกลีเซอรอลดิบทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก ดังแสดงสมการที่ 4.2 ชั้นกลาง เป็นชั้นที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล และชั้นล่างสุดจะประกอบด้วยเกลือของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อกรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้เกลือโซเดียมซัลเฟต มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว แสดงปฏิกิริยาดังสมการที่ 4.2 ซึ่งการเกิดผลิตภัณฑ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลืออยู่ในกลีเซอรอลดิบ

$$3R - COO^-Na^+\ (l) + 3H_2SO_4\ (l) \longrightarrow 3R\text{-}COOH\ (l) + 3NaSO_4\ (s) \qquad (4.2)$$

สบู่ กรดซัลฟิวริก กรดไขมัน เกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของกลีเซอรอลดิบ เมื่อใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ที่ความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 2

ระดับชั้น	ลักษณะทางกายภาพ
ชั้นแรก	ของเหลวข้น หนืด มีสีน้ำตาลเข้ม
ชั้นกลาง	ของเหลว ใส มีสีน้ำตาลแดง
ชั้นล่าง	เป็นตะกอนสีขาว

รูปที่ 4.1 การกำจัดเบสและเกลือ

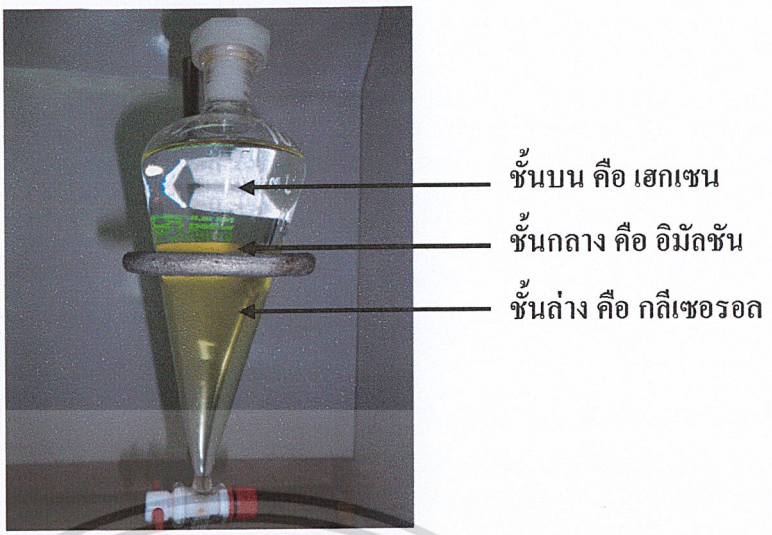
ตอนที่ 2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนในกลีเซอรอลที่สามารถละลายได้ดีในชั้นของตัวทำละลายอินทรีย์ ประกอบด้วยสารอินทรีย์หลายชนิดนอกเหนือจากกลีเซอรอลแล้ว ยังมีกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ เมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน กรดไขมัน และเม็ดสี เป็นต้น

การทดลองได้เลือกเฮกเซนเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากเฮกเซน เป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว จึงสามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วในกลีเซอรอลได้ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ มอโนกลีเซอไรด์ เมทิลเอสเทอร์ กรดไขมันที่ยังคงหลงเหลือ เป็นต้น

จากการทดลอง พบว่า การสกัดมี 3 ชั้น ดังรูปที่ 4.2 คือ ชั้นเฮกเซนอยู่ด้านบนมีสีเหลืองอ่อน ชั้นกลางเป็นชั้นอิมัลชัน และชั้นล่างสุดคือชั้นกลีเซอรอล เมื่อทำการสกัดซ้ำอีก จะเห็นได้ว่าชั้นเฮกเซนมีลักษณะใส ไม่มีสี แสดงว่าไม่มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ในชั้นเฮกเซน โดยปริมาณกลีเซอรอลที่ได้ เท่ากับ 79.71% ซึ่งมีปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน

ตอนที่ 3 การบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยสารดูดซับโดยใช้ถ่านคาร์บอนกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

เนื่องจากลักษณะของกลีเซอรอลที่ได้จากการสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซน มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนซึ่งสีเข้มกว่ากลีเซอรอลมาตรฐาน ต้องนำกลีเซอรอลมาบำบัดสีต่อไป

ดังนั้นในงานวิจัยได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยตัวดูดซับ โดยศึกษาชนิดของสารดูดซับ เวลา และปริมาณของตัวดูดซับ ในที่นี้คือ ถ่านกัมมันต์ และถ่านจากแกลบ (กรัมต่อกรัม) โดยใช้เวลาในการเขย่า 1 และ 2 วัน ตามลำดับ ที่ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที ดังตารางที่ 3.2

จากการทดลอง โดยศึกษาหาเวลาและอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลต่อสารดูดซับ ทั้งสองชนิด พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 5:2 ในเวลา 1 วัน สามารถบำบัดสีและมีปริมาณกลีเซอรอลดีสุด เมื่อเทียบกับอัตราส่วน ในเวลา 2 วัน สามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับอัตราส่วน 5:2 แต่เนื่องจากต้องคำนึงถึงปริมาณและเวลา ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ดังนั้น อัตราส่วน 5:2 ในเวลา 1 วันของถ่านกัมมันต์ มีความเหมาะสมในการบำบัดสีมากที่ดีสุด ส่วนถ่านจากแกลบ พบว่า ที่อัตราส่วน 5:3 ในเวลา 1 วัน สามารถบำบัดสีและได้ปริมาณกลีเซอรอลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบการบำบัดสีของถ่านจากแกลบที่อัตราส่วนและเวลาต่างๆ ด้วยเหตุผลเดียวกับถ่านกัมมันต์ เนื่องจากถ่านจากแกลบที่ใช้ในการบำบัดสีมีปริมาณน้อย ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลา ดังแสดงในตารางที่ 4.3-4.5 (ดังภาคผนวก ก) และรูปที่ 4.3-4.7 สามารถดูราคาต้นทุนการบำบัดได้ภาคผนวก ช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การบำบัดสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ในอัตราส่วนต่างๆ ในเวลา 1 วัน

อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับ		เวลาในการแช่ (วัน)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบเขย่า (rmp)	สี (%ความใส)
ถ่านกัมมันต์	5:1	1	31	180	65.42
	5:2	1	31	180	95.77
	5:3	1	31	180	94.99
	5:4	1	31	180	87.91
ถ่านจากแกลบ	5:1	1	31	180	54.36
	5:2	1	31	180	75.22
	5:3	1	31	180	92.46
	5:4	1	31	180	91.74

ตารางที่ 4.4 การบำบัดสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ในอัตราส่วนต่างๆ ในเวลา 2 วัน

อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับสารดูดซับ		เวลาในการแช่ (วัน)	อุณหภูมิ (°C)	ความเร็วรอบเขย่า (rpm)	สี (%ความใส)
ถ่านกัมมันต์	5:1	2	31	180	90.91
	5:2	2	31	180	93.23
	5:3	2	31	180	91.06
	5:4	2	31	180	92.53
ถ่านจากแกลบ	5:1	2	31	180	87.51
	5:2	2	31	180	87.89
	5:3	2	31	180	88.84
	5:4	2	31	180	88.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสามารถหาการบำบัดสีที่เหมาะสมได้ จึงนำมาหาปริมาณความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล ด้วยวิธีการไทเทรตเทียบกับวิธีรีแฟคโตรมิเตอร์ ดังตารางที่ 4.5

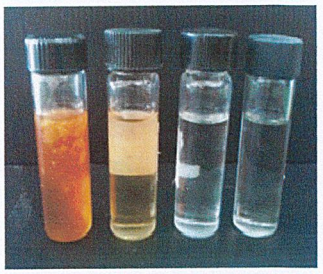
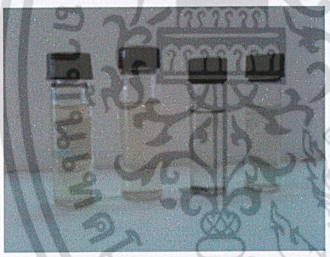
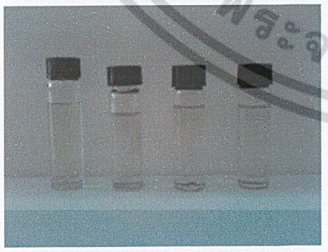
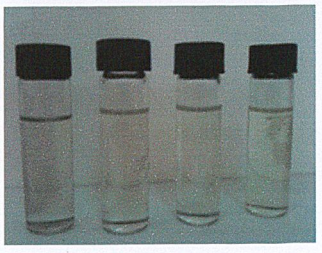
ตารางที่ 4.5 ปริมาณกลีเซอรอลด้วยวิธีการไทเทรตและวิธีรีแฟคโตรมิเตอร์

กลีเซอรอล	ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล	
	การไทเทรต (%w/w)	รีแฟคโตรมิเตอร์ (%w/w)
กลีเซอรอลดิบ	48.17	48
กลีเซอรอลที่ยังไม่ได้บำบัดสี	79.71	76
กลีเซอรอลที่บำบัดสีถ่านกัมมันต์	98.69	98
กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ	96.27	96

หมายเหตุ ดังภาคผนวก ก และ ฉ

จากการวิเคราะห์หาความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล ดังตารางที่ 4.5 พบว่า วิธีการไทเทรตและวิธีรีแฟคโตรมิเตอร์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลในงานวิจัยนี้เป็นที่น่าเชื่อถือได้ ถึงแม้ว่า การวัดด้วยเครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์จะวัดค่าได้ไม่ละเอียดมากนัก แต่ผลของรีแฟคโตรมิเตอร์ สอดคล้องกับการไทเทรต ด้วยเหตุนี้เครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์ยังคงสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในงานวิจัยนี้จะรายงานความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล ด้วยวิธีการไทเทรตเป็นหลักสำคัญ เนื่องจากมีมาตรฐานของ มอก. 337-2545 เป็นตัวกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 1 2 3 4	**รูปที่ 4.3** เปรียบเทียบสีของกลีเซอรอล 1 คือ กลีเซอรอลดิบ 2 คือ กลีเซอรอลที่ไม่ผ่านการบำบัดสี 3 คือ กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ 4 คือ กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ
	รูปที่ 4.4 การบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ ในเวลา 1 วัน
	**รูปที่ 4.5** การบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ ในเวลา 1 วัน
	**รูปที่ 4.6** การบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์ ในเวลา 2 วัน
	**รูปที่ 4.7** การบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ ในเวลา 2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ระดับชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

การทดลองทั้ง 3 ขั้นตอน พบว่าได้ปริมาณกลีเซอรอลโดยน้ำหนัก 48.17 ของกลีเซอรอลดิบ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ในระดับชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบสมบัติของกลีเซอรอลที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ และกลีเซอรอลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

ลักษณะ	กลีเซอรอลชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	กลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัด		
ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล(%w/w)	ไม่น้อยกว่า 99	วิธีการ	ถ่านกัมมันต์	ถ่านจากแกลบ
		การไทเทรต	98.69	96.27
		รีแฟคโตรมิเตอร์	98	96
ความใสของสี(%)	100		95.77	92.46

หมายเหตุ การหาค่าสีจากโลวิบอนด์สเกล ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ไม่สามารถทดสอบได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือ ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก เป็นวิธีเทียบเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์องกลีเซอรอลที่บำบัดเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ระดับชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

จากการวิเคราะห์กลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ผ่านการบำบัดทั้ง 3 ขั้นตอน และนำผลของการบำบัดตอนที่ 3 มาตรวจสอบด้วยเทคนิค Infrared Spectroscopy (IR) จากเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโฟโตมิเตอร์ (Fourier Transform Infrares Spectrophotometer) เพื่อหาฟังก์ชันของกลีเซอรอล ได้นำกลีเซอรอลดิบ และกลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบมาทดสอบพบว่า กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบสอดคล้องกับกลีเซอรอลมาฐาน มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม คือ สเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชัน O-H stretching มีความยาวคลื่น 3381 cm^{-1} และ 1646 cm^{-1} และที่ช่วงความยาวคลื่น 1420-1220 cm^{-1} เกิดจากการ overlap ของ C-H ในแนวระนาบ(in-planes) และหมู่ O-H bensing ในโมเลกุลของกลีเซอรอล ซึ่งเปรียบเทียบช่วงความยาวคลื่นระหว่างกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ผ่านการบำบัดกับกลีเซอรอลมาตรฐาน มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

