


ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันและอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลาย
กรดกำมะถันในปฏิกิริยาซัลเฟชันของกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัว



นางสาวบุญรัตน์ ปีบัว

ศูนย์วิทยุทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SULFURIC ACID CONCENTRATION AND SULFURIC ACID TO SOYBEAN
OIL RATIO ON SULFATION OF UNSATURATED GLYCERIDES



Miss Boonrut Peebua

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันและอัตราส่วน
ของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันในปฏิกิริยา
ซัลเฟชันของกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัว

โดย

นางสาว บุญรัตน์ ปีบัว

สาขาวิชา

วิศวกรรมเคมี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. อาทิวรรณ โชติพิถรณ์)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. นวพล เหล่าศิริพงษ์)

บุญรัตน์ ปิบัว : ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันและอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันในปฏิกิริยาซัลเฟชันของกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัว. (EFFECTS OF SULFURIC ACID CONCENTRATION AND SULFURIC ACID TO SOYBEAN OIL RATIO ON SULFATION OF UNSATURATED GLYCERIDES) อ. ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช, 87 หน้า.

ปฏิกิริยาระหว่างกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัวในน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน ได้ทำการทดลองแบบกะ ณ อุณหภูมิห้อง โดยศึกษาผลของเวลาในการกวน ความเร็วรอบในการกวน ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักกับน้ำมันถั่วเหลืองด้วยอัตราส่วนผสม 0.2 ความเร็วรอบในการกวน 500 รอบต่อนาที ร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่สภาวะสมดุลมีค่าเท่ากับ 0.49 ร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสาร 30 นาที เพิ่มจาก 0.4 เป็น 1.4 เมื่ออัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันต่อน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มจาก 0.2 เป็น 1.8 และนอกจากนี้ร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันสามารถเพิ่มได้ถึง 2.8 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันไปถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก แต่น้ำมันที่ได้จะมีสีเข้มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต..... ^{บุญรัตน์} ปิบัว
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... *Dr. Chatchiravech*
ปีการศึกษา.....2552.....

4970409521 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : SULFURIC ACID / UNSATURATED GLYCERIDES / SOYBEAN OIL

BOONRUT PEEBUA : EFFECTS OF SULFURIC ACID CONCENTRATION AND
SULFURIC ACID TO SOYBEAN OIL RATIO ON SULFATION OF
UNSATURATED GLYCERIDES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. DEACHA
CHATSIRIWECH, Ph.D., 87 pp.

Reaction of soybean oil unsaturated glycerides with sulfuric acid was carried out batchwisely at room temperature. Effects of reacting period, agitation speed, sulfuric acid concentrations and sulfuric acid to soybean oil ratio on conversion of sulfuric acid were investigated.

For 30% sulfuric acid concentration, acid solution to oil ratio of 0.2, and agitation speed of 500 rpm, the equilibrium conversion of sulfuric acid was approximately 0.49%. The conversion of sulfuric acid for 30 min reaction period was improved from 0.4% to 1.4% by increasing the acid solution to oil ratio from 0.2 to 1.8. In addition, much more improvement of conversion was obtained by increase in the acid concentration to 70% but the oil product become dark.

Department : Chemical Engineering

Field of Study : Chemical Engineering

Academic Year : 2552

Student's Signature Boonrut Peebua

Advisor's Signature Decha Chatsiriwech

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.เดชา นัตรศิริเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับทำให้คำปรึกษา ความเอาใจใส่ และคำแนะนำที่ดีตลอดมา รวมทั้งกรุณาตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์เพื่อให้ได้วิทยานิพนธ์ที่มีความสมบูรณ์ถูกต้อง รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี วงศ์ศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์วรรณ โชติพิภุภย์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.นพดล เหล่าศิริพจน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และความช่วยเหลือในการตรวจสอบเนื้อหาวิทยานิพนธ์ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกช่วยเหลือในการวิจัยและการดำเนินการเรื่องงานเอกสารต่างๆด้วยดีตลอดมา และเพื่อนๆที่น้องในแลป Process System Engineering ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่ดีเพื่องานวิจัยที่สมบูรณ์

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ที่คอยช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยุทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ลิพิด.....	4
2.2 สมบัติทางกายภาพของ ไขมันและน้ำมัน.....	9
2.3 สมบัติทางเคมีของ ไขมันและน้ำมัน.....	11
2.4 ถั่วเหลือง.....	16
2.5 น้ำมันถั่วเหลือง.....	20
2.6 สารลดแรงตึงผิว.....	22
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3. วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 การศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	26
3.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	27
3.3 การศึกษาผลของความเร็วยกวนในการกวนที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง น้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	28

บทที่	หน้า
3.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	29
4. วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	30
4.1 ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม.....	30
4.2 ผลของเวลาในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	31
4.3 ผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	35
4.4 ผลของความเร็วยวรอบในการกวนที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน.....	37
4.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันกับ.....	39
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	43
รายการอ้างอิง.....	44
ภาคผนวก.....	45
ภาคผนวก ก.	46
ภาคผนวก ข.	52
ภาคผนวก ค.	58
ภาคผนวก ง.	62
ภาคผนวก จ.	67
ภาคผนวก ฉ.	71
ภาคผนวก ช.	81
ภาคผนวก ซ.	84
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	87

สารบัญตาราง

2.1	แสดงปริมาณของไขมันในอาหารบางชนิด.....	6
2.2	แสดงปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากพืชและสัตว์.....	8
2.3	แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันบางชนิด.....	9
2.4	แสดงค่าความหนืดของไขมันและน้ำมันบางชนิด.....	10
2.5	แสดงสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ.....	13
2.6	แสดงปริมาณการผลิตถั่วเหลืองในแต่ละประเทศ.....	16
2.7	แสดงปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันถั่วเหลือง.....	22
4.1	แสดงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม.....	31
ก.1	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่เวลาการวนสารต่างๆ.....	46
ก.2	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาการวนสารต่างๆ.....	49
ก.3	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาการวนสารต่างๆ.....	51
ข.1	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	52
ข.2	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	55
ข.3	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	57
ค.1	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ.....	58
ค.2	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ.....	60

ค.3	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ.....	61
ง.1	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	62
ง.2	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	64
ง.3	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	66
จ.1	แสดงผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของสารละลายกรดกำมะถัน.....	67
ฉ.1	แสดงการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้นที่ได้จากการทดลองไตเตรทสารละลายเข้มข้น 95-97 เปอร์เซ็นต์.....	71
ฉ.2	แสดงการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นต่างๆ ในหน่วยโมลต่อลิตร.....	73
ฉ.3	แสดงการคำนวณการเจือจางสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้น.....	75
ฉ.4	แสดงผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้น.....	77
ฉ.5	แสดงผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์.....	78
ฉ.6	แสดงผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง.....	79
ฉ.7	แสดงผลการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก.....	80
ช.1	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่เวลาในการกวนสารต่างๆ.....	84
ช.2	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	85

๗.3	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ ในการกวนสารต่างๆ.....	85
๗.4	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น ของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	86



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

4.1	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ.....	32
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/t$ กับ $1/X$ ที่เวลาในการกวนสารต่างๆ.....	33
4.3	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ โดยเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลจากทฤษฎี.....	34
4.4	แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ.....	34
4.5	ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	35
4.6	แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	36
4.7	ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ.....	37
4.8	แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ.....	38
4.9	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	39
4.10	แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ และที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	40
4.11	แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันตลาดของสารลดแรงตึงผิวส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น สบู่ แชมพู ยาสีฟัน ฯลฯ และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด เช่น ผงซักฟอก น้ำยาซักผ้า น้ำยาซักแห้ง น้ำยาล้างถ้วยชาม เป็นต้น ซึ่งแนวโน้มทางการตลาดของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดมีแนวโน้มทางการตลาดไปในทิศทางบวกตามการขยายตัวของสังคมและประชากรที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีมูลค่าสินค้านำเข้ามากกว่าการส่งออก โดยนำเข้าจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ เยอรมนี เป็นต้น ปัจจุบันจึงได้มีการสนับสนุนให้นักลงทุนทำการผลิตสารลดแรงตึงผิวเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศ และทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังผลิตเพื่อการส่งออกด้วย [1]

วัตถุดิบในการผลิตสารลดแรงตึงผิวได้จากปิโตรเคมีและจากธรรมชาติ ในปัจจุบันนี้มีแนวโน้มในการหันมาใช้สารลดแรงตึงผิวที่ผลิตได้จากธรรมชาติโดยเฉพาะพืชเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำ อีกทั้งสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหรือผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดที่ต้องการความอ่อนโยนเป็นพิเศษได้ ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ด้วยพืชพรรณนานาชนิด เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วเหลือง เป็นต้น จึงสามารถนำพืชเหล่านี้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารลดแรงตึงผิวได้ นอกจากนี้การช่วยแก้ปัญหาจำนวนผลผลิตเกินความต้องการของตลาด ราคาพืชผลตกต่ำ อีกทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับพืชผลเหล่านี้มากกว่าการจำหน่ายเพียงอย่างเดียว