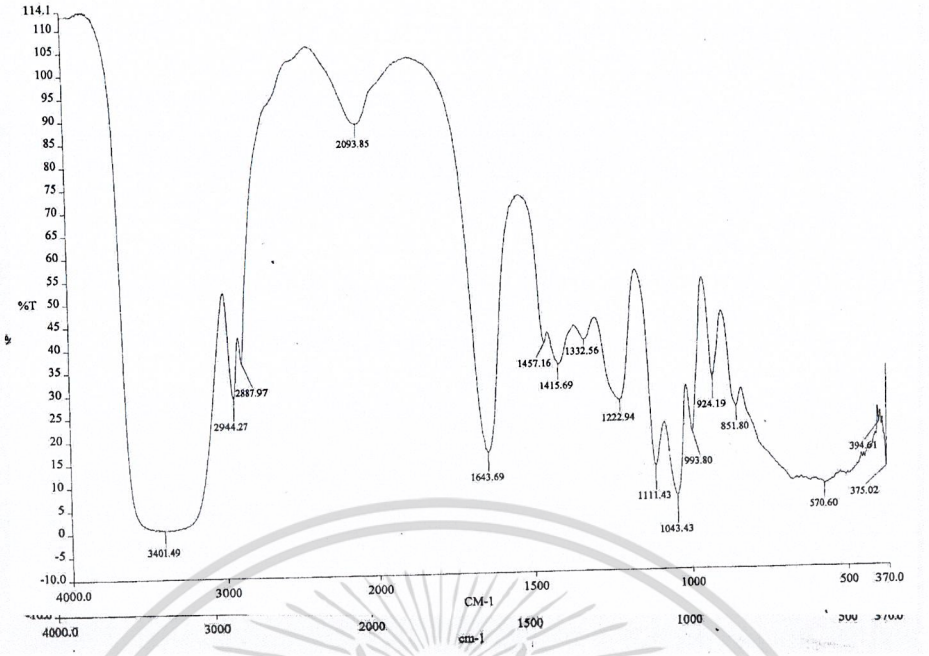
ผลการศึกษาข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน สามารถแสดงหมู่ฟังก์ชันและเลขคลื่นได้ดังนี้ คือ ที่ช่วงเลขคลื่น 3200 – 3700 cm^{-1} คือ O-H stretching (alcohol), 2840 – 3000 cm^{-1} คือ C-H stretching ,สำหรับ C-OH stretching ของ แอลกอฮอล์ ได้แก่ 1010–1100 cm^{-1} คือ (primary alcohol), 1100 – 1200 cm^{-1} คือ (secondary alcohol) และ 1200 – 1500 cm^{-1} คือ (tertiary alcohol) เมื่อนำกลีเซอรอลที่ได้มาทำการศึกษาข้อมูล ทางอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเปรียบเทียบกับข้อมูลข้อมูลทางอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีของกลีเซอรอลมาตรฐาน พบว่าสเปกตรัมส่วนใหญ่มีหมู่ฟังก์ชันสอดคล้องกับกลีเซอรอลมาตรฐาน นอกจากนี้ กลีเซอรอลดิบพบพีคที่เลขคลื่น 1600 – 1500 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอกซิเลตแอนไอออนของกรดไขมัน เมื่อกำจัดเบสและเกลือในกลีเซอรอล งานวิจัยนี้ได้กรองกรดไขมันและเกลือที่แยกชั้นออกไป จึงไม่ปรากฏพีคเลขคลื่นที่1600-1500 cm^{-1} ตั้งแต่ขั้นตอนนี้ เมื่อนำมาสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซนเพื่อที่จะกำจัดพวกสารอินทรีย์ที่ไม่มีขั้วที่หลงเหลือออกให้หมด จึงไม่ปรากฏพีคเลขคลื่นที่ 1600-1500 cm^{-1} และเมื่อนำกลีเซอรอลมาบำบัดสีทั้งถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ พบว่าไม่ปรากฏพีคที่เลขคลื่น 1600 – 1500 cm^{-1} เช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นพีคของหมู่คาร์บอกซิเลตแอนไอออนของกรดไขมัน ดังนั้นจึงเป็นการตรวจสอบว่าผลที่ได้เป็นกลีเซอรอลและมีมาตรฐานตามอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 4.7 และแสดงลักษณะสเปกตรัมของกลีเซอรอลดังรูปที่ 4.8 -4.13 ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ทั้ง 3 ขั้นตอน ในสภาวะที่เหมาะสม สามารถบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์และมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

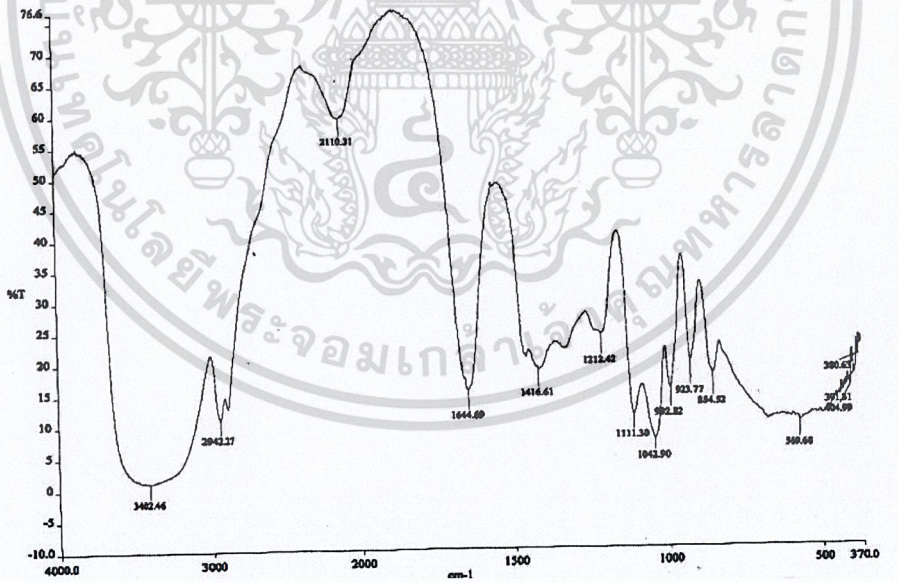
ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบช่วงความยาวคลื่นระหว่างกลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่ผ่านการบำบัดกับกลีเซอรอลมาตรฐาน มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

ช่วงความยาวคลื่น (cm^{-1})			
กลีเซอรอลมาตรฐาน มอก.337-2545	**กลีเซอรอลดิบ**	**กลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดให้บริสุทธิ์**	
		ถ่านกัมมันต์	**ถ่านจากแกลบ**
3600-3100	3408.00	3401.49	3401.11
2900 (ค่าประมาณ)	2922.05	2944.27	2943.85
1600 (ค่าประมาณ)	1645.80	16643.69	1644.75
1500-1200	1558.07- 1406.74	1457.16-1415.69	1416.38-1223.24
1410 1330 และ 1220	1406.74 ไม่มีพีค 1330 1220	1415.69 1332.56 และ 1222.94	1416.38 1331.95 1223.24
1100 1040 1000 900 และ 850 (ค่าประมาณ)	1040.80 924.07 และ 851.90	1111.43 1043.43 924.19 และ 851.80	1111.42 1043.43 924.32 และ 853.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

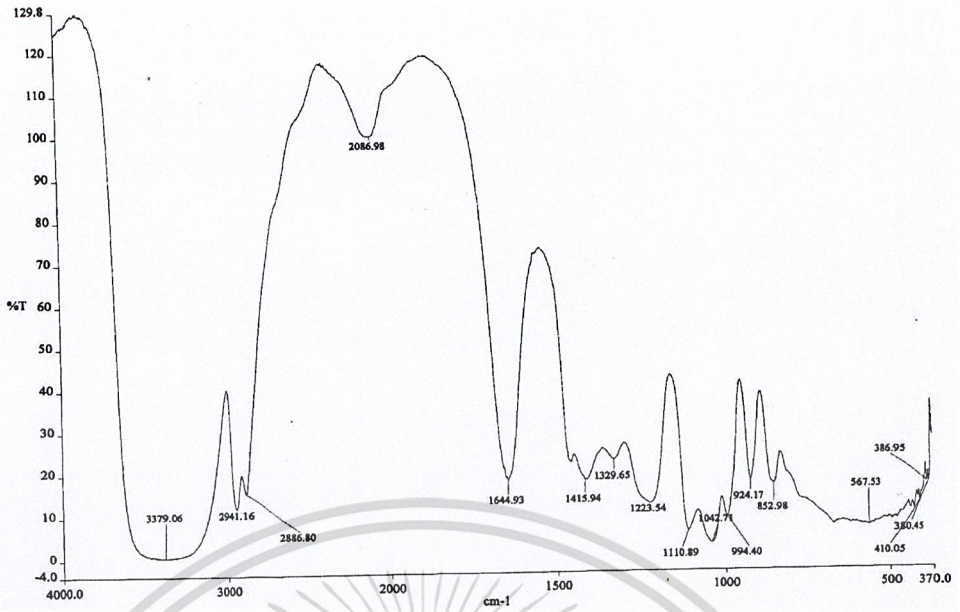


รูปที่ 4.8 สเปกตรัมของกลีเซอรอลมาตรฐาน

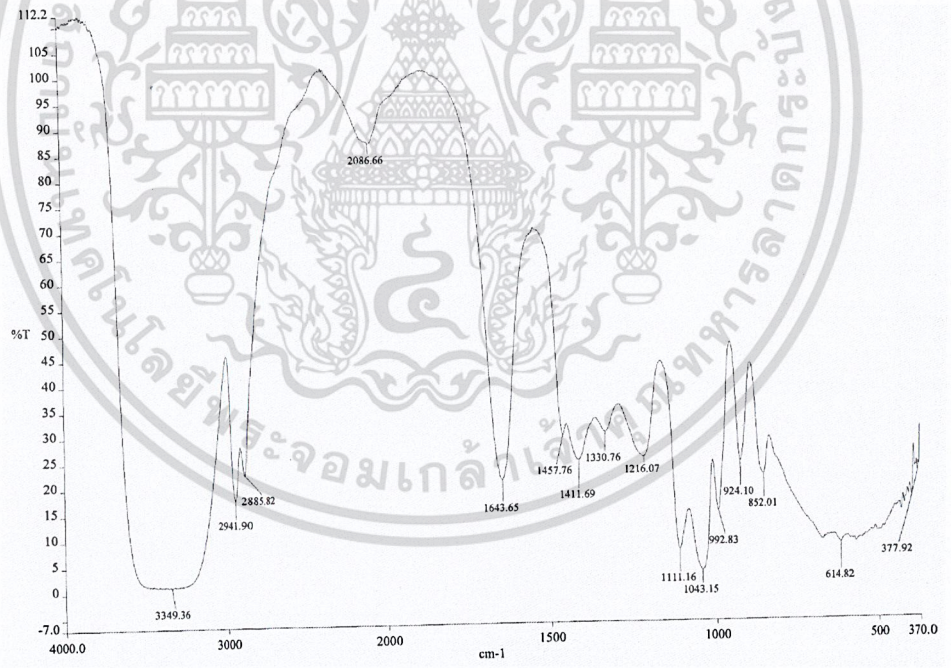


รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของกลีเซอรอลดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