ถั่วเหลืองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิวเนื่องจากมีราคาถูก และเป็นน้ำมันที่มีการผลิตมากที่สุดในโลก น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้จากเมล็ดของถั่วเหลือง จะมีน้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง เป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่สุด น้ำมันถั่วเหลืองใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น น้ำมันถั่วเหลือง เต้าหู้ ฟองเต้าหู้ ถั่วอกหัว ถั่วเหลืองไขมันเต็ม ซีอิ๊ว เต้าเจี้ยว เต้าหู้ยี้ และนอกจากนี้ถั่วเหลืองยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ เครื่องสำอางค์ เลซิน พลาสติก หมึก ดินสอสี ตัวทำละลาย เครื่องนุ่งห่ม และไบโอดีเซล เป็นต้น

ในน้ำมันทุกชนิดจะประกอบไปด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายชนิดผสมกันอยู่ และในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ประกอบไปด้วยกรดไขมันที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

หรือกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่เกิดปฏิกิริยากับพันธะคู่ในไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันถั่วเหลือง โดยทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน ความเร็วรอบในการกวนสาร และความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน เพื่อนำไปศึกษาการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของเวลาในการกวนสาร อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน ความเร็วรอบในการกวนสาร และความเข้มข้นสารละลายกรดกำมะถันในปฏิกิริยาของกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัวในน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การศึกษาผลของเวลาในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 2) อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน 5 ต่อ 1
- 3) ทำการกวนสารละลายที่เตรียมได้ด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15, 30, 60, 120, 240 และ 480 นาที

1.3.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 2) อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 5 ต่อ 0.5, 5 ต่อ 1, 5 ต่อ 2, 5 ต่อ 5, 5 ต่อ 7 และ 5 ต่อ 9
- 3) ทำการกวนสารละลายที่เตรียมได้ด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

1.3.3 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 2) อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 5 ต่อ 1
- 3) ทำการกวนสารละลายที่เตรียมได้ด้วยความเร็วยรอบ 250, 500 และ 750 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

1.3.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ใช้สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30, 40, 50, 60 และ 70 ร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 2) อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 5 ต่อ 1
- 3) ทำการกวนสารละลายที่เตรียมได้ด้วยความเร็วยรอบ 500 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลของเวลาในการกวนสาร อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน ความเร็วยรอบในการกวนสาร และความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
2. เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในอุตสาหกรรมผลิตสารลดแรงตึงผิว โดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติคือ น้ำมันถั่วเหลือง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลิพิด

เป็นกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดไม่มีขั้ว (nonpolar) เช่น อีเทอร์ คาร์บอนเตตระไฮไดรด์ เบนซีน เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ และชนิดที่มีขั้ว (polar) เล็กน้อย เช่น แอลกอฮอล์ และอะซิโตน ยกเว้นกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถละลายน้ำได้ [2]

2.1.1 การจำแนกชนิดของลิพิด

ลิพิดสามารถจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1.1.1 Simple Lipids

เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ได้แก่

1) ไขมัน (Fats) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน 3 โมเลกุล กับกลีเซอรอล 1 โมเลกุล เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ที่สภาวะอุณหภูมิห้องมีสถานะเป็นของแข็ง เรียกว่า ไขมัน และที่สภาวะอุณหภูมิห้องมีสถานะเป็นของเหลว เรียกว่า น้ำมัน (Oils) ทั้งไขมันและน้ำมันมีคุณสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) คือ ไม่ชอบน้ำ

2) ขี้ผึ้ง (Waxes) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเพียงหมู่เดียว (monohydric alcohol)

2.1.1.2 Compound Lipids

เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ และมีสารประกอบอื่นๆ รวมอยู่ด้วย ตัวอย่างลิพิดในกลุ่มนี้ ได้แก่

1) ฟอสโฟลิพิด (Phospholipids) เป็นกลุ่มของลิพิดที่เป็นเอสเทอร์ของกลีเซอรอล ในโมเลกุลจะประกอบด้วย กลีเซอรอล กรดไขมัน กรดฟอสฟอริก ต่างที่มีไนโตรเจน (nitrogen

containing bases) และอาจจะมีสารประกอบอื่นๆ ด้วย ตัวอย่างของฟอสโฟลิพิด เช่น ฟอสฟาติดิล เซรีน

2) สฟิงโกฟอสโฟลิพิด (Sphingolipids) ชนิดของแอลกอฮอล์ในโมเลกุลเป็นสฟิงโกซีน (sphingosine) ในโมเลกุลประกอบด้วย กรดไขมัน ต่างที่มีในไตรเจน และหมู่ที่เป็นฟอสฟอริก ตัวอย่างเช่น สฟิงโกไมอีลีน

3) ไกลโคลิพิด (Glycolipids) หรือเซรีโบรไซด์ (Cerebrosides) เป็นกลุ่มของลิพิดที่โมเลกุลประกอบด้วย กรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต และต่างที่มีในไตรเจน แต่ไม่มีกรดฟอสฟอริก เช่น กลูโคเซรีโบรไซด์

4) Compound lipids ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ลิโปโปรตีน ซัลโฟลิพิด และอะมิโนลิพิด เป็นต้น

2.1.1.3 Derived Lipids

เป็นสารประกอบที่ได้จากการไฮโดรไลซิสลิพิด 2 กลุ่มแรก ได้แก่ กรดไขมัน กลีเซอรอล โมโนเอซิลกลีเซอรอล ไดเอซิลกลีเซอรอล แอลกอฮอล์สายยาว สเตอรอยด์ คอเรสเตอรอล แครทีนอยด์ เป็นต้น

2.1.2 ลิพิดในอาหาร

ลิพิดเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของผนังเซลล์ จึงสามารถพบลิพิดได้ในเซลล์พืชและสัตว์ทุกชนิด การที่เรบริโภคน้ำมันและสัตว์เป็นอาหารจึงทำให้ร่างกายได้รับลิพิด โดยอาหารแต่ละชนิดจะมีปริมาณลิพิดที่ต่างกักันดังแสดงในตารางที่ 2.1 ไขมันและน้ำมันที่ได้จากสัตว์มีประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ เนย น้ำมันหมู ไข่ขาว น้ำมันปลา เป็นต้น และอีก 79 เปอร์เซ็นต์ได้จากพืช ได้แก่ ถั่วเหลือง ฝ้าย ข้าวโพด ปาล์ม ปาล์มเคอร์เนล มะพร้าว มะกอก เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณของไขมันในอาหารบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ปริมาณไขมัน (% น้ำหนักเปียก)
ข้าวเจ้า	0.7
ข้าวสาลี	2.0
ถั่วเหลือง	20.0
ไข่ทั้งฟอง	10.0
เนื้อวัว	10.0 - 30.0
เนื้อหมู	12.6
เนื้อไก่	1.2 - 7.0
แฮม	31.0
เนยและมาร์การีน	80.0 - 81.7
น้ำมันหมู	99.0
น้ำมันพืช	99.9
ถั่วลิสง	49.0
มะพร้าว	34.0
งา	52.8

ที่มา : MIN and STEENSON (1998) และ COULTATE (1996)

2.1.3 กรดไขมัน (Fatty Acids)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ (straight chain aliphatic monocarboxylic acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น R-COOH โดย R- คือหมู่แอลคิล (alkyl) ในโมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก จึงทำให้กรดไขมันสามารถแตกตัวเป็นประจุลบ (anionic carboxylate) และหมู่ R- มีสมบัติเป็น hydrophobic alkyl chain ซึ่งชอบที่จะละลายในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว ทำให้โมเลกุลของไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายได้ทั้งในน้ำและน้ำมัน

กรดไขมันสามารถแบ่งออกตามจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กรดไขมันชนิดสายสั้น มีจำนวนคาร์บอนน้อย (short-chain low molecular weight fatty acids) คือ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 4 - 10 อะตอม กรดไขมันกลุ่มนี้ละลายน้ำได้ดีบ้าง
- 2) กรดไขมันชนิดสายกลาง (medium-chain fatty acids) มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 12-14 อะตอม
- 3) กรดไขมันชนิดสายยาว (long-chain fatty acids) มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่า 16 อะตอมขึ้นไป

ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน น้ำมัน และฟอสโฟลิเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ ที่พบอยู่ในรูปของไขมันอิสระมีน้อยมาก กรดไขมันแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

- 1) กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated fatty acids) มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก
- 2) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่งและมีการเรียงตัวเป็น cis-configuration การมีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามจำนวนของพันธะคู่ดังนี้

ก) Monounsaturated (Monoethenoid) Fatty acids (MUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อัน มีสูตรทางเคมีทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOH$ ตัวอย่างเช่น กรดโอเลอิก (oleic acid, $CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$) เป็นต้น