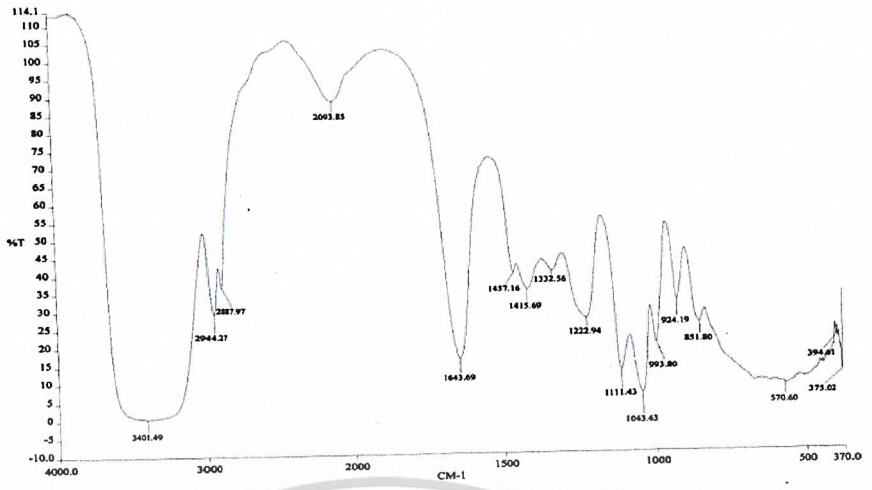


รูปที่ 4.10 สเปกตรัมของกลีเซอรอลกำจัดเบสและเกลือในกลีเซอรอล

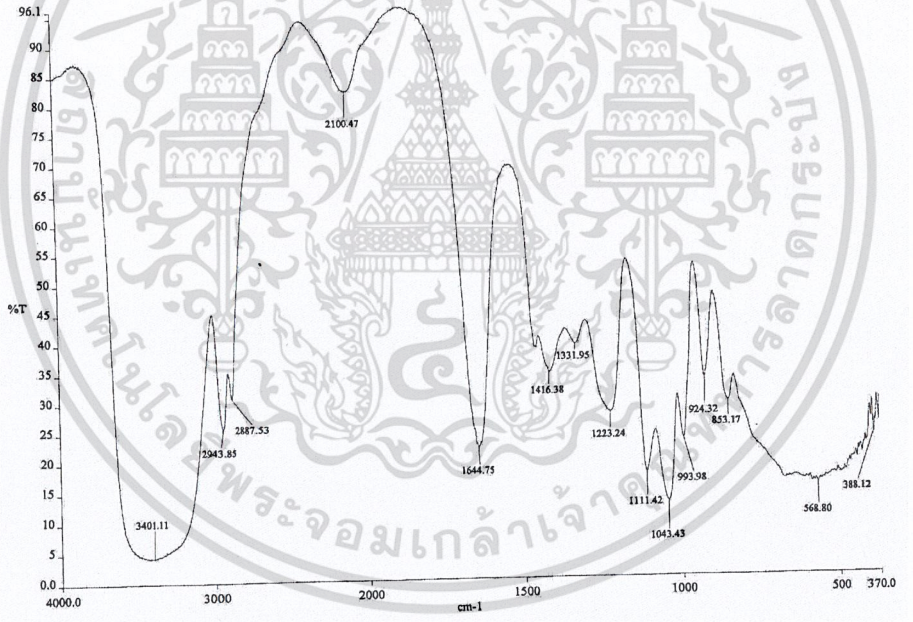


รูปที่ 4.11 สเปกตรัมของกลีเซอรอลที่สกัดด้วยเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 สเปกตรัมของกลีเซอรอลบำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.13 สเปกตรัมของกลีเซอรอลบำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากเมื่อบำบัดให้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ โดยนำไปเทียบกับกลีเซอรอลมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.337-2545 ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสบู่ อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ใช้ในการแพทย์ เป็นต้น

โดยเริ่มจากการนำกลีเซอรอลดิบมาวิเคราะห์ทางกายภาพเบื้องต้น พบว่า กลีเซอรอลมีสีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณกลีเซอรอล 48.17% ความชื้น 11.73% ความหนาแน่น 1.0248 g/cm^{-1} และความเป็นกรด-เบส 9.97 และได้ทำการบำบัดทั้ง 3 ขั้นตอน เมื่อผ่านการกำจัดเบสและเกลือด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่ความเป็นกรด-เบส 2 การสกัดกลีเซอรอลด้วยเฮกเซนหรือการกำจัดกรดไขมันอิสระ และปรับความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 7 ใช้อัตราส่วนของเฮกเซนต่อกลีเซอรอล เท่ากับ 1:2 โดยปริมาตร และบำบัดสีของกลีเซอรอลด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ ซึ่งอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม เท่ากับ 5:2 ในเวลา 1 วัน มีปริมาณกลีเซอรอล เท่ากับ 98.69% ความใสของสีกลีเซอรอล เท่ากับ 95.77% และความหนาแน่น เท่ากับ 1.2618 g/cm^{-1} ส่วนอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลกับถ่านจากแกลบที่เหมาะสม เท่ากับ 5:3 ในเวลา 1 วัน โดยมีปริมาณกลีเซอรอลที่ เท่ากับ 96.27% และความใสของสีกลีเซอรอล เท่ากับ 92.46% และความหนาแน่น เท่ากับ 1.2617 g/cm^{-1} เมื่อตรวจองค์ประกอบของกลีเซอรอลด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปคโตรโฟโต-มิเตอร์ (FTIR) พบว่า กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบได้ ไม่พบพีค 1600-1500 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของคาร์บอกซีเลตไอออน แสดงว่ากลีเซอรอลที่บำบัดได้ไม่มีสิ่งเจือปนของกรดไขมันอยู่ จึงเป็นการพิสูจน์ว่าได้กลีเซอรอลบริสุทธิ์ นอกจากจะเพิ่มมูลค่าของกลีเซอรอลดิบที่ได้จากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของถ่านจากแกลบที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าหรือเหลือใช้จากการเกษตร เนื่องจากถ่านจากแกลบสามารถบำบัดสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดได้ ถึงแม้ว่าจะน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ แต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับกลีเซอรอลบริสุทธิ์ ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอะแนะ

1. การจัดเก็บกลีเซอรอลดิบและบริสุทธิ์ ควรจัดเก็บให้มิดชิดและใช้ฝาปิดให้สนิท เนื่องจากกลีเซอรอลสามารถดูดความชื้นได้ง่าย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ โดยเฉพาะความชื้น

2. การปรับค่าความเป็นกรด-เบส ควรใช้กระดาษลิตมัสแทนการใช้พีเอชมิเตอร์ เนื่องจากกลีเซอรอลดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีความหนืดมาก อาจมีผลต่อการวัดค่าพีเอช ความหนืดจะทำให้โปรตอนวิ่งเข้าหาหัววัด(pore) ได้ไม่สะดวก จึงทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนได้

3. ในการกำจัดเบสและเกลือ ควรตั้งกลีเซอรอลทิ้งไว้ เพื่อให้เกลือเกิดการตกตะกอนสะดวกในการสกัดและจะได้ปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มมากขึ้น

4. เฮกเซนซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในขั้นตอนการสกัดกลีเซอรอล สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยนำไปกลั่นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากเฮกเซนมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนและลดของเสียอันเกิดจากกระบวนการบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ได้

5. ถ้าต้องการเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลในการดูดซับสีด้วยถ่านจากแกลบ ควรทำให้ถ่านจากแกลบ มีขนาดอนุภาคเล็ก หรือทำการแช่หลายครั้ง

6. การวิเคราะห์ความใสของสีควรทำการวิเคราะห์ให้เสร็จภายในวันเดียวกันทุกอัตราส่วน เนื่องจากสามารถแก้ไขการคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ความใสของสีกลีเซอรอลได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] กฤษดา แก้วยกและคณะ. **"ศึกษากระบวนการสังเคราะห์น้ำมันดีเซลชีวภาพจากน้ำมันทอดใช้แล้ว"**.คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม,สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

[2] ก่อฤกษ์ เซี่ยงว่อง และวีระชัย โคตรคำหาร. 2544. **"การศึกษาเบื้องต้นการทำกลีเซอรีนจากการสังเคราะห์ไบโอดีเซลให้บริสุทธิ์"**.วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์เคมี,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2544

[3] คันธารส จักรตอน. **"การทำกลีเซอรีนให้บริสุทธิ์จากผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมการผลิตดีเซลชีวภาพ"**.ศูนย์นวัตกรรมวิศวกรรม พลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒองครักษ์.

[4] Joshua Tickell.2000.From the fryer to the Fuel Tank;The Complete Guide to Using Vegetable Oil as an Alternative Fuel. 3rd Ed. Australia : Fast Bools. Pp.69

[5] Hazimah,A.H.et.al.2003. Recovery of Glycerol and Diglycerol Pitch. Journal of Oil Plam Research, vol.15,no.1,June. Pp.1-5

[6] ชลธิชา พลายชุม. 2550. **"การสร้างมูลค่าเพิ่มของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล:การทำกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์"**.วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2550

[7] ดวงพร แก่นแก้ว. **"การดูดซับฟลูออไรด์โดยใช้ดินเหนียวที่ปรับสภาพด้วยด่านจากแกลบดำ"**. วศ.ม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2549

[8] ณฐมน ดีปะติ. (2551). **"การผลิตและพัฒนากระบวนการทำให้บริสุทธิ์ของกลีเซอรีนที่ได้จากกากของเสียโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์นม"**. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (เคมี). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[9] กิตติยา อัลภาชน์.กลีเซอรีนบริสุทธิ์.สมอ สาร : ปีที่ 28 ฉบับที่ 326 สิงหาคม 2545. หน้า 9

[10] ปิยนาฏ อินทนกูล. (2547). "การทำกลีเซอรอลที่ได้จากการผลิตน้ำมันดีเซลชีวภาพให้บริสุทธิ์". รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[11] วิภา สุโรจนะเมธากุล (2546), คุณสมบัติและประโยชน์ของกลีเซอรอล. วารสารวิชาการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ปีที่ 33.

[12] สุนิสา วัฒนะพงศกร และคณะ(2552). **"การทำกลีเซอรีนดิบให้บริสุทธิ์เพื่อใช้ลดปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปาล์มดิบ".** ปริญญานิพนธ์ วท.ม.(เคมี).กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] สุธารักษ์ บุญโชติ; ผกามาศ ประยูณยง; และ ชาคริต ทองอุไร. (2546). "การทำกลีเซอรีนที่ได้จากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของน้ำมันพืชให้บริสุทธิ์". ในการประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13:หน้า15 -20. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[14] สมอ สาร : ปีที่ 28 ฉบับที่ 326 สิงหาคม 2545 [online]Available: http://silver.tisi.go.th/bulletin/pdf/pdf2545/326Aug02.pdf

[15] Pachauri,N.et.al. **"added Uilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production:A Survey of Current Research Activities".**ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Oregon Convention Center Portland, Oregon 9 - 12 July 2006.

[16] Zeng, A.P., H. Biebl, and W.D. Deckwer. 1997. Microbial Conversion of glycerol to 1,3propanediol:Recent Progress. ACS Symposium Series 666: 264-279.

[17] Menzel, K., A.P Zeng, and W.D. Deckwer. 1997. **"High concentration and productivity of 1,3-propanediol from continuous fermentation of glycerol"** by Klebsiella Pneumoniae. Enzyme and Microbial Technology 20(2): 82-86.

[18] Himmi, E.H., A. Bories, and F. Barbirato.1999. **"Nutrient requirements for glycerol conversion to 1,3-propanediol"** by Clostridium Butyricum. Bioresource Technology 67(2): 123-128.

[19] Wang, J.F., Z.L. Xiu, H.J. Liu, and S.D. Fan. 2001. "**Study on microaerobic conversion of glycerin to 1,3-propanediol"** by Klebsielle pneumoniae. Modern Chemical Industry 21(5): 28-31.

[20] Papanikolaou, S. and G. Aggelis. 2003. **"Modelling aspects of the biotechnological valorization of raw glycerol: Production of citric acid"** by Yarrowia lipolytica and 1,3-propanediol by Clostridium Butyricum. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 78(5): 542-547.

[21] Xiu, Z.L., B.H. Song, Z.T. Wang, L.H. Sun, E.M. Feng, and A.P. Zeng. 2004. Optimization of dissimilation of glycerol to 1,3-propanediol by Klebsiella Pneumoniae in one- and two-stage anaerobic cultures. Biochemical Engineering Journal 19(3): 189-197.

[22] Wang, K., M.C Hawley, and S.J. DeAthos. 2003. **"Conversion of glycerol to 1,3-propanediol via selective dehydroxylation"**. Industrial and Engineering Chemistry Research 42(13): 2913-2923.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[23] Valliyapan, T. 2004. **"Hydrogen or syn gas production from glycerol using pyrolysis and steam. M.S thesis"**. Saskatoon, Saskatchewan.: Department of Chemical Engineering, University of Saskatchewan

[24] Wood, A. 2002. Novel reforming process converts biomass molecules to hydrogen. Chemical Week 164(34): 30.

[25] Hirai, T., N.O. Ikenaga, T. Miyake, and T. Suzuki. 2005. Production of hydrogen by steam reforming of glycerin on ruthenium catalyst. Energy and Fuels 9: 1761-1762.

[26] Ito, T., Y. Nakashimada, K. Senba, T.Matsui, and N. Nishio. 2005. "**Hydrogen and ethanol production from glycerol-containing wastes discharged after biodiesel manufacturing process".** Journal of Bioscience and Bioengineering 100(3): 260-265.