ข) Polyunsaturated (Polyethenoid) Fatty acids (PUFA) เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อันส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18 - 22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2-6 อัน พบมากในน้ำมันพืชและน้ำมันปลา ตัวอย่างเช่น กรดลิโนเลอิก ($CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$) เป็นต้น

กรดไขมันในอาหาร กรดไขมันที่พบในอาหารจะมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 - 24 อะตอม ส่วนกรดไขมันที่พบมากในร่างกายคนมีจำนวนคาร์บอน 16 - 20 อะตอม ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากพืชและสัตว์แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันและน้ำมันที่มาจากพืช
และสัตว์

ชนิดของอาหาร	กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (เปอร์เซ็นต์)	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ 1 อัน (เปอร์เซ็นต์)	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 อัน ขึ้นไป (เปอร์เซ็นต์)
ไขมันสัตว์			
ปลา	28	29	43
ไก่	40	38	22
หมู	40	46	14
วัว	54	44	2
เนย	59	37	4
น้ำมันพืช			
ดอกคำฝอย	11	11	78
เมล็ดทานตะวัน	12	18	70
ข้าวโพด	14	26	60
งา	14	43	43
ถั่วเหลือง	15	27	58
ถั่วลิสง	20	45	35
เมล็ดฝ้าย	29	19	52
มะพร้าว	86	12	2
เนยเทียม	20	48	32

ที่มา : CORI (1996)

3) กรดไขมันที่มีหมู่ไฮดรอกซี (Hydroxy Fatty Acids) เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่ที่สายแอลคิล (alkyl chain) ได้แก่ กรดริซิโนเลอิก (ricinoleic acid) เป็นกรดไขมันที่พบมากในน้ำมันละหุ่ง (castor bean oil) มีอยู่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

4) กรดไขมันชนิดอื่นๆ กรดไขมันบางชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสายแขนงและบางชนิดมีหมู่วงแหวนอยู่ในโมเลกุลด้วย เช่น Chaulmoogric acid เป็นต้น

2.2 สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในไขมันและน้ำมัน ดังนั้นสมบัติทางกายภาพจึงสามารถใช้จ่ายแจกและบ่งชี้ชนิดของน้ำมันและไขมัน รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้ สมบัติทางกายภาพของน้ำมันและไขมันที่สำคัญได้แก่

1) จุดหลอมเหลว (Melting point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวทั้งหมด จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบใน โมเลกุล จุดหลอมเหลวของน้ำมันและไขมันแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงสมบัติทางกายภาพของน้ำมันบางชนิด

น้ำมัน	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะ ที่ 25 องศาเซลเซียส
ไขวัว	40 - 48	0.860 - 0.870
เนย	28 - 35	0.865 - 0.870
น้ำมันมะพร้าว	23 - 26	0.917 - 0.919
น้ำมันข้าวโพด	-10 ถึง -12	0.922 - 0.926
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	-2 ถึง +2	0.916 - 0.918
น้ำมันลินสีด	-16 ถึง -25	0.931 - 0.938
น้ำมันมะกอก	-3 ถึง 0	0.909 - 0.915
น้ำมันปาล์มเคอร์เนล	24 - 26	0.860 - 0.873
น้ำมันปาล์ม	33 - 40	0.921 - 0.925
น้ำมันถั่วลิสง	-2	0.917 - 0.921
น้ำมันงา	-4 ถึง -0	0.920 - 0.926
น้ำมันถั่วเหลือง	-20 ถึง -23	0.924 - 0.928
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	-16 ถึง -18	0.922 - 0.926

ที่มา : PIKE (1994)

กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เมื่อจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะเป็นของแข็งมากขึ้น ดังนั้นจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น จุดหลอมเหลวของไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันชนิดเดียวกันเป็นองค์ประกอบ แต่มีการเรียงตัวในตำแหน่งที่ต่างกัน จะมีผลให้จุดหลอมเหลวแตกต่างกันด้วย

2) การละลาย (Solubility) ไขมันและน้ำมันทุกชนิดจะไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน เช่น เบนซีน คลอโรฟอร์ม เฮกเซน อะซีโตน ไดเอทิลอีเทอร์ และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ เป็นต้น

3) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันนิยมนำที่ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่มีไขมันเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูง อาจวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ไขมันและน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันและไขมันแสดงในตารางที่ 2.3

4) ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของไขมันและน้ำมัน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของไขมันและน้ำมันจะลดลง ค่าความหนืดของไขมันและน้ำมันบางชนิดแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความหนืดของไขมันและน้ำมันบางชนิด

ชนิดของน้ำมัน	ความหนืด (CP) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ			
	38 °ซ.	50 °ซ.	99 °ซ.	100 °ซ.
น้ำมันหมู	44	25	9	
ไขวัว		34		10
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	36		8	
น้ำมันถั่วเหลือง	29	8		
น้ำมันมะพร้าว	30	6		
น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน	33	8		

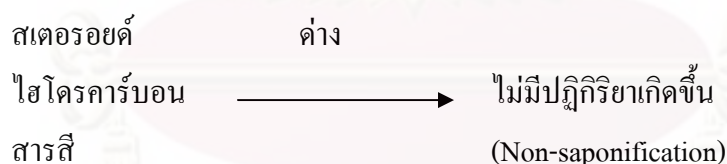
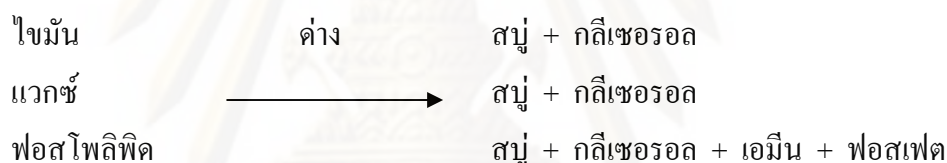
ที่มา : FENNEMA (1985)

4) สี (Color) สีเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารสีที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาสกัดน้ำมันและวิธีการกำจัดสีโดยการฟอกสี

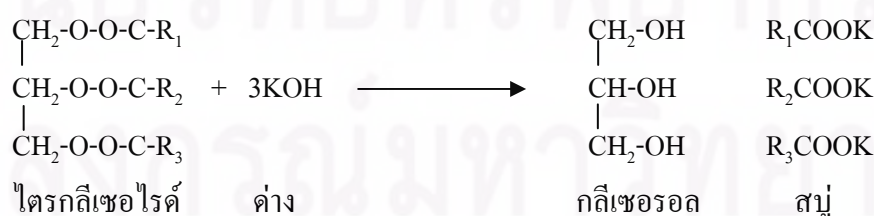
2.3 สมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

2.3.1 ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

ลิพิดบางชนิดจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ค่าง และเอนไซม์ การไฮโดรไลซ์ลิพิดด้วยค่าง เรียกว่า Saponification ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันที่เรียกว่า สบู่ ลิพิดที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยค่าง เรียกว่า Saponifiable matter เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิพิด และแว็กซ์ ส่วนลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยค่าง เรียกว่า Unsaponifiable matter หรือ Non-saponifiable matter เช่น ไฮโดรคาร์บอน และสเตอรอล ปฏิริยาการไฮโดรไลซิสของลิพิดชนิดต่างๆ ด้วยค่างสรุปดังนี้



ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสไขมันด้วยค่าง เป็นดังนี้



ค่างที่ใช้คือ โซเดียมหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สบู่ที่เกิดขึ้นจะละลายน้ำได้ ถ้าเป็นเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียม หรือแบเรียมจะไม่ละลายน้ำ

Iodine Number คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัม ค่า I.N. เป็นตัวบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า I.N. สูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก

การหาค่า I.N. มี 2 วิธี คือ W_{ijs} solution ซึ่งเป็นสารละลายไอโอดีนในกรดแอซติกและมีไอโอดีนโมโนคลอไรด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนอีกวิธีหนึ่งใช้ Hanus reagent เป็นสารละลายไอโอดีนในกรดแอซติกและมีไอโอดีนโมโนโบรไมด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทำปฏิกิริยาต้องเติมสารละลายไอโอดีนให้มากเกินพอ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ปริมาณไอโอดีนที่เหลือหาได้โดยการไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐาน โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



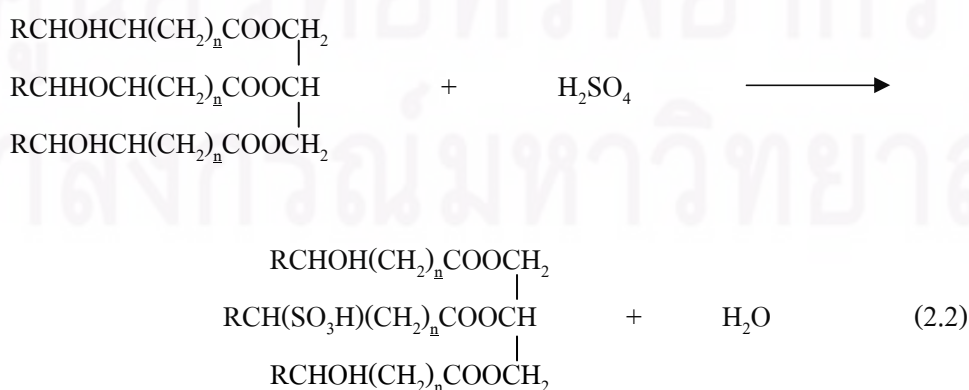
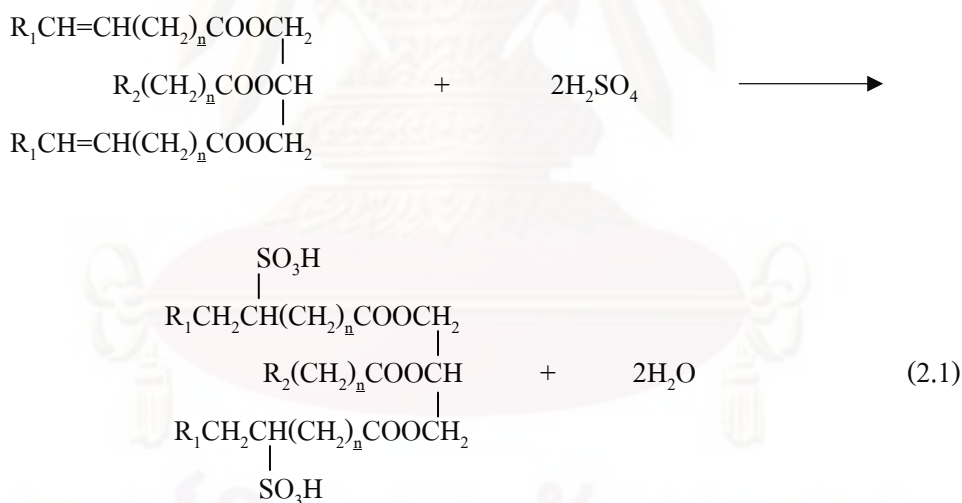
น้ำมันที่มีค่า I.N. ต่ำกว่า 100 จัดว่าเป็น non-drying oil น้ำมันที่มีค่า I.N. ระหว่าง 100-130 จัดว่าเป็น semi-drying oil น้ำมันที่มีค่า I.N. สูงกว่า 130 จัดว่าเป็น drying oil หรือเป็นน้ำมันที่แห้งเร็ว จึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสีทาผนัง หรือผสมในน้ำมันเคลือบผิวชนิดต่างๆ ค่า I.N. ของไขมันและน้ำมันแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ

ชนิดของไขมัน หรือน้ำมัน	Unsaponifiable Matter (%)	S.N. (mg KOH/g)	I.N.
เนย	0.3 - 0.5	210 - 233	26 - 42
ไขวัว	0.2 - 0.3	190 - 199	40 - 48
น้ำมันหมู	0.2 - 0.4	190 - 202	53 - 77
น้ำมันปลาวาฬ	1 - 2	185 - 194	110 - 135
ไขแกะ	0.2 - 0.3	192 - 198	35 - 46
โคคาบัตเตอร์	0.3 - 0.8	192 - 200	32 - 40

2.3.4 ปฏิกิริยาซัลเฟชัน (Sulfation)

ไขมันและน้ำมันถูกเปลี่ยนเป็นเกลือซัลเฟตหรือเกลือของกรดกำมะถันโดยใช้กรดกำมะถันเข้มข้น เรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยาซัลเฟชัน” ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดที่หมู่ไฮดรอกซิล หรือที่พันธะคู่ของกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์ โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ณ ตำแหน่งพันธะคู่ ในกรณีของหมู่ไฮดรอกซิลจะเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ สารประกอบได และโมโนกลีเซอไรด์ซัลเฟต และกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาซัลเฟชันได้แก่ น้ำมันละหุ่ง (castor oil) ไขสัตว์ (tallow) น้ำมันสีเหลืองจากปลาฉลาม (sperm oil) เป็นต้น ส่วนใหญ่ sulfated oils จะนำมาใช้ในกระบวนการ emulsification ของของเหลวที่ไม่สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ เช่น cutting oil หรือ mineral oil ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง และยาฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันหรือน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยากับกรดกำมะถันเข้มข้น ที่อุณหภูมิต่ำ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกลีเซอไรด์ซัลเฟต และน้ำ แสดงดังสมการ



2.4 ถั่วเหลือง

ถั่วเหลือง (Soybean, *Glycine max* (L.) Merrill) เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสมสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสีเหลืองมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลมใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100 วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่งในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน [3]

เมื่อ 5,000 มาแล้วประเทศจีนเป็นประเทศแรกที่มีการปลูกถั่วเหลือง จากนั้นถั่วเหลืองได้แพร่กระจายสู่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น เมื่อ 200 ปีก่อนคริสตกาล แล้วเข้าสู่ยุโรปในช่วงหลัง พ.ศ. 2143 และไปสู่สหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2347 จากนั้นกว่า 100 ปี ชาวอเมริกันได้ปลูกถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงวัว โดยไม่ได้นำมาเมล็ดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น จนถึงปี พ.ศ. 2473 สหรัฐอเมริกาได้นำพันธุ์ถั่วเหลืองจากจีนเข้าประเทศกว่า 1,000 สายพันธุ์ เพื่อทำการผสมและคัดเลือกพันธุ์ เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีเมล็ดโต ผลผลิตสูง เหมาะแก่การเพาะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดมากขึ้น โดยปริมาณการผลิตถั่วเหลืองในแต่ละประเทศแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณการผลิตถั่วเหลืองในแต่ละประเทศ

ปริมาณการผลิตถั่วเหลืองในแต่ละประเทศ

ในปี 2005 (million metric tons)

United States	83.9
Brazil	52.7
Australia	44.7
Argentina	38.3
China	17.4
India	6.6
Paraguay	3.5
Canada	3
Bolivia	1.7
World Total	214.3

ที่มา : UN Food & Agriculture Organization

ในประเทศไทยไม่มีหลักฐานว่าเริ่มปลูกถั่วเหลืองครั้งแรกเมื่อใด แต่เชื่อกันว่าชาวจีนที่อพยพมาได้นำถั่วเหลืองเข้ามาด้วยเมื่อกว่า 200 ปีที่แล้ว ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 ทำให้มีถั่วเหลืองพันธุ์ดีเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยไม่เพียงพอต่อความต้องการ และทำให้ต้องมีการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศ ในประเทศไทยนั้นมีการปลูกถั่วเหลืองในแถบภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน นิยมเรียกกันในภาษาไทยโดยทั่วไปหลายชื่อเช่น ถั่วพระเหลือง ถั่วระ ถั่วแม่ตาย ถั่วเหลือง (ภาคกลาง) มะถั่วเน่า (ภาคเหนือ) เป็นต้น ประเทศไทยนั้นสามารถปลูกถั่วเหลืองได้ตลอดทั้งปี ปีละ 3 ฤดู การปลูกอาจจะต้องการปรับสภาพดินให้เหมาะสมก่อน (pH ประมาณ 5.5 - 6.5) และเตรียมเมล็ดโดยการคลุกเชื้อไรโซเบียม การคลุกเชื้อไรโซเบียมต้องใช้เชื้อที่ใช้กับถั่วเหลืองเท่านั้น ถั่วเหลืองต้องการน้ำประมาณ 300 - 400 มิลลิเมตรตลอดฤดูปลูก ช่วงที่สำคัญที่ไม่ควรขาดน้ำคือช่วงการงอกและช่วงออกดอก อายุการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 60 - 110 วัน

ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลือง เปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่งอก รอยที่คล้ายๆแผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า hilum หรือแผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นรอยร้าวเปิดเล็ก ๆ ที่สามารถดูดซึมน้ำ เข้าไปได้แต่ที่น้ำสังเกต เมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้สูง และสามารถทำให้แห้งโดยไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมาโดยการใส่น้ำ

ถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนกล่าวคือ ส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลือง คือ ใบ ลำต้น เปลือกเมื่อเก็บเกี่ยวและนวดเรียบร้อยแล้ว และไถกลบลงสู่ดินรวมทั้งปมที่ตกค้างในดินจะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีที่สุดในส่วนของเปลือกถั่วเหลืองนำมากรองรวมกันใช้เพาะเห็ดที่เรียกว่า " เห็ดถั่วเหลือง " นำมาทำอาหารรับประทานได้ และเมล็ดของถั่วเหลืองนำมาใช้เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยเมล็ด ถั่วเหลืองจะถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมการผลิต ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มากมาย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอาหารมนุษย์และสัตว์ ซึ่งแบ่งตามวิธีการผลิตเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการหมัก (Nonferment Product)

ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการหมักได้แก่ [4]

1) น้ำมันถั่วเหลือง เป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated Fatty Acid) ประมาณ 80 - 85 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติช่วยลดคอเลสเตอรอล น้ำมันถั่วเหลืองใช้สำหรับ