[27] Dasari, M.A., P.P. Kiatsimkul, W.R. Sutterlin, and G.J. Suppes. 2005. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. Applied Catalysis A: General 281(1-2): 225-231.

[28] Perosa, A. and P. Tundo. 2005. **"Selective hydrogenolysis of glycerol with raney nickel"**. Industrial and Engineering Chemistry Research 44(23): 8535-8537.

[29] Garcia, R., M. Besson, and P. Gallezot. 1995. Chemoselective catalytic oxidation of glycerol with air on platinum metals. Applied Catalysis A: General 127(1-2): 165.

[30] Kimura, H. 2001.Oxidation assisted new reaction of glycerol. Polymers for Advanced Technologies 12(11-12): 697-710.

[31] Bauer, R., N. Katsikis, S.Varga, and D.Hekmat. 2005. **"Study of the inhibitory effect of the product dihydroxyacetone on Gluconobacter oxydans in a semi-continuous two-stage repeated-fed-batch process**". Bioprocess and Biosystems Engineering 28(1): 37-43.

[32] Pramanick, D. and T.T. Ray. 1988. **"Synthesis and biodegradation of co-polyesters from citric acid and glycerol".** Polymer Bulletin (Berlin) 19(4): 365-370.

[33] Stumbe, J.F. and B. Bruchmann. 2004. Hyperbranched polyesters based on adipic acid and glycerol.Macromolecular Rapid Communications 25(9): 921-924.

[34] Alksnis, A. F., l.V. Gruzin, and Y.A Surna.1976. Synthesis of oligoesters from oxalic acid and glycerol.Journal of Polymer Science, Polymer Chemistry Edition 14(11): 2631-2638.

[35] Nagata, M., T. Kiyotsukuri, H. Ibuki, N. Tsutsumi, and W. Sakai. 1996. Synthesis and enzymatic degradation of regular network aliphatic polyesters. Reactive and Functional Polymers 30(1-3):165-171.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[36] Clacens, J.M., Y. Pouilloux, and J. Barrault. 2002. Selective etherification of glycerol to polyglycerols over impregnated basic MCM-41 type mesoporous catalysts. Applied Catalysis A: General 227(1-2):181-190.

[37] คาร์บอนกัมมันต์ [online] Available: www.napatsarun.com/carbon.doc

[38] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์. มอก. 900-2538

[39] โครงการศึกษาและจัดทำแบบอย่างการลงทุนเพื่อเผยแพร่ผ่านเครือข่าย Internet. ถ่านกัมมันต์.[online].Available:www.doestoe.com/docs/26164867/RUBBER-CEMENT-Summary-for-Investors-Rubber-Cement-is-a

[40] โครงการศึกษาและจัดทำแบบอย่างการลงทุนเพื่อเผยแพร่ผ่านเครือข่าย Internet.ถ่านกัมมันต์. [online] Available: www.doestoe.com/

[41] บุญรักษ์ กาญจนวรณิชย์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.ถ่านจากแกลบ ของเหลือสารพัดประโยชน์ [online] .Available: http://www.mtec.or.th/

[42] อนุชิต กิจสวัสดิ์. 2524. การทำซีเมนต์จากถ่านแกลบ.กรุงเทพฯ :กองการวิจัยกรมวิทยาศาสตร์.

[43] การใช้ประโยชน์จากแกลบและผลิตภัณฑ์ .[online]. Available:http://www.riceproduct.org/

[44] เสาวลักษณ์ เหลืองดี และอรชุลี สุวรรณผา.2547. **"ศึกษาการเปรียบความสามารถในการดูดซับโลหะหนักโดยใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น"**.รายงาน วบ.ม.เคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[45] Impact of Biodiesel Production on the Glycerol Market online [online].Available: http://www.ruralsementes.com.br/produtos/

[46] ฤดีมาศ มโนศักดิ์ และคณะ.การเพิ่มความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอลดิบจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีทางเคมีแบบหลายขั้นตอน. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[47] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2545 .กลีเซอรอลบริสุทธิ์.กรุงเทพฯ : มอก.337.

[48] **OPTIM Glycerine Home. Refractive Index of Glycerine - Water Solutions**. Retrieved March 19, 20107. [online]. Available: http://www.dow.com/glycerine/resources/table12_020.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางผลการทดลอง

ก.1 การวิเคราะห์หาปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโดยการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต

เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1250 M

-ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ = 5.003 g ละลายในน้ำกลั่น 1000 ml

(น้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 40 g/mol)

-ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต = 2.5518 g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml

(น้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 204.23 g/mol)

-ไทเทรตสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ปริมาตร 10 ml ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ -อินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด -จุดยุติสารละลายเป็นสีชมพู

ตารางที่ ก.1 ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต

ครั้งที่	ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)		
	ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	ปริมาตร ณ จุดยุติ
1	0.00	10.10	10.10
2	10.10	20.30	10.20
3	20.30	30.20	9.90
		เฉลี่ย	**10.07**

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (M)

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$C_1 \text{ (ml)} = (0.1250 \text{ M})(10 \text{ ml})$$

ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 0.1241 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 การไทเทรตหาปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น0.1241 M

ตัวอย่าง	น้ำหนักกลีเซอรอล (g)	ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1241M (ml)			ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก
		ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	ณ จุดยุติ	
แบลงค์	-	0.00	27.50	-	-
กลีเซอรอลดิบ	0.6334	27.50	81.70	54.20	48.17
กลีเซอรอลที่ยังไม่ได้บำบัดสี	0.5742	0.00	67.55	77.25	79.71
กลีเซอรอลที่บำบัดสีถ่านกัมมันต์	0.5761	0.00	77.25	77.25	98.69
กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ	0.5734	75.80	75.80	75.80	96.27

ตัวอย่างการคำนวณ

หาปริมาณกลีเซอรอลของกลีเซอรอลดิบ

$$\text{ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{9.202 \times (81.50-27.50) \times 0.1241\ M}{0.6334}$$

$$= 48.17\ \%$$

ปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก ของกลีเซอรอลดิบ เท่ากับ 48.17

ก.2 การหาปริมาณกลีเซอรอลด้วยวิธีรีแฟคโตรมิเตอร์

ตารางที่ ก.3 ปริมาณกลีเซอรอลด้วยเครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์(ดังภาคผนวก ฉ)

กลีเซอรอล	ค่าดัชนีหักเห	ความบริสุทธิ์ของกลีเซอรอล(%)
กลีเซอรอลดิบ	1.395	48%
กลีเซอรอลที่ยังไม่ผ่านการบำบัดสี	1.438	78%
กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์	1.470	98%
กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ	1.467	96%

หมายเหตุ ตารางรีแฟคโตรมิเตอร์ เทียบได้ในภาคผนวก ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์หาความชื้นหรือน้ำในกลีเซอรอล

ตารางที่ ก. 4 การหาความชื้นหรือน้ำในกลีเซอรอลดิบ โดยวิธีการระเหยน้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

ครั้งที่	น้ำหนักถ้วยเปล่า(g)	น้ำหนักสารก่อนระเหย (g)	น้ำหนักถ้วยกับสารหลังระเหย (g)	น้ำหนักสารหลังระเหย (g)	ปริมาณความชื้นร้อยละโดยน้ำหนัก
1	59.1518	2.0706	60.9766	1.8240	11.9096
2	69.1855	2.0131	70.9644	1.7789	11.6338
3	59.1334	2.0422	60.9375	1.8041	11.6589
				เฉลี่ย	**11.7341**

ตัวอย่างการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น ร้อยละโดยน้ำหนัก} = \left[\frac{2.0706-1.824}{2.0706}\right] \times 100$$

$$= 11.9096$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 การวิเคราะห์หาอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ และเวลาที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดสีออกจากกลีเซอรอล

ตารางที่ ก.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลดิบ

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	0.30	3.90	0.00
5*	0.70	9.90	0.10
8*	22.60	15.20	0.10
11*	26.80	19.10	0.10
14*	31.70	22.40	0.30
17*	35.40	25.90	0.40
20*	38.80	30.20	0.70
23*	42.60	34.50	13.10
26*	67.90	67.90	67.90
29*	67.90	67.90	61.50
รวม	334.70	296.90	101.40
Tris trimulus values	32.82	29.69	11.98
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.44	
	y	0.39	
ค่า Y (% ความใส)	29.69		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.6 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ไม่ผ่านการบำบัดสี

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	69.70	67.90	65.90
5*	67.90	67.90	67.90
8*	67.90	67.90	67.90
11*	67.90	67.90	27.80
14*	64.70	60.80	29.80
17*	66.00	62.40	31.50
20*	67.10	64.10	32.90
23*	68.10	67.90	67.90
26*	67.90	67.90	67.90
29*	67.90	67.90	67.90
รวม	59.44	66.03	62.31
Tris trimulus values	32.82	29.69	11.98
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.35	
ค่า Y (% ความใส)	66.03		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:1 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	57.00	57.70	60.30
5*	67.90	63.00	59.50
8*	67.90	67.90	60.80
11*	65.00	65.10	60.40
14*	65.10	65.30	59.70
17*	65.10	65.50	58.30
20*	67.90	67.90	58.70
23*	65.50	66.00	67.90
26*	67.90	67.90	48.60
29*	67.90	67.90	53.40
รวม	657.20	654.20	587.60
Tris trimulus values	64.44	65.42	69.42
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	65.42		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.8 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:2 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	90.98	94.43	89.25
5*	93.07	95.15	90.57
8*	95.76	95.49	91.31
11*	96.02	95.70	91.82
14*	96.12	95.89	92.29
17*	96.26	96.00	92.69
20*	96.34	96.14	93.09
23*	96.37	96.27	93.48
26*	96.40	96.28	93.93
29*	96.53	96.28	96.61
รวม	953.89	957.78	925.03
Tris trimulus values	93.54	95.77	109.28
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	95.77		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:3เวลา 1 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	93.30	94.46	92.73
5*	94.02	94.67	93.14
8*	94.92	94.85	93.40
11*	95.04	94.91	93.59
14*	95.18	95.01	93.76
17*	95.19	95.03	93.89
20*	95.23	95.18	94.03
23*	95.22	95.25	94.15
26*	95.31	95.29	94.30
29*	95.31	95.31	94.53
รวม	863.71	949.97	937.51
Tris trimulus values	84.69	94.99	110.75
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.29	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	94.99		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.10 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:4 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	85.63	86.811	85.187
5*	86.252	87.31	85.524
8*	87.857	87.618	85.736
11*	88.12	87.778	85.868
14*	88.277	87.973	86.013
17*	88.361	88.075	86.124
20*	88.424	88.228	86.273
23*	88.516	88.262	86.419
26*	88.627	88.423	86.602
29*	88.612	88.626	86.951
รวม	790.064	879.104	860.697
Tris trimulus values	77.47	87.91	101.68
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.29	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	87.91		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.11 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:1 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	**Wavelength (nm)**		
	%T		
	X	**Y**	**Z**
2*	67.9	67.9	74.3
5*	67.9	67.9	67
8*	67.9	67.9	59.6
11*	67.9	30.7	15.7
14*	34.8	32.5	16.7
17*	35.6	33.5	17.2
20*	36.3	35.6	67.9
23*	36.9	67.9	67.9
26*	67.9	67.9	67.9
29*	67.9	67.9	61.5
รวม	445.9	543.6	453.2
Tris trimulus values	77.47	87.91	101.68
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.29	
	y	0.36	
ค่า Y (% ความใส)	54.36		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.12 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:2 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	**Wavelength (nm)**		
	%T		
	X	**Y**	**Z**
2*	58.90	69.30	56.90
5*	63.10	76.30	57.90
8*	67.90	78.50	61.00
11*	67.90	67.90	63.10
14*	81.50	80.30	63.60
17*	81.70	81.00	63.70
20*	81.80	81.40	63.10
23*	81.70	81.70	67.90
26*	67.90	67.90	67.90
29*	67.90	67.90	61.50
รวม	720.30	752.20	633.00
Tris trimulus values	77.47	87.91	101.68
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.34	
ค่า Y (% ความใส)	75.22		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.13 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:3 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	80.21	88.72	76.66
5*	85.21	90.74	79.35
8*	92.29	91.64	81.00
11*	93.08	92.18	82.25
14*	93.52	92.72	83.40
17*	93.82	93.03	84.42
20*	94.00	93.37	85.44
23*	94.21	93.73	86.40
26*	94.46	94.10	87.54
29*	94.68	94.40	89.40
รวม	915.48	924.62	749.46
Tris trimulus values	89.77	92.46	88.54
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.33	
	y	0.34	
ค่า Y (% ความใส)	92.46		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:4 เวลา 1 วัน