ปรุงอาหาร ทำปลากระป๋อง เนยเทียม น้ำมันสลัด สีหมึก กลีเซอริน และสบู่ ส่วนกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อย่างดีเพราะมีโปรตีนสูง 40 - 45 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 9 โรงงาน มีกำลังการผลิตรวมกันจะใช้เมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 1 ล้านตันต่อปี สำหรับกรรมวิธีการมี 2 วิธีคือ การผลิตน้ำมันถั่วเหลืองดิบแบบสกัด (Extraction of Soybean Oil Process) และการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ (Refining Soybean Oil Process) เมล็ดถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม เมื่อสกัดน้ำมันแล้วจะได้น้ำมันประมาณ 14.5 - 16.2 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นกากถั่วเหลืองประมาณ 77 - 78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกากถั่วเหลืองจะเป็นผลผลิตหลักของโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ในประเทศไทยยังไม่มีอุตสาหกรรมที่ใช้กากถั่วเหลืองไปแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์เพื่อบริโภค ดังนั้นกากถั่วเหลืองจึงนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เท่านั้น ซึ่งปัจจุบันก็ยังไม่พอใช้ภายในประเทศต้องนำเข้าจากต่างประเทศปีละหลายแสนตัน

2) น้ำมันถั่วเหลือง หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าน้ำมันถั่วเหลือง สามารถใช้เป็นอาหารของคนได้ทุกเพศทุกวัย เป็นอาหารเสริมดีมีแทนนมวัวได้ถึงแม้ว่าคุณค่าทางโภชนาการของนมถั่วเหลืองจะดีกว่านมวัว แต่ก็สามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพให้ใกล้เคียงกับนมวัวได้ เหมาะสำหรับผู้แพ้นมวัว

3) เต้าหู้ เป็นอาหารพื้นเมืองของคนไทย นิยมรับประทานโดยทั่วไป สามารถทำอาหารได้หลายแบบ ราคาถูก เต้าหู้ที่ขายในท้องตลาดมีหลายลักษณะ ซึ่งได้แก่ เต้าหู้แข็ง เต้าหู้อ่อน เต้าหู้เหลือง เต้าหู้หลอด เต้าหู้แห้ง เป็นต้น

4) เต้าฮวย มีลักษณะคล้ายกับเต้าหู้อ่อน แต่เนื้อนิ่มกว่า จัดเป็นอาหารหวานที่รับประทานร่วมกับน้ำจืด ซึ่งคนทั่วไปในประเทศไทยนิยมรับประทานเป็นอาหารว่าง สำหรับกรรมวิธีในการทำเต้าฮวย

5) ฟองเต้าหู้ เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในความนิยมของคนไทยเช่นเดียวกัน แต่มีขอบเขตการใช้จำกัด ซึ่งนิยมใช้ประกอบอาหารประเภทแกงจืดเป็นหลัก การทำฟองเต้าหู้จะทำการร่วมกับการทำเต้าหู้ เนื่องจากการเตรียมการในขั้นตอนการทำน้ำเต้าหู้เป็นขั้นตอนการทำเช่นเดียวกัน สำหรับขั้นตอนในการทำฟองเต้าหู้

6) ถั่วงอกหัวโต เป็นอาหารประเภทผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อผู้บริโภค เพราะนอกจากคุณภาพของโปรตีนและไขมันจะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่จะได้วิตามินซี และวิตามินเอในปริมาณที่เพิ่มขึ้น แต่การรับประทานถั่วงอกหัวโตจะต้องทำให้สุกก่อนเพื่อให้โปรตีนมีประสิทธิภาพสูง

7) แป้งถั่วเหลืองที่มีไขมันเต็ม เป็นแป้งที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงใช้แก้ปัญหาในด้านสุขภาพ โดยเฉพาะโรคขาดโปรตีนและแคลอรี นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ใน

อุตสาหกรรมต่อเนื่องได้หลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมอาหารเสริมเด็กอ่อน อุตสาหกรรมทำขนมอบ และอุตสาหกรรมทำน้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

8) ถั่วเหลืองไขมันเต็ม (Full fat soy) เป็นอาหารสัตว์ที่อุดมด้วยไขมันในปริมาณสูง เหมาะที่จะใช้เลี้ยงลูกสุกรแรกเกิดถึงอายุประมาณ 1 เดือน ทำให้ลูกสุกรโตเร็ว โดยมีกรรมวิธีในการทำ คือ ใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่คัดคุณภาพทำความสะอาดแล้วนำไปทำให้สุกและตีให้ปั่นโดยผ่านขบวนการเอ็กซ์ทรูด (Extrude) ซึ่งเป็นขบวนการบีบเสร็จในตัวคือทำให้สุกและตีให้ปั่นเรียบร้อย โดยเครื่อง Extruder

2.4.2 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมัก (Fermented Product)

ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ มักจะใช้เป็นสารชูรสอาหารทำให้อาหารมีรสชาติดี มีกลิ่นน่ารับประทานได้แก่

1) ซีอิ๊ว ใช้เป็นเครื่องจิ้มและเครื่องปรุงอาหารแทนน้ำปลาหรือเกลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารจีนและอาหารมังสวิรัต

2) เต้าเจี้ยว นำมาใช้ประกอบอาหารประเภท ผัด ชุป ทอด และใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำจิ้ม ซึ่งนิยมบริโภคกันทั่วไป การทำเต้าเจี้ยวทำได้ 2 ลักษณะ ซึ่งมีขั้นตอนกรรมวิธีในการผลิตเช่นเดียวกับซีอิ๊ว ลักษณะแรกทำโดยการคูดน้ำซีอิ๊วออกเหลือแต่เนื้อถั่วนำไปปรุงเติมแต่งรสใหม่จะได้เต้าเจี้ยวที่คุณภาพไม่ดีราคาถูก ลักษณะที่สองไม่ต้องผ่านการคูดน้ำซีอิ๊วออกใช้ทั้งหมดจะได้เต้าเจี้ยวที่มีคุณภาพดีราคาแพง

3) เต้าหู้ยี้ นอกจากจะนำไปใช้เป็นสารชูรสในการบริโภคเป็นเครื่องจิ้ม เช่นอาหารประเภทสุกี้แล้ว ยังนำมาบริโภคกับข้าวต้มโดยตรง

ถั่วเหลืองมีรสหวาน และอุดมไปด้วยโปรตีน เลซิทิน และกรดแอมิโน รวมทั้งมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก ไนอะซิน วิตามินบี1 และบี2 วิตามินเอและอี ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของกระดูก ป้องกันการขาดแคลเซียมในกระดูก และบำรุงระบบประสาทในสมอง นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังสามารถนำมาผลิตเป็นอาหารเสริม เนื่องจากถั่วเหลืองมีสารที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น เลซิทิน โอลิโกแซคคาไรด์ วิตามินอี สเตอรอล ไฟเตท เป็นต้น และถั่วเหลืองยังนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสบู่ เครื่องสำอางค์ เลซินิน พลาสติก หมัก ดินสอสี ตัวทำละลาย เครื่องนุ่งห่ม และไบโอดีเซล

2.5 น้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลือง เป็นน้ำมันที่มีการผลิตมากที่สุดในโลก สกัดได้จากเมล็ดของถั่วเหลือง ซึ่งมีน้ำมันประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง และเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่สุด การสกัดแยกเอาน้ำมันออกจากเมล็ดถั่วเหลืองใช้วิธีการบีบ หรือใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำมันที่ได้จะนำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ คือการรีไฟน์ ฟอกสี กำจัดกลิ่น และอาจทำไฮโดรจิเนชันเพียงบางส่วนก็ได้เมื่อต้องการใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในการผลิตเนยเทียมหรือมาร์การีน และเนยขาว น้ำมันถั่วเหลืองยังนำไปใช้ผสมกับน้ำมันพืชชนิดอื่นด้วย แต่มีข้อเสียคือ จะเกิดออกซิเดชันได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและความร้อนสูง นอกจากนี้ประโยชน์ของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ในประกอบอาหารยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่ไม่เกี่ยวกับอาหาร เช่น สบู่ เครื่องสำอาง สี หมึก ตัวทำละลาย หรือใช้ในการผลิตไบโอดีเซล เป็นต้น

น้ำมันถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดีจะมีสีเหลืองอ่อน การรีไฟน์น้ำมันถั่วเหลืองด้วยต่างจะช่วยลดความเข้มของสีให้อ่อนลงได้ น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากถั่วเหลืองที่ยังไม่แก่จัด หรือเมล็ดที่มีสีเขียว อาจมีคลอโรฟิลล์ปนอยู่ในน้ำมันได้ ทำให้น้ำมันมีสีเขียวซึ่งผิดไปจากปกติ นอกจากนี้แล้วน้ำมันที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่มีคุณภาพต่ำ เช่น เมล็ดเสียหายเนื่องจากถูกทำลายด้วยแมลง หรือเมล็ดแตก จะทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีสีน้ำตาล ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนสีให้เป็นสีปกติได้โดยวิธีรีไฟน์และการฟอกสี สารฟอสฟาไต์ด์ ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยการล้างด้วยน้ำ ส่วนที่ถูกแยกออกมาอยู่ในน้ำจะมีเลซิทินสูง จึงใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตเลซิทินในอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ การสกัดน้ำมันถั่วเหลืองยังอาจใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เช่น ไซโคลเฮกเซน เอทานอล และไตรคลอโรเอทิลีน การใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะทำให้น้ำมันที่ได้มีกลิ่นดีขึ้น แต่โปรตีนในกากถั่วเหลืองจะมีสมบัติเปลี่ยนไป มีผลทำให้ functionality ลดลง การใช้ไตรคลอโรเอทิลีนเป็นตัวทำละลาย จะทำให้ในกากถั่วเหลืองมีสารใหม่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสารพิษต่อสัตว์ ดังนั้นจึงนิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายมากที่สุด

ในน้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิสระปนอยู่ประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการหักเหของแสงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 1.460 ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 0.898 และมีสารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่างประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการรีไฟน์และกำจัดกลิ่นแล้วจะนำไปใช้ประโยชน์เป็นน้ำมันสำหรับทอดอาหาร น้ำมันสลัด เนยเทียม และใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปลาทูนำบรรจุกระป๋อง

สมบัติของน้ำมันถั่วเหลืองตามมาตรฐาน มีดังนี้

ความถ่วงจำเพาะ (25 องศาเซลเซียส)	0.917 - 0.921
ค่าไอโอดีน (Wijs)	120 - 141
ค่าซาฟอนิฟิเคชัน	189 – 195
สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง (เปอร์เซ็นต์)	< 1.5
ค่าการหักเหของแสง (25 องศาเซลเซียส)	1.470 – 1.476

กรดไขมันที่สำคัญในน้ำมันถั่วเหลือง คือ กรดลิโนเลอิกที่มีอยู่ประมาณ 43 – 56 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลนิกประมาณ 5 – 11 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณ 11 – 26 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด ความผันแปรของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบจะทำให้ค่าไอโอดีน (I.N.) เปลี่ยนไป หากทราบค่าไอโอดีนของน้ำมันถั่วเหลืองจะสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอย่างคร่าวๆ ได้จากสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์กรดไขมันชนิดอิ่มตัว} &= -0.045 \text{ I.N.} + 20.5 \\ \text{เปอร์เซ็นต์กรดโอเลอิก} &= -0.792 \text{ I.N.} + 128.3 \\ \text{เปอร์เซ็นต์กรดลิโนเลอิก} &= 0.669 \text{ I.N.} + 31.9 \\ \text{เปอร์เซ็นต์กรดลิโนเลนิก} &= 0.170 \text{ I.N.} + 17.0 \end{aligned}$$

การที่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ทำให้เกิดออกซิเดชันและหืนได้ง่าย มีผลทำให้ปริมาณกรดลิโนเลนิกลดลงเหลือน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิกลดลงเหลือประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดโอเลอิกเพิ่มสูงขึ้น 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ โดยการทำให้ selective hydrogenation แต่อาจทำให้เกิดไอโซเมอร์เป็นทรานส์-ไอโซเมอร์ได้

ปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันถั่วเหลืองดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในโมเลกุล
ของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันถั่วเหลือง

กรดไขมัน	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	ช่วงห่าง	ค่าเฉลี่ย
<i>กรดไขมันชนิดอิ่มตัวทั้งหมด</i>	10 ถึง 19	15
กรดลอริก	-	0.1
กรดไมริสติก	< 0.5	0.2
กรดปาล์มิติก	7 ถึง 12	10.7
กรดสเตียริก	2-5.5	3.9
กรดอะราคิติก	1.0	0.2
กรดบีฮีนิก	0.5	-
<i>กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว</i>		
กรดปาล์มิโตเลอิก	< 0.5	0.3
กรดโอเลอิก	20.0-50.0	22.8
กรดลิโนเลอิก	35.0-60.0	50.8
กรดอีโคเซโนอิก	1.0	-

ที่มา : PERKINS (1995)

2.6 สารลดแรงตึงผิว (surfactant)

สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เป็นสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ คำว่า Surfactant มาจากคำว่า Surface active reagent มีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนหัวหรือส่วนที่มีขั้ว เรียกว่า Hydrophilic หรือ Hydrophile และส่วนหางหรือส่วนที่ไม่มีขั้ว เรียกว่า Hydrophobic หรือ Lipophile สารลดแรงตึงผิวเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการจับโมเลกุลที่มีน้ำหนักเบาให้มีน้ำหนักมากขึ้น เพื่อลดแรงเกาะระหว่างกันของสสารนั้นๆ ให้ลดลง เนื่องจากโมเลกุลที่หนักขึ้นจะเริ่มแยกตัวออกมา ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้สารลดแรงตึงผิวสามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์ต่างๆ เช่น เป็น Emulsifier เพื่อให้สารประกอบต่างๆ เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี หรือการเป็นตัวกลางให้น้ำกับน้ำมัน เข้ากันได้ เพื่อชะล้างสิ่งสกปรกที่เกิดจากน้ำมันทั้งจากร่างกายหรือสิ่งต่างๆ โดยสารลดแรงตึงผิวจะ

เป็นส่วนประกอบหลักของการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทโฟมล้างหน้า ครีมล้างหน้า แชมพู และสบู่ และผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในครัวเรือน เป็นต้น [5]

2.6.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารลดแรงตึงผิว

การผลิตสารลดแรงตึงผิวสามารถผลิตได้จากทั้งปิโตรเคมี และจากธรรมชาติ ทั้งจากพืช และสัตว์ ซึ่งสารลดแรงตึงผิวในปัจจุบันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดในครัวเรือนต่างๆ ส่วนใหญ่ได้จากปิโตรเคมี ส่วนผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่เน้นจากธรรมชาติจะหันมาใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีผลมาจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ปาล์ม เป็นต้น [6]

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสารลดแรงตึงผิวได้แก่

- 1) น้ำมันและไขมันตามธรรมชาติที่ได้จากพืชและสัตว์ มีไตรกลีเซอไรด์เป็นองค์ประกอบ
- 2) วัตถุดิบอื่นๆ ที่ได้จากธรรมชาติ เช่น Wood oils, Lignin and derivatives เป็นต้น
- 3) วัตถุดิบที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ได้แก่ Alkylates for alkylbenzene production, Linear paraffins, olefins and alkylates, Aromatics เป็นต้น
- 4) Intermediate chemicals เช่น Ethylene oxide, Ethoxylated alcohol เป็นต้น

2.6.2 ประเภทของสารลดแรงตึงผิว (surfactant)

สารลดแรงตึงผิวแบ่งออกได้เป็นหลายกลุ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับประจุไฟฟ้าบนส่วนประกอบที่ละลายน้ำ (Hydrophilic) โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.6.2.1 Anionic surfactant เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน Hydrophilic ให้ประจุลบ ส่วนมากอยู่ในรูป carboxylate, sulfate, sulfonate หรือ phosphate สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ใช้มากในอุตสาหกรรมประเภท ผงซักฟอก ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด น้ำยาล้างแชม เป็นต้น โดยใช้มากถึง 50% ของสารลดแรงตึงผิวทั้งหมด ตัวอย่างของสารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ได้แก่

- 1) Sodium dodecyl sulfate (SDS), ammonium lauryl sulfate and other alkyl sulfate salts
- 2) Sodium laureth sulfate, also known as sodium lauryl ether sulfate (SLES)
- 3) Alkyl benzene sulfonate (detergent)
- 4) Soaps or fatty acid salts

2.6.2.2 Cationic surfactant เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน Hydrophilic ให้ประจุบวก ส่วนมากเป็นพวกสารประกอบของ nitrogen เช่น fatty amine salt และ quaternary ammonium สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ไม่สามารถทำงานได้ที่สภาวะแวดล้อมที่เป็นด่างสูง (pH 10-11) เนื่องจาก ammonium salt จะมีการสูญเสียประจุบวก ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้นิยมใช้กับพวกน้ำยาปรับผ้านุ่ม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการจัดแต่งทรงผม เป็นต้น ตัวอย่างของสารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ได้แก่

- 1) Cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB)
- 2) Cetylpyridinium chloride (CPC)
- 3) Polyethoxylated tallow amine (POEA)
- 4) Benzalkonium chloride (BAC)

2.6.2.3 Nonionic surfactant สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ต่างจากสารลดแรงตึงผิวประเภท anionic และ cationic ตรงที่โมเลกุลไม่มีประจุ เนื่องจากกลุ่มของ hydrophilic เป็นพวก alcohol, phenol, ether, ester หรือ amide จะใช้มากในผงซักฟอก น้ำยาล้างถ้วยชาม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้นผิว เป็นต้น ตัวอย่างของสารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ได้แก่