Ordinate No.	**Wavelength (nm)**		
	%T		
	X	**Y**	**Z**
2*	83.176	89.171	89.171
5*	89.171	89.171	82.47
8*	91.781	91.208	83.535
11*	92.332	91.66	84.368
14*	92.655	91.946	85.164
17*	92.842	92.303	85.882
20*	93.001	92.594	86.606
23*	93.275	92.849	87.319
26*	93.426	93.039	88.148
29*	93.591	93.544	89.483
รวม	915.25	917.485	862.146
Tris trimulus values	89.75	91.74	101.85
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	91.74		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 วิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น5:1 เวลา 2วัน

Ordinate No.	**Wavelength (nm)**		
	%T		
	X	**Y**	**Z**
2*	89.12	91.16	88.33
5*	90.29	91.64	88.94
8*	92.19	91.98	89.30
11*	92.37	92.05	89.56
14*	92.33	89.81	92.66
17*	92.39	90.03	92.68
20*	92.57	90.28	92.78
23*	92.65	90.51	92.89
26*	92.72	90.80	92.92
29*	92.92	90.89	92.30
รวม	919.55	909.15	912.37
Tris trimulus values	90.17	90.91	107.78
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.31	
ค่า Y (% ความใส)	90.91		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 การวิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:2 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	90.68	92.52	89.78
5*	91.79	92.95	90.46
8*	93.31	93.15	90.85
11*	93.51	93.23	91.11
14*	93.62	93.36	91.37
17*	93.69	93.48	91.58
20*	93.67	93.54	91.81
23*	93.80	93.71	92.01
26*	93.80	93.77	92.29
29*	93.82	92.64	93.88
รวม	931.69	932.34	915.12
Tris trimulus values	91.36	93.23	108.11
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	93.23		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.17 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:3 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	87.30	89.61	86.32
5*	88.57	90.30	87.06
8*	90.99	90.68	87.49
11*	91.28	90.87	87.80
14*	91.45	91.06	88.08
17*	91.56	91.33	88.33
20*	91.70	91.48	88.60
23*	91.79	91.65	88.87
26*	91.96	91.77	89.20
29*	92.03	91.93	89.75
รวม	908.64	910.68	881.49
Tris trimulus values	91.36	93.23	108.11
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	91.06		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:4 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	89.13	91.02	88.37
5*	90.19	91.74	88.96
8*	92.40	92.08	89.32
11*	92.71	92.34	89.58
14*	92.97	92.57	89.81
17*	93.17	92.79	90.00
20*	93.24	92.94	90.22
23*	93.29	93.06	90.44
26*	93.41	93.29	90.77
29*	93.55	93.53	91.24
รวม	924.05	925.37	898.71
Tris trimulus values	90.61	92.53	106.17
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	92.53		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:1 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	72.96	82.70	69.11
5*	78.47	85.25	72.03
8*	87.17	86.30	73.76
11*	88.08	86.96	75.05
14*	88.60	87.52	76.30
17*	88.94	89.97	77.45
20*	89.27	88.39	78.61
23*	89.53	88.86	79.74
26*	89.79	89.30	81.17
29*	90.19	89.88	83.40
รวม	863.00	875.13	766.61
Tris trimulus values	84.62	87.51	90.57
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	87.51		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.20 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:2 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	74.91	83.66	71.46
5*	79.85	85.97	74.06
8*	87.78	86.99	75.61
11*	88.59	87.55	76.78
14*	89.07	88.10	77.89
17*	89.33	88.55	78.90
20*	89.73	88.90	79.96
23*	89.92	89.27	80.96
26*	90.14	89.71	82.24
29*	90.40	90.17	84.23
รวม	869.72	878.88	782.08
Tris trimulus values	85.28	87.89	92.39
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	87.89		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.21 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:3 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	75.40	84.49	71.82
5*	80.53	86.92	74.54
8*	88.72	87.91	76.12
11*	89.55	88.51	77.33
14*	90.00	89.06	78.49
17*	90.37	89.52	79.54
20*	90.59	89.84	80.63
23*	90.89	90.25	81.70
26*	91.15	90.64	83.03
29*	91.41	91.26	85.13
รวม	878.60	888.40	788.32
Tris trimulus values	86.16	88.84	93.13
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.32	
	y	0.33	
ค่า Y (% ความใส)	88.84		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก. 22 วิเคราะห์ค่าของสีของกลีเซอรอลที่ผ่านการบำบัดสีด้วยอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:4 เวลา 2 วัน

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
2*	86.46	87.80	86.00
5*	87.15	88.38	86.34
8*	89.00	88.75	86.55
11*	89.26	88.86	86.69
14*	89.39	89.13	86.85
17*	89.46	89.23	86.98
20*	89.54	89.36	87.14
23*	89.66	89.56	87.28
26*	89.79	86.61	87.51
29*	89.99	89.84	87.94
รวม	889.70	887.50	869.30
Tris trimulus values	87.24	88.75	102.69
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.31	
	y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	88.75		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 การวิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ เมื่อใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลต่อสารดูดซับ ที่สภาวะเหมาะสม

ตารางที่ ก.23 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ เมื่อใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านกัมมันต์ เป็น 5:2 เวลา 1 วัน เทียบกับกลีเซอรอลดิบ

Ordinate No.	กลีเซอรอลดิบ			กลีเซอรอลบำบัดด้วยถ่านกัมมันต์		
	%T			%T		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2*	89.13	91.02	88.37	80.21	88.72	76.66
5*	90.19	91.74	88.96	85.21	90.74	79.35
8*	92.40	92.08	89.32	92.29	91.64	81.00
11*	92.71	92.34	89.58	93.08	92.18	82.25
14*	92.97	92.57	89.81	93.52	92.72	83.40
17*	93.17	92.79	90.00	93.82	93.03	84.42
20*	93.24	92.94	90.22	94.00	93.37	85.44
23*	93.29	93.06	90.44	94.21	93.73	86.40
26*	93.41	93.29	90.77	94.46	94.10	87.54
29*	93.55	93.53	91.24	94.68	94.40	89.40
รวม	924.05	925.37	898.71	915.48	924.62	749.46
Tris trimulus values	90.61	92.53	106.17	89.77	92.46	88.54
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.44		X	0.31	
	y	0.39		Y	0.32	
ค่า Y (% ความใส)	**29.69**			**95.77**		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.24 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ เมื่อใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างกลีเซอรอลต่อถ่านจากแกลบ เป็น 5:3 เวลา 1 วัน เทียบกับกลีเซอรอลดิบ

Ordinate No.	กลีเซอรอลดิบ			กลีเซอรอลบำบัดด้วยถ่านจากแกลบ		
	%T			%T		
	X	Y	Z	X	Y	Z
2*	89.13	91.02	88.37	80.21	88.72	76.66
5*	90.19	91.74	88.96	85.21	90.74	79.35
8*	92.40	92.08	89.32	92.29	91.64	81.00
11*	92.71	92.34	89.58	93.08	92.18	82.25
14*	92.97	92.57	89.81	93.52	92.72	83.40
17*	93.17	92.79	90.00	93.82	93.03	84.42
20*	93.24	92.94	90.22	94.00	93.37	85.44
23*	93.29	93.06	90.44	94.21	93.73	86.40
26*	93.41	93.29	90.77	94.46	94.10	87.54
29*	93.55	93.53	91.24	94.68	94.40	89.40
รวม	924.05	925.37	898.71	915.48	924.62	749.46
Tris trimulus values	90.61	92.53	106.17	89.77	92.46	88.54
สัมประสิทธิ์ไตรโคมาติก	x	0.44		x	0.33	
	y	0.39		y	0.34	
ค่า Y (% ความใส)	**29.69**			**92.46**		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 การวิเคราะห์หาความหนาแน่น

ตารางที่ ก.25 การหาความหนาแน่น ของกลีเซอรอลดิบ

ครั้งที่	น้ำหนักขวดพิกโนมิเตอร์ รวมกับ		ค่าแก้ไขของแรงลอยตัว $A = p_a \times m_1$	ความหนาแน่น
	น้ำกลั่น (g)	กลีเซอรอลดิบ (g)		
1	26.9332	27.6194	0.0323	1.0236
2	27.2185	28.0221	0.0327	1.0276
3	27.0026	27.6782	0.0324	1.0231
			เฉลี่ย	**1.0248**

ตารางที่ ก.26 การหาความหนาแน่นของกลีเซอรอลบริสุทธิ์

ครั้งที่	น้ำกลั่น (g)	กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์	กลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านจากแกลบ	ค่าแก้ไขของแรงลอยตัว $A=p_a x m_1$	ความหนาแน่น	
				น้ำกลั่น	ถ่านกัมมันต์	ถ่านจากแกลบ
1	27.3950	34.6237	34.5947	0.03287	1.2613	1.2602
2	27.0639	34.1820	34.6188	0.03248	1.2624	1.2617
3	27.5021	34.7663	34.8169	0.03300	1.2615	1.2634
				เฉลี่ย	**1.2618**	**1.2617**

การคำนวณหาความหนาแน่น

กำหนดให้ p_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ ประมาณ 0.0012 g/ml

ตัวอย่างการคำนวณ

ค่าแก้ไขของแรงลอยตัว (Buoyancy correction,A)

$$A = p_a \times m_1$$

$$= (0.0012 \text{ g/ml})(26.9332)$$

$$= 0.0323$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่น (D) ครั้งที่ 1

$$D = \left(\frac{m_2 + A}{m_1 + A} \right) \times p_e$$

$$= \left(\frac{27.6194 \times 0.0323}{26.9332 \times 0.0323} \right) \times 0.9982$$

$$= 1.0236$$

ความหนาแน่น (D) ครั้งที่ เท่ากับ 1.0236

ก.7 การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-เบส

ตารางที่ ก.27 ความเป็นกรด-เบสของกลีเซอรอลดิบ

ครั้งที่	อุณหภูมิ (°C)	ค่า pH
1	30.10	9.98
2	29.90	9.97
3	30.00	9.97
	เฉลี่ย	**9.97**

ค่าความเป็นกรดหรือเป็นด่างของกลีเซอรอลดิบ เท่ากับ 9.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์กลีเซอรอล

ข.1 การวิเคราะห์หาปริมาณกลีเซอรอลร้อยละโดยน้ำหนัก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
2. ขวดวัดปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
3. กระจกนาฬิกา
4. ปิเปตขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. ขวดชมพู่ ขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7. พีเอชมิเตอร์

สารเคมี

1. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต
2. สารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอเดต

ละลายโซเดียมเปอร์ไอโอเดต 60 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.05 M จำนวน 120 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ถ้าสารละลายขุ่นให้กรองด้วยซินเตอร์กลาสครูซิเบิลที่มีขนาดช่อง 15 ถึง 40 ไมโครเมตร ถ่ายใส่ขวดสีน้ำตาลพร้อมจุกแก้วปิดสนิท แล้วเก็บไว้ในที่มืด

1. สารละลายเอทิลีนไกลคอล

ผสมสารละลายเอทิลีนไกลคอล 1 ส่วนกับน้ำกลั่น 1 ส่วน

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.2 M
3. โบรโมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์

ละลายโบรโมไทมอลบลูที่แห้ง 0.1 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.01 M จำนวน 16 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการบดในโกร่ง ถ่ายใส่ขวดวัด ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเขย่าให้เข้ากัน

1. สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 0.2 M
2. ฟีนอล์ฟทาลีน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1250 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1250 M

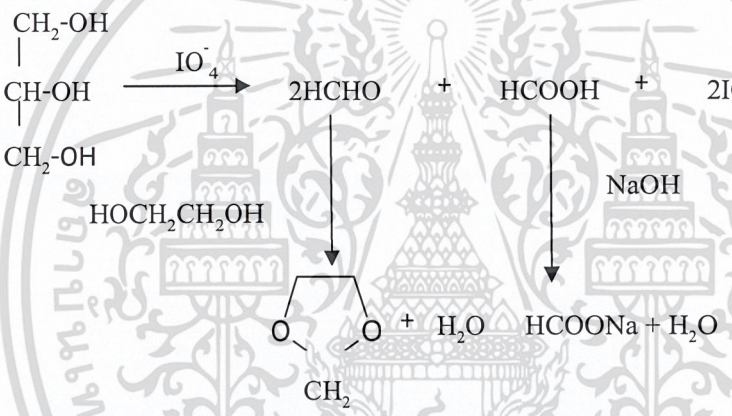
1. นำโซเดียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 10 กรัม ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ถ่ายลงในขนาดวัดปริมาตร ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร และเขย่าให้เข้ากัน

2. นำโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ประมาณ 1 กรัม ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และเติมฟีนอล์ฟทาลีน 0.5 มิลลิลิตร

3. นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ข้อ1) ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮโดรเจนพทาเลต จนได้สารละลายสีชมพู บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาดังสมการที่ ข.1

สมการที่เกี่ยวข้อง



ข.1

จากสมการ ข.1 จะเห็นว่ากลีเซอรอลจะถูกออกซิไดซ์ด้วยเปอร์ไอโอเดตได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบแอลดีไฮด์และกรดฟอร์มิก จากนั้นเมื่อเติมดีเทนไดออลลงไปจะเกิดปฏิกิริยากับแอลดีไฮด์ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอะซิทอลและน้ำ ซึ่งสารประกอบอะซิทอลนี้จะเสถียรเมื่ออยู่ ในสารละลายเบสจึงไม่เกิดปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นไทแทรนต์ ฉะนั้นใน ระบบกรดฟอร์มิกจึงเกิดปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือและน้ำ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งกลีเซอรอลตัวอย่างให้น้ำหนักอยู่ระหว่าง 0.50 กรัม

2. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร หยดโบรโมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์ 5 ถึง 7 หยด แล้วทำให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.2 โมลต่อลิตร

3. ปรับสารละลายให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.05 โมลต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2 และข้อ 3

5. ใช้ปิเปตดูดสารละลายโซเดียมเปอร์ไอโอเดตมาครั้งละ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลาย ตัวอย่างและแบลงก์ แกว่งบีกเกอร์เบาๆ แล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกาตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที เติมสารละลายอีเทนไดออล 10 มิลลิลิตร แกว่งบีกเกอร์เบาๆ แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่ มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 นาที

6. เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.125 โมลต่อลิตร โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเมื่อถึงจุดยุติ บันทึก ปริมาตรสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้จากบิวเรตให้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิลิตร

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณกลีเซอรอล ร้อยละ โดยน้ำหนัก} = \frac{9.209 \times M\,(T_1 - T_2)}{W}$$

เมื่อ T_1 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตกลีเซอรอลตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

T_2 คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์ (มิลลิลิตร)

M คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมเทียบเท่ากับความเข้มข้น 0.125 โมลต่อลิตร

W คือ น้ำหนักของกลีเซอรอลตัวอย่าง (กรัม)

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณกลีเซอรอลด้วยรีแฟคโตรมิเตอร์

นำกลีเซอรอลที่ต้องการวิเคราะห์มาหยดลงเครื่องรีแฟคโตรมิเตอร์ แล้วส่องหาค่าบริเวณที่มีแสงได้ค่าดัชนีหักเหแสง แล้วนำค่าที่ได้มาเทียบกับตารางรีแฟคโตรมิเตอร์ ดังภาคผนวก ฉ

ข.3 การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นหรือน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง
2. ตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิที่ 105 ± 10 องศาเซลเซียส

วิธีวิเคราะห์

1. นำถ้วยกระเบื้องใส่ในตู้อบ ควบคุมอุณหภูมิ 105 ± 10 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และนำชั่งน้ำหนัก

3. เติมสารตัวอย่างลงในถ้วยกระเบื้อง และนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 2 หรือ 5 กรัม

4. นำสารตัวอย่างไปอบ ที่อุณหภูมิ 105 ± 10 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที

5. นำตัวอย่างออกจากตู้อบและนำไปใส่ในเดซิเคเตอร์

6. ชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องรวมกับตัวอย่าง

วิธีคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้นหรือน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักสารก่อนระเหย} - \text{น้ำหนักสารหลัง}}{\text{น้ำหนักสารก่อนระเหย}} \times 100$$

ก.4 การวิเคราะห์หาค่าสี

การหาค่าสีด้วยวิธีสเปคโตรโฟโตเมตริก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่นช่วง 400-700 นาโนเมตร ช่วงแสง 1 เซนติเมตร หรือน้อยกว่านั้น

วิธีวิเคราะห์

การหาลักษณะทางกายภาพ ด้านการยอมให้แสงผ่าน

1. ทำความสะอาดเซลล์สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (cuvette) ด้วยน้ำยาทำความสะอาดและล้างด้วยน้ำกลั่น ทำความสะอาดผิวภายนอกของเซลล์ด้วยกระดาษสำหรับเช็คเลนส์

2. เปิดเครื่องให้ทำงาน (warm up) อย่างน้อย 10 นาที ใช้กลีเซอรอลบริสุทธิ์เกรดวิเคราะห์เป็นแบลงค์ เพื่อตั้งให้ค่าทรานส์มิตแตนซ์เป็น 100%

นำตัวอย่างกลีเซอรอลมาวัดค่าทรานส์มิตแตนซ์ (%T) แต่ละความยาวคลื่น ดังตารางที่ ข.1 ถ้าต้องการความถูกต้องปานกลางวัดเฉพาะความยาวคลื่นที่มีเครื่องหมายดอกจัน (10 โคออร์ดิเนต) แต่ถ้าต้องการความถูกต้องสูงมากต้องวัดทั้ง 30 โคออร์ดิเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 โคออร์ดิเนต ที่ต้องการวัดในการวัดสีด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

Ordinate No.	Wavelength (nm)		
	%T		
	X	Y	Z
1	424.4	465.9	414.1
2*	435.5*	489.5*	422.2*
3	443.9	500.4	426.3
4	452.1	508.7	429.4
5*	461.2*	515.2*	432.0*
6	474.0	520.6	434.3
7	531.2	525.4	436.5
8*	544.3*	529.8*	438.6*
9	552.4	533.9	440.6
10	558.7	537.7	442.5
11*	564.1*	541.4*	444.4*
12	568.9	544.9	446.3
13	573.2	548.4	448.2
14*	577.4*	551.8*	450.1*
15	581.3	555.1	452.1
16	585	558.5	454.0
17*	588.7*	561.9*	455.9*
18	592.4	565.3	457.9
19	596	568.9	459.9
20*	599.6*	572.5*	462.0*
21	603.3	576.4	466.3
22	307	480.4	466.3
23*	610.9*	584.8*	468.7*
24	615	589.6	471.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

Ordinate No.	**Wavelength (nm)**		
	%T		
	X	Y	Z
25	619.4	5948	474.3
26*	624.2*	600.8*	477.7*
27	529.8	607.7	481.8
28	636.6	616.1	487.2
29*	645.9*	627.3*	495.2*
30	663	647.4	511.2
แฟคเตอร์ที่นำไปคูณเมื่อใช้ 30 โคออร์ดิเนต			
	0.03269	0.03333	0.03938
แฟคเตอร์ที่นำไปคูณเมื่อใช้ 10 โคออร์ดิเนต			
	0.09806	0.1	0.114814

*ในการบันทึกผลให้แทรกแต่ละคอลัมน์ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่านได้ (% transmittance value) ของแต่ละความยาวคลื่น

<u>วิธีคำนวณ</u>

1. <u>การหา tri-stimulus values</u>

หาผลรวม %T ของแต่ละช่วง (X,Y,Z) จากนั้นคูณด้วยแฟคเตอร์ที่เหมาะสมด้านท้ายตาราง เมื่อใช้ 10 หรือ 30 โคออร์ดิเนต) ค่า Y ที่ได้จะเป็นเปอร์เซ็นต์ความใส

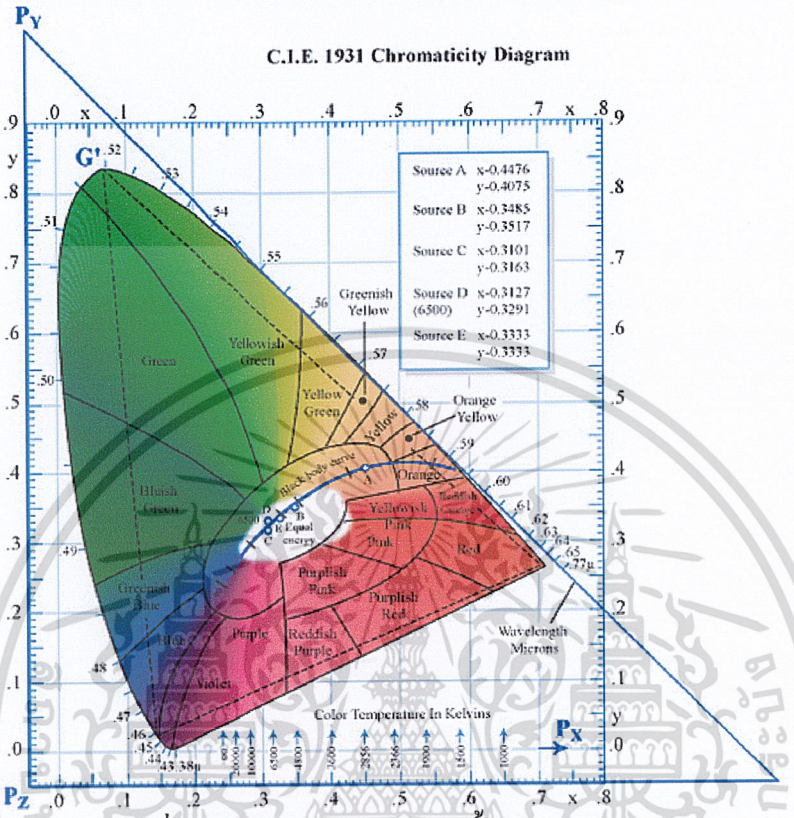
2.<u>หาสัมประสิทธิ์ไตรโครมาติก (x,y)</u>

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-พลอตค่า x,y ลงในไดอะแกรมโครมาติซิตี้ (Chromaticity Diagram) ในรูปที่ ข.1 หาความยาวคลื่นเด่น (ในหน่วยนาโนเมตร) และเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ได้โดยตรงจากไดอะแกรมและหาตัวสีจากค่าความยาวคลื่นเด่น จากตารางที่ ข.2



รูปที่ ข.1 ไดอะแกรมโครมาติซิตี้ (Chromaticity Diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ตัวสีจากความยาวคลื่นที่เด่น

ช่วงความยาวคลื่น (nm)	สี
400-465	ม่วง
465-482	คราม
482-497	น้ำเงินแกมเขียว
467-530	เขียว
530-575	เขียวอ่อน (เขียวแกมเหลือง)
575-580	เหลือง
580-587	เหลืองส้ม
587-598	ส้ม
598-620	ส้มแดง
620-700	แดง
400-350 c*	น้ำเงินม่วง
530-700*	แดงม่วง

หมายเหตุ C* จากไดอะแกรมโครมาติซิตี้ ที่เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์น้อยๆ

ข.5 การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-เบส

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง pH/กระดาษลิตมัส
2. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. เติมสารตัวอย่าง ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. วัดโดยเครื่องวัด pH/กระดาษลิตมัส

ข.6 การวิเคราะห์หาความหนาแน่น

หาความหนาแน่น ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. พิกโนมิเตอร์ (Pyknometer) ขนาด 25 มิลลิลิตร
2. เทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ

สารเคมี

1. อะซิโตน
2. น้ำกลั่น

วิธีวิเคราะห์

1. นำขวดพิกโนมิเตอร์มาล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่นและอะซิโตน นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 นาที

2. นำขวดพิกโนมิเตอร์ไปวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 20 $\pm$1 องศาเซลเซียส เติมน้ำกลั่นด้วยปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตรจนเต็ม ปิดฝาให้น้ำกลั่นล้นออกมา ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เช็ดขวดให้แห้งด้วยอะซิโตน และนำไปชั่งน้ำหนัก

3. ทำการทดลอง ข้อ 1-3 อีก 2 ซ้ำการทดลอง

4. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1-3 แต่ใช้สารตัวอย่างแทน

คำนวณ

$$D = \frac{m_2 + A \times p_e}{m_1 + A}$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของสารตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

m_1 คือ น้ำหนักขวดพิกโนมิเตอร์รวมกับน้ำหนักน้ำกลั่น (กรัม)

m_2 คือ น้ำหนักขวดพิกโนมิเตอร์เปล่ารวมกับน้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม)

p_e คือ ความหนาแน่นของน้ำ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (0.9982 กรัมต่อมิลลิลิตร)

A คือ ค่าแก้ไขของแรงลอยตัว (buoyancy correction) เมื่อ $A = p_a \times m_1$

กำหนด p_a คือ ความหนาแน่นของอากาศ ประมาณ 0.0012 กรัมต่อมิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การจำแนกคุณภาพและการวิเคราะห์กลีเซอรอล [47]