- 1) Alkyl poly (ethylene oxide)
- 2) Octyl glucoside
- 3) Fatty alcohols
- 4) Oleyl alcohol
- 5) Cocamide MEA, cocamide DEA and cocamide TEA

2.6.2.4 Amphoteric surfactant หรือ Zwitterions เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic สามารถให้ได้ทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยจะแสดงคุณสมบัติประเภทใดขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรด-ด่างของสภาพแวดล้อม ถ้าสภาพแวดล้อมเป็นด่าง ($\text{pH} > 7$) จะให้ประจุไฟฟ้าเป็นลบ ถ้าสภาพแวดล้อมเป็นกรด ($\text{pH} < 7$) จะให้ประจุไฟฟ้าเป็นบวก สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผิว หรือ ผม เป็นต้น ตัวอย่างของสารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ได้แก่

- 1) Dodecyl betaine
- 2) Dodecyl dimethylamine oxide
- 3) Cocamidopropyl betaine
- 4) Coco amphi glycinate

2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยน้อย [7] ทำศึกษาการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิวจากกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง โดยการสังเคราะห์ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ เอสเทอร์ฟิเคชัน, อีพอกซิเดชัน และซัลโฟเนชัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า “ซัลโฟเนตเตคมิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลือง” (SSME) นำมาใช้เป็นสารแปดลิเคอร์ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตหนัง โดยนำหนังฟอกที่ได้หล่อลื่นเส้นใยด้วย SSME มาทดสอบความทนทานต่อแรงดึง โดยเปรียบเทียบกับซัลโฟเนตเตคอยล์ที่ผลิตจากอุตสาหกรรม (CSO), ซัลโฟเนตเตคมิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งผลิตโดยใช้วิธีเดียวกับที่ใช้ในอุตสาหกรรม และซัลโฟเนตเตคมิลเอสเทอร์ของน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเติมสารลดแรงตึงผิว “เทอร์จิทอล เอ็นพี-9” 5 เปอร์เซ็นต์ (SSME+5% NP-9) พบว่าเมื่อใช้ SSME จะทำให้หนังมีความทนทานต่อแรงดึงสูงสุดแต่ความอ่อนนุ่มน้อยกว่าเมื่อใช้ CSO และ SSME+5% NP-9

Bernd Fabry และคณะ [8] ทำการศึกษาปฏิกิริยาซัลโฟเนชันของกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (sulfur trioxide) ที่ถูกทำให้เจือจางด้วยแก๊สเฉื่อย (อากาศหรือไนโตรเจน) โดยอัตราส่วนของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ต่อกลีเซอไรด์เท่ากับ 0.5 ต่อ 5.0 โดยโมล ดำเนินการที่อุณหภูมิ 40 - 98 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยด่างที่ใช้คือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับค่า pH ที่ได้ให้อยู่ในช่วง 6.5 - 8.5 จากนั้นให้ความร้อนเป็นเวลา 30 - 120 นาที ที่อุณหภูมิประมาณ 80 - 90 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการแยกเฟส โดยสารที่ได้จะแยกออกเป็นชั้นของสารละลายที่ประกอบด้วยสารประกอบ surface active และชั้นของสารละลายอินทรีย์ที่มีสารที่ไม่เกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน หลังจากการทำให้แห้งในชั้นของสารละลายอินทรีย์จะมีน้ำเหลือเพียงเล็กน้อยสามารถนำกลับไปใช้เป็นสารตั้งต้นได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วยโมโน ไค และไตรกลีเซอไรด์ซัลโฟเนต (mono, di, triglyceride sulfates), ซัลโฟเนตแฟตตี้แอซิด (sulfonate fatty acids), กลีเซอไรด์ซัลเฟต (glyceride sulfates), กลีเซอรอลซัลเฟต (glycerol sulfates), กลีเซอรอล (glycerol) และสบู่

Bernd Fabry และคณะ [9] ทำการศึกษากระบวนการผลิต partial glyceride sulfates โดยใช้ hydrogenated palm kernel oil (saponification value 250, iodine value 0.9) 673 กรัม (1 โมล) และกลีเซอรอล 215 กรัม (2.2 โมล) ทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ 80 - 176 กรัม ดำเนินการเป็นเวลา 60 - 90 นาที ที่อุณหภูมิ 80 - 95 องศาเซลเซียส เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกวนให้เข้ากันกับ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปรับค่า pH ให้เท่ากับ 6.5 - 8

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเวลาในการกวน อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน ความเร็วรอบในการกวนสาร และความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้น (ก่อนการทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลือง) และปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารละลายกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาผลของเวลาในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

การศึกษาผลของเวลาในการกวนสารที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ชั่งน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 50 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้ง จากนั้นจึงเติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนักลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปริมาณ 10 กรัม
- 2) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปทำการกวน ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที
- 3) นำสารละลายที่ได้จากการกวนเทใส่ลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 1 วัน
- 4) ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ไปทำการไตเตรท เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรทจนถึงจุดยุติ
- 5) ทำการแยกชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำน้ำมันและสารละลายกรดกำมะถัน ไปชั่งน้ำหนักหลังทำปฏิกิริยา

6) ล้างกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ

7) นำชั้นสารละลายกรดกำมะถันไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ

8) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนเวลาในการกวนเป็น 15, 60, 120, 240 และ 480 นาที ตามลำดับ

3.2 การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

1) ชั่งน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 50 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้ง จากนั้นจึงเติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละโดยน้ำหนักลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปริมาณ 10 กรัม

2) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปทำการกวน ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

3) นำสารละลายที่ได้จากการกวนเทใส่ลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 1 วัน

4) ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ

5) ทำการแยกชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำน้ำมันและสารละลายกรดกำมะถันไปชั่งน้ำหนักหลังทำปฏิกิริยา

6) ล้างกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ

7) นำชั้นสารละลายกรดกำมะถันไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ

8) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเป็น 5 ต่อ 0.5 (50 กรัม ต่อ 10 กรัม), 5 ต่อ 2 (20 กรัม ต่อ 50 กรัม), 5 ต่อ 5 (50 กรัม ต่อ 50 กรัม), 5 ต่อ 7 (50 กรัม ต่อ 70 กรัม) และ 5 ต่อ 9 (50 กรัม ต่อ 90 กรัม) ตามลำดับ

3.3 การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการกวนที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการกวนที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

1) ชั่งน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 50 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้ง จากนั้นจึงเติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนักลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปริมาณ 10 กรัม

2) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปทำการกวน ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ด้วยความเร็วยรอบ 500 รอบต่อนาที

3) นำสารละลายที่ได้จากการกวนเทใส่ลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 1 วัน

4) ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ

5) ทำการแยกชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำน้ำมันและสารละลายกรดกำมะถันไปชั่งน้ำหนักหลังทำปฏิกิริยา

6) ล้างกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ

7) นำชั้นสารละลายกรดกำมะถันไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ

8) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนความเร็วรอบในการกวาดเป็น 250 และ 750 รอบต่อนาที ตามลำดับ

3.4 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ชั่งน้ำมันถั่วเหลืองปริมาณ 50 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้ง จากนั้นจึงเติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละโดยน้ำหนักลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปริมาณ 10 กรัม
- 2) นำสารละลายที่เตรียมได้ไปทำการกวาด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที
- 3) นำสารละลายที่ได้จากการกวาดเทใส่ลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 1 วัน
- 4) ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น เพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ
- 5) ทำการแยกชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำน้ำมันและสารละลายกรดกำมะถันไปชั่งน้ำหนักหลังทำปฏิกิริยา
- 6) ล้างกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยกด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ
- 7) นำชั้นสารละลายกรดกำมะถันไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันด้วยสารละลายโซดาไฟ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงจุดยุติ
- 8) ทำการทดลองซ้ำ โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเป็น 40, 50, 60 และ 70 ร้อยละโดยน้ำหนัก ตามลำดับ

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองประกอบด้วยการศึกษาผลของเวลาในการกวน อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดสารละลายกัมมะถัน ความเร็วรอบในการกวนสาร และความเข้มข้นของสารละลายกรด กัมมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกัมมะถัน เพื่อวิเคราะห์ ปริมาณของกรดกัมมะถันที่ใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรด กัมมะถัน และร้อยละของปริมาณกรดกัมมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับ สารละลายกรดกัมมะถัน ในขั้นตอนการทดลองจะทำการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกัมมะถันเริ่มต้น (ก่อนการทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลือง) โดยไตเตรทกับสารละลายโซดาไฟ จากนั้นทำการ วิเคราะห์ปริมาณของกรดกัมมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรด กัมมะถัน โดยนำชั้นสารละลายกรดกัมมะถันหลังทำปฏิกิริยามาไตเตรทกับสารละลายโซดาไฟ แล้ว นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณของกรดกัมมะถันที่ใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลือง กับสารละลายกรดกัมมะถัน และคำนวณร้อยละของปริมาณกรดกัมมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกัมมะถัน