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แบ่งกลีเซอรอลออกเป็น 2 ประเภท คือ กลีเซอรอลดิบ และกลีเซอรอลบริสุทธิ์

กลีเซอรอลที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ จนมีลักษณะเหมาะสมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมอาหาร บุหรี่ วัตถุระเบิด และอุตสาหกรรมอื่นๆ

1.กลีเซอรอลบริสุทธิ์ แบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ คือ

1. ชั้นคุณภาพเคมี (chemical grade)
2. ชั้นคุณภาพไดนาไมต์ (dynamite grade)
3. ชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม (technical grade)
4. ชั้นคุณภาพยา (pharmaceutical grade) โดยมีเกณฑ์กำหนดชั้นคุณภาพกลีเซอรอลบริสุทธิ์ ดังปรากฏในตารางที่ ค.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แสดงเกณฑ์กำหนดชั้นคุณภาพของกลีเซอรีนบริสุทธิ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

รายการที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด						
		กลีเซอรีนดิบจากการแยกสลายไขมัน	กลีเซอรีนดิบจากอุตสาหกรรมสบู่	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพเคมี	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพไดนาไมต์	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพยา	วิธีทดสอบตาม
1	กลีเซอรีน (ร้อยละ โดยน้ำหนักไม่น้อย กว่า)	88.0	88.0	99.0	99.0	99.0	95.0	BS 5711:part3
2	เถ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ไม่เกิน	1.0	10.0	-	-	-	-	ISO 2098
3	น้ำ (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ไม่เกิน	-	10.0	-	-	-	-	ISO 2097
4	สารอินทรีย์ที่ไม่ใช่ กลีเซอรีน (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ไม่เกิน	1.5	2.5	-	-	-	-	ISO 2464
5	สารหนู (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม) ไม่เกิน	2.0	2.0	20.0	-	-	1.5	มอก. 1281
6	โพรเพน -1,3-ไดออล (ร้อยละโดยน้ำหนัก) ไม่เกิน	0.5	0.5	-	-	-	-	BS 5711:part11
7	น้ำตาล	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	ต้องไม่พบ	-	-	-	BS 5711:part18
8	ค่าของสีโลวิบอนด์สเกลในเซลล์ขนาด 113 มิลลิเมตร ไม่ เกิน	-	-	-	(5.oY+1.2R)	(5.oY+1.2R)	(5.oY+1.2R)	BS 2621-5
12	เถ้าซัลเฟต (มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม) ไม่เกิน	-	-	0.010	0.010	0.010	0.010	ISO1616
13	ตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)ไม่เกิน	-	-	1.0	-	-	-	BS2621-5
14	โลหะหนักทั้งหมด (เทียบเป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ไม่เกิน	-	-	5.0	-	-	5	BS 5711:part15
15	คลอไรด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)ไม่เกิน	-	-	-	0.010	0.010	0.010	BS 5711:part12
16	ขีดจำกัดปริมาณคลอไรด์	-	-	สารละลายที่ได้ต้องไม่ขุ่น	-	-	-	BS 5711:part13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการที่	ลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด						
		กลีเซอรีนดิบจากการแยกสลายไขมัน	กลีเซอรีนดิบจากอุตสาหกรรมสบู่	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพเคมี	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพไดนาไมต์	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพอุตสาหกรรม	กลีเซอรีนชั้นคุณภาพยา	วิธีทดสอบตาม
17	ขีดจำกัดปริมาณคลอไรด์อินทรีย์	-	-	สารละลายที่ได้ต้องไม่ขุ่นกว่าสารละลายควบคุม	-	-	-	BS 5711:part14
18	เหล็ก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ไม่เกิน	-	-	-	-	2.0	-	BS 5711:part16
19	สารประกอบคลอรีน (คำนวณเป็นคลอไรด์) ร้อยละโดยน้ำหนักเกิน	-	-	-	-	-	0.003	USP
20	ซัลเฟตร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	-	-	-	-	-	0.002	USP
21	ขีดจำกัดปริมาณสารรีดิวซ์	-	-	สีของสารละลายต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายมาตรฐาน	สีของสารละลายต้องไม่เข้มกว่าสีของสารละลายมาตรฐาน	-	-	BS 5711:part20
22	สปอนนิฟิเคชันอิควิเวเลนซ์มิลลิอิควิเวเลนซ์ต่อ 100 กรัมไม่เกิน	-	-	0.64	0.64	-	-	BS 5711:part21
23	กรดไขมันและเอสเทอร์	-	-	-	-	-	ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 0.5 M ไม่เกิน 1 ลบ.ซม.	USP

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2538[47]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

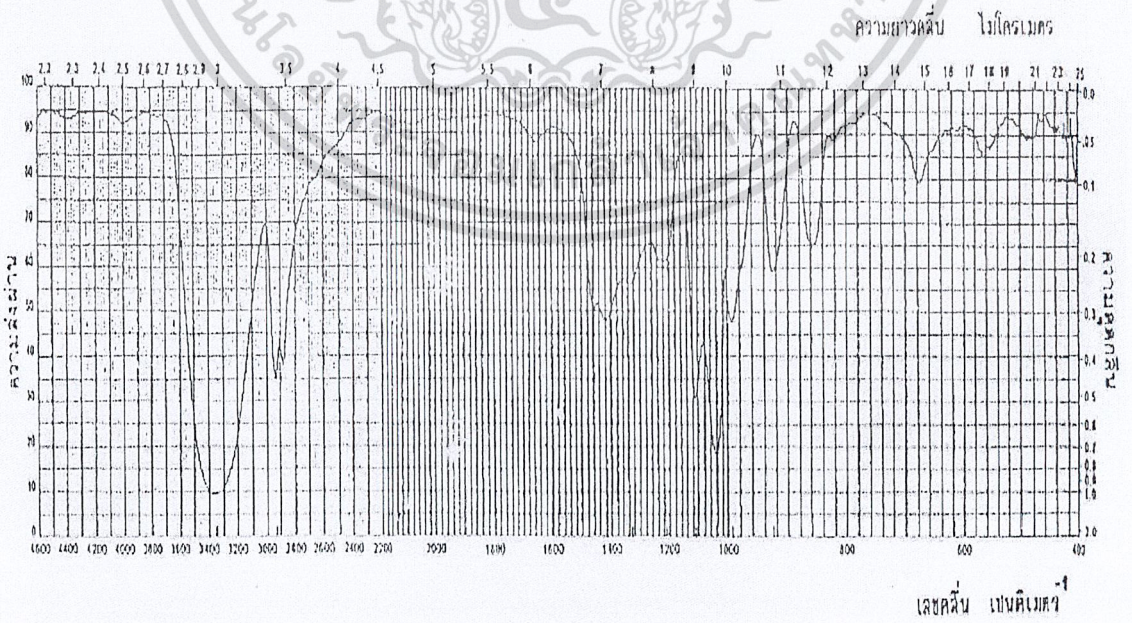
2.การทดสอบลักษณะเอกลักษณ์

การทดสอบลักษณะบ่งเอกลักษณ์จะใช้เครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ทดสอบโดยการหยดตัวอย่างลงบนแผ่นเซลล์ ทำตัวอย่างให้เป็นฟิล์มบางๆ และนำไปทดสอบด้วยเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรโฟโตรมิเตอร์ แล้วตรวจสอบลักษณะสเปคตรัมที่ได้ตามตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 ช่วงความยาวคลื่นและลักษณะสเปคตรัมที่สำคัญของกลีเซอรอล

ช่วงความยาวคลื่น (cm)	ลักษณะสเปคตรัม
3600-3100	แถบกว้างที่มีความเข้มสูง
2900 (ค่าประมาณ)	พีคกว้างที่แยกเป็นคู่
1600 (ค่าประมาณ)	ปรากฏพีค
1500-1200	ปรากฏพีคแถบกว้างในย่านนี้
1410 1330 และ 1220	ปรากฏพีค
1100 1040 1000 900 และ 850 (ค่าประมาณ)	พีคที่มีความเข้มสูง

<u>หมายเหตุ</u> กลีเซอรอลบริสุทธิ์ที่มีปริมาณน้อย อาจปรากฏพีคไม่ชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1650 เซนติเมตร



รูปที่ ค.1 แสดงตัวอย่างสเปคตรัมของกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

กลีเซอรอลต้องเป็นของเหลวข้น และปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

3.2 ลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

เป็นไปตามตารางที่ ค.1

4.การบรรจุ

4.1 ให้บรรจุกลีเซอรอลบริสุทธิ์ในภาชนะที่เหมาะสม สะอาด แห้ง และปิดได้สนิท

4.2 หากมิได้ตกลงกันเป็นอย่างอื่น น้ำหนักสุทธิของกลีเซอรอลบริสุทธิ์ในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่า 250 กิโลกรัม

5.เครื่องหมายและฉลาก

5.1 บนภาชนะบรรจุกลีเซอรอลบริสุทธิ์ทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายและชัดเจน

1. คำว่า “กลีเซอรอลบริสุทธิ์”
2. ชั้นคุณภาพ
3. น้ำหนักสุทธิ เป็นกิโลกรัม
4. เดือน ปีที่ทำ และ/หรือรหัสรุ่นที่ทำ
5. ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

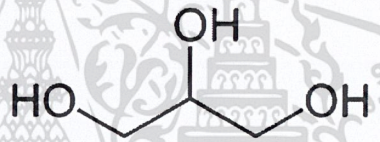
5.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS) ของกลีเซอรอล

1. การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC	: 1,2,3-Propanetriol ; 1,2,3,-Trihydroxypropane
ชื่อเคมีทั่วไป	Glycerol ; Glycerin
ชื่อพ้องอื่นๆ	Glycerol ; D-glycerol ; L-glycerol ; Glyceritol ;Glycyl alcohol ; Trihydroxypropane ; Glycerin mist ;Polyhydric
สูตรโมเลกุล	$C_3H_5(OH)_3$
สูตรโครงสร้าง	
รหัส CAS NO	56-81-5
รหัส RTECS	MA 8050000
รหัสEUEINECS/ELINCS	200-289-5

2. การใช้ประโยชน์ (Uses)

- ใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อน, ใช้วัดจุดเดือด

3. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD_{50}(มก./กก.)	12600 (หนู
LC_{50}(มก./ม3)	>570 / 1 ชั่วโมง (หนู)
PEL-TWA(ppm)	3.99
TLV-TWA(ppm)	1.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ	ของเหลว
LC_{50}(มก./ม3)	>570 / 1 ชั่วโมง (หนู)
สี	ใสคล้ายน้ำมัน
กลิ่น	: ไม่มีกลิ่น
นน.โมเลกุล (g/mol)	92.09
จุดเดือด(0°C)	290
จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(0 °C)	18
ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1)	1.26
ความหนืด(mPa.sec)	1400
ความดันไอ(mmHg)	0.0025(ที่ 0°C)
ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1)	3.1
ความสามารถในการละลายน้ำที่(g/100 ml.)	ละลายน้ำได้ ที่ 20 °C
ความเป็นกรด-ด่าง(pH)	5 ที่ 20°C
แฟคเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm	3.77 mg/m^3

5. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ	- การหายใจเข้าไป เนื่องจากไอระเหยมีความดันต่ำการสูดดมไอระเหยที่อุณหภูมิห้องจะไม่เกิดขึ้น การสูดดมละออง/ไอของสารนี้เข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ
สัมผัสทางผิวหนัง :	- การสัมผัสถูกผิวหนัง จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง
กินหรือกลืนเข้าไป :	- การกลืนหรือกินเข้าไป มีความเป็นพิษต่ำ อาจจะทำให้คลื่นไส้ ปวดศีรษะ ท้องร่วง
สัมผัสถูกตา :	- การสัมผัสถูกตา จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- ความคงตัวทางเคมี : สารนี้เสถียรที่สภาวะปกติของการใช้งาน และการเก็บ
- สารที่เข้ากันไม่ได้ : สารออกซิไดซ์เข้มข้น
- สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง : ความร้อน เปลวไฟ แหล่งจุดติดไฟ และสารที่เข้ากันไม่ได้
- สามารถเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับอะซิติกแอนไฮแคลเซียมออกรีคลอไรด์ แคดเมียมออกไซด์ อัลคาไลน์ เมทอล และไฮไดรด์
- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว : ถ้าเกิดเพลิงสารนี้จะสลายตัวให้แก๊สและไอระเหยที่เป็นพิษ
- อันตรายเกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ : จะไม่เกิดขึ้น
- Glycerin จะสลายตัวเมื่อสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 290 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดก๊าซพิษ (Acrolein)

7. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ($0^{\circ}C$)	199
จุดลุกติดไฟได้เอง($0^{\circ}C$)	370
ค่า LEL %	0.9
NFPA Code	NFPA 704 Code

- สารดับเพลิง : ใช้วิธีที่เหมาะสมสำหรับการดับเพลิงโดยรอบ
- ฉีดน้ำให้เป็นฝอยสามารถดับเพลิงบริเวณโดยรอบและใช้ในการหล่อเย็นภาชนะที่ถูกเพลิงเผาไหม้
- ฉีดน้ำให้เป็นฝอยจะช่วยลดไอและก๊าซที่ทำให้เกิดการระคายเคือง
- ข้อมูลพิเศษในเหตุการณ์เกิดเพลิงไหม้ สวมใส่ชุดป้องกันสารเคมีและอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมกับหน้ากากแบบเต็มหน้า

8. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- เก็บโดยมีการป้องกันความเสียหายทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เก็บห่างจาก สารที่เข้ากันไม่ได้

- ภาชนะบรรจุของสารที่เป็นถังเปล่า แต่มีกากสารเคมีตกค้างอยู่ เช่น ไอระเหย ของเหลว อาจเป็นอันตรายได้

- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้ไว้สำหรับสารนี้

9. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- วิธีเมื่อเกิดอุบัติเหตุรั่วไหล ระบายอากาศพื้นที่ที่สารหกรั่วไหล

- ให้สวมอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม

- เก็บและเอาของเหลวคืนกลับมาใช้ใหม่เมื่อเป็นไปได้

- เก็บรวบรวมของเหลวในภาชนะบรรจุที่เหมาะสมหรือดูดซับด้วยวัสดุเฉื่อย เช่น แร่หิน ทราย (Vermiculite) ทรายแห้ง ดิน (Earth)และเก็บใส่ในภาชนะบรรจุกากของเสียทางเคมี

- อย่าใช้วัสดุติดไฟได้ เช่น ขี้เลื่อย

- อย่าฉีดล้างลงท่อระบายน้ำ

- ไม่ว่าสารอะไรก็ตามไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างปลอดภัย ควรนำไปกำจัดเช่นเดียวกับของเสีย

- วิธีการกำจัดของเสียจะต้องสอดคล้องกับกฎระเบียบของทางราชการ

10. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป :	- ถ้าหายใจเข้าไป ให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกมาสู่บริเวณที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วยให้นำส่งไปพบแพทย์
กินหรือกลืนเข้าไป :	-ถ้ากลืนกินเข้าไป กระตุ้นให้อาเจียน ห้ามให้สิ่งใดเข้าปากผู้ป่วยที่หมดสติ และนำส่งไปพบแพทย์ทันที
สัมผัสถูกผิวหนัง :	- ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำและสบู่ปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15 นาที พร้อมกับถอดเสื้อผ้าที่เปรอะเปื้อนสารเคมีออก ทำความสะอาดเสื้อผ้าและรองเท้าก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ นำส่งไปพบแพทย์
สัมผัสถูกตา :	- ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ล้างออกด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ 15 นาที พร้อมกระพริบตาถี่ ขณะทำการล้างนำส่งไปพบแพทย์

12. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- ห้ามทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ น้ำเสีย หรือดิน
- สารนี้สามารถถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย
- เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำสารนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำในระดับต่ำ
- จะไม่ก่อให้เกิดผลต่อระบบนิเวศน์ หากมีการใช้และจัดการกับผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม

13. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 0500,0600

วิธีการเก็บตัวอย่าง : กระดาษกรอง หลอดเก็บตัวอย่าง อิมพิ้นเจอร์

วิธีการวิเคราะห์ : ชั่งน้ำหนัก

ข้อมูลอื่น ๆ : - การเก็บตัวอย่างใช้ : 5 um PVC filter

- อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง : 1-2 ลิตรต่อนาที
- ปริมาตรเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด : ต่ำสุด 7 ลิตร, สูงสุด 133 ลิตร

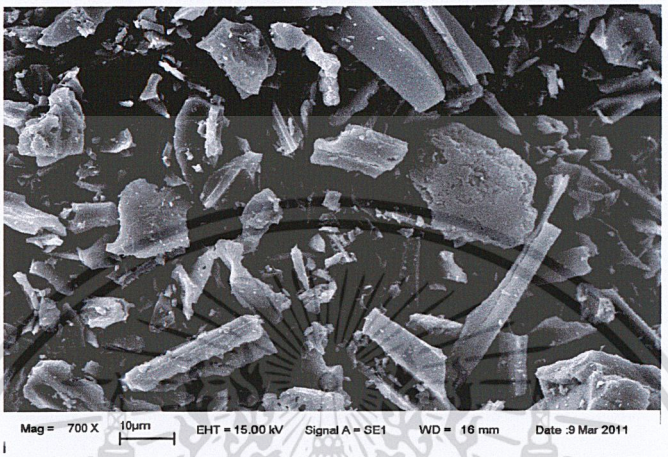
14. **การปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน (Emergency Response)**

- กรณีฉุกเฉินโปรดใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติภัยจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650
- ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมโปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447,02298245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

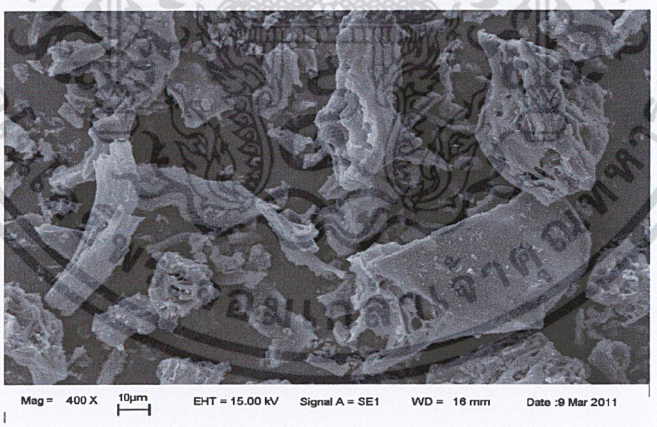
ภาคผนวก จ
โครงสร้างของสารดูดซับ

1. ถ่านกัมมันต์



รูปที่ จ.1 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์

2. ถ่านจากแกลบ



รูปที่ จ.2 โครงสร้างของถ่านจากแกลบ

จากการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะรูปร่างของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเมื่อหาอัตราส่วนระหว่างกว้างต่อยาวของถ่านกันมันต์และถ่านจากแกลบ เท่ากับ 0.32549 ± 0.21831 และ 0.41336 ± 0.17618 ลำดับ ซึ่งอัตราส่วนต่างกัน แต่สามารถบำบัดสีของถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ 90% ขึ้นไป ดังนั้นจึงเป็นผลดีที่สามารถปรับปรุงคุณภาพของถ่านจากแกลบจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรือจากโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

Refractive Index of Glycerine-Water Solutions at 20°C (69°F)[48]

Glycerine % By Weight	Refractive Index n_D^{20}	Difference for 1%	Glycerine % By Weight	Refractive Index n_D^{20}	Difference for 1%
100	1.47399	0.00165	50	1.39809	0.00149
99	1.47234	0.00163	49	1.39660	0.00147
98	1.47071	0.00161	48	1.39513	0.00145
97	1.46909	0.00157	47	1.39368	0.00141
96	1.46752	0.00156	46	1.39227	0.00138
95	1.46597	0.00154	45	1.39089	0.00136
94	1.46443	0.00153	44	1.38953	0.00135
93	1.46290	0.00151	43	1.38818	0.00135
92	1.46139	0.00151	42	1.38683	0.00135
91	1.45989	0.00151	41	1.38548	0.00135
90	1.45839	0.00150	40	1.38413	0.00135
89	1.45689	0.00150	39	1.38278	0.00135
88	1.45539	0.00150	38	1.38143	0.00135
87	1.45389	0.00152	37	1.38008	0.00134
86	1.45237	0.00152	36	1.37874	0.00134
85	1.45085	0.00155	35	1.37740	0.00134
84	1.44930	0.00156	34	1.37606	0.00134
83	1.44770	0.00160	33	1.37472	0.00134
82	1.44612	0.00162	32	1.37338	0.00134
81	1.44450	0.00160	31	1.37204	0.00134
80	1.44290	0.00155	30	1.37070	0.00134
79	1.44135	0.00153	29	1.36936	0.00134
78	1.43982	0.00150	28	1.36802	0.00133
77	1.43832	0.00149	27	1.36669	0.00133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

76	1.43683	0.00149	26	1.36536	0.00132
75	1.43534	0.00149	25	1.36404	0.00132
74	1.43385	0.00149	24	1.36272	0.00131
73	1.43236	0.00149	23	1.36141	0.00131
72	1.43087	0.00149	22	1.36010	0.00131
71	1.42938	0.00149	21	1.35879	0.00130
70	1.42789	0.00149	20	1.35749	0.00130
69	1.42640	0.00149	19	1.35619	0.00129
68	1.42791	0.00149	18	1.35490	0.00129
67	1.42342	0.00149	17	1.35361	0.00128
66	1.42193	0.00149	16	1.35233	0.00127
65	1.42044	0.00149	15	1.35106	0.00126
64	1.41895	0.00149	14	1.34980	0.00126
63	1.41746	0.00149	13	1.34854	0.00125
62	1.41597	0.00149	12	1.34729	0.00125
61	1.41448	0.00149	11	1.34604	0.00123
60	1.41299	0.00149	10	1.34481	0.00122
59	1.41150	0.00149	9	1.34359	0.00121
58	1.41001	0.00149	8	1.34238	0.00120
57	1.40852	0.00149	7	1.34118	0.00119
56	1.40703	0.00149	6	1.33999	0.00119
55	1.40554	0.00149	5	1.33880	0.00118
54	1.40405	0.00149	4	1.33762	0.00117
53	1.40256	0.00149	3	1.33645	0.00115
52	1.40107	0.00149	2	1.33530	0.00114
51	1.39958	0.00149	1	1.33416	0.00113
			0	1.33303	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ต้นทุนที่ใช้

ช.1 การเปรียบเทียบระหว่างกลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

กลีเซอรอลที่บำบัดให้บริสุทธิ์ 100 กรัม

ตารางที่ ช.1 การเปรียบเทียบราคาของกลีเซอรอลที่บำบัดสีด้วยถ่านกัมมันต์และถ่านจากแกลบ

วัตถุดิบ	ขนาด	ราคา(บาท)	ปริมาณใช้	ราคาที่ใช้(บาท)
1.กรดซัลฟิวริก (AR)	2.5 L	650	60 ml	15.6
2.เฮกเซน (AR)	2.5 L	390	75 ml	11.7
2.โซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR)	1 kg	200	40 g	8
3.ถ่านกัมมันต์ (AR)	1 kg	450	20 g	9
4.ถ่านจากแกลบ	2 kg	8	20 g	0.08

1. คิดต้นทุนรวมของการบำบัดกลีเซอรอลด้วยถ่านกัมมันต์

ราคาต้นทุนในกระบวนการบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์

= 15.6+11.7+8+9

= 44.3

= 44.3 บาท/กลีเซอรอลบริสุทธิ์ 100 กรัม

ดังนั้น ราคาต้นทุนการบำบัดกลีเซอรอลด้วยถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 44.3 บาท/กลีเซอรอลบริสุทธิ์ 100กรัม

2. คิดต้นทุนรวมของการบำบัดกลีเซอรอลด้วยถ่านจากแกลบ

ราคาต้นทุนในกระบวนการบำบัดกลีเซอรอลให้บริสุทธิ์ด้วยถ่านกัมมันต์

= 15.6+11.7+8+0.08

= 35.38

= 35.38 บาท/กลีเซอรอลบริสุทธิ์ 100 กรัม

ดังนั้น ราคาต้นทุนการบำบัดกลีเซอรอลด้วยถ่านจากแกลบ เท่ากับ 35.38 บาท/กลีเซอรอลบริสุทธิ์ 100 กรัม

หมายเหตุ

-ราคาสารเคมี ณ ห้อง 510 ชั้น 5 ตึกจุฬาภรณ์ 1 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล.

-ราคาถ่านจากแกลบ= 2 กิโลกรัม 8 บาท จาก

www.charcoal.snmcenter.com/.../manufacter%20husk.ph

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้