4.1 ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม

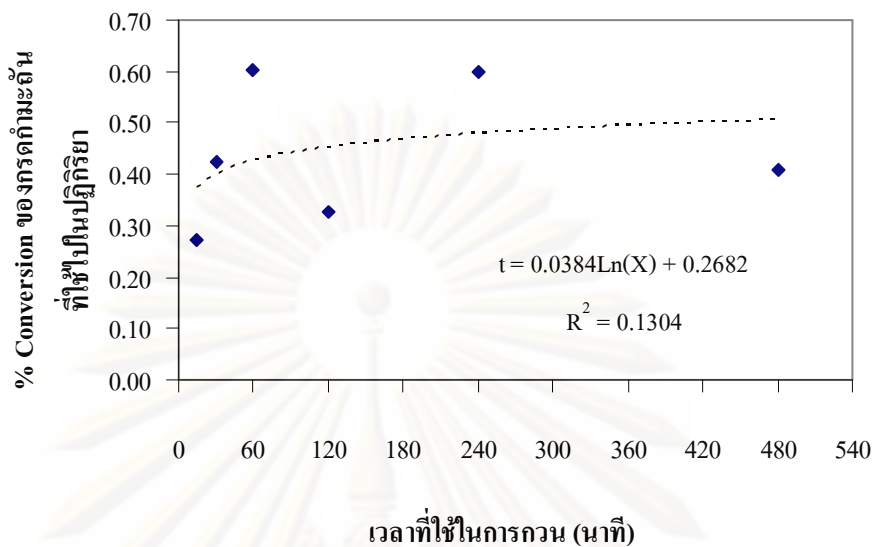
ในน้ำมันถั่วเหลืองจะประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว 3 ชนิดคือ α -Linolenic acid, Linoleic acid และ Oleic acid และกรดไขมันชนิดอิ่มตัว 2 ชนิดคือ Stearic acid และ Palmitic acid ในปริมาณที่แตกต่างกัน ปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม แสดงดังตารางที่ 4.1 จากการคำนวณพบว่าในน้ำมัน 50 กรัมมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งประกอบไปด้วยกรดไขมัน α -Linolenic acid จำนวน 11.7372 มิลลิโมล Linoleic acid จำนวน 89.3528 มิลลิโมล และ Oleic acid จำนวน 39.9559 มิลลิโมล ซึ่งคิดเป็นปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด 146.5691 มิลลิโมล

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง 50 กรัม

กรดไขมัน	สูตรทางเคมี	น้ำหนักโมเลกุล (กรัมต่อโมล)	จำนวน พันธะคู่	น้ำหนักใน น้ำมัน 50 กรัม (กรัม)	ปริมาณ (มิลลิโมล)
α -Linolenic acid	$C_{18}H_{30}O_2$	278.4300	3	3.268	11.7372
Linoleic acid	$C_{18}H_{32}O_2$	280.4500	2	25.059	89.3528
Oleic acid	$C_{18}H_{34}O_2$	282.4614	1	11.286	39.9559
Stearic acid	$C_{18}H_{36}O_2$	284.4800	0	2.002	7.0374
Palmitic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	256.4200	0	5.329	20.7823
			รวม	46.9440	168.8657

4.2 ผลของเวลาในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

จากการทดลองสามารถวิเคราะห์ปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวน 15, 30, 60, 120, 240 และ 480 นาที และจากการคำนวณปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล สามารถคำนวณหาร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.1 จากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาในการกวนน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเวลาในการกวนเป็นการเพิ่มระยะเวลาที่ทำให้ น้ำมันถั่วเหลืองและสารละลายกรดกำมะถันสามารถเข้าทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.1 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ

ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และ ณ เวลาหนึ่ง ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาจะเริ่มคงที่และปฏิกิริยาจะเข้าสู่สภาวะสมดุล แสดงถึงความสัมพันธ์

$$\frac{X}{Xe} = \frac{At}{1+At}$$

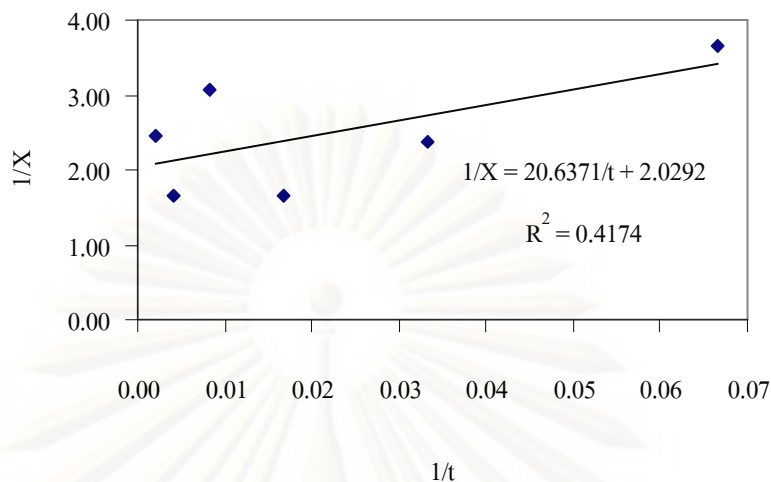
$$X = \frac{XeAt}{1+At}$$

$$\frac{1}{X} = \frac{1}{XeAt} + \frac{1}{Xe} \quad (4.1)$$

โดย X คือ ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

Xe คือ ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่สภาวะสมดุล

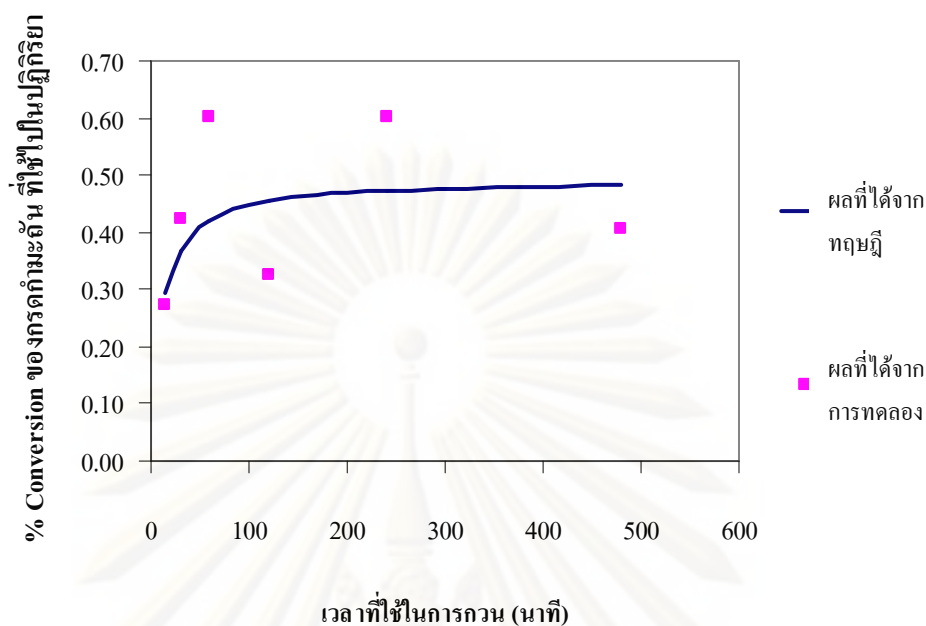
A คือ ค่าคงที่สมดุล



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $1/t$ กับ $1/X$ ที่เวลาการวนสารต่างๆ

ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักกับน้ำมันถั่วเหลืองด้วยอัตราส่วนผสม 0.2 (อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน 5 ต่อ 1) ความเร็วรอบในการวน 500 รอบต่อนาที เมื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $1/X$ และ $1/t$ ที่เวลาในการวนสารต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.2 สามารถคำนวณค่าร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันหรือ X_e เท่ากับ 0.4928 และ ค่าคงที่สมดุล A เท่ากับ 0.0983 ดังนั้นเมื่อเวลาในการวนสารผ่านไป ณ เวลานั้นระบบจะคงที่ และเข้าสู่สมดุลที่ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 0.4928

จากนั้นเมื่อทราบค่าร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่สถานะสมดุลแล้ว นำค่าที่ได้ไปคำนวณร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาต่างๆ ทางทฤษฎีจากสมการที่ (4.1) ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาการวนต่างๆ เปรียบเทียบผลจากการทดลองและผลทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 4.3 ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ได้จากการทดลองจะมีความคลาดเคลื่อนจากทางทฤษฎีเนื่องจากผลของความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน ในการทดลองจะใช้ปริมาณกรดกำมะถัน 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งอาจส่งผลให้การวนระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร และในแต่ละการทดลองเป็นการทดลองแบบกะ อาจส่งผลให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 4.3 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ โดยเปรียบเทียบผลจากการทดลองกับผลจากทฤษฎี

และจากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาในการกวนเพิ่มขึ้น สีของสารละลายกรดกำมะถันและน้ำมันถั่วเหลืองหลังทำปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างได้ด้วยการมองเห็น แสดงดังรูปที่ 4.4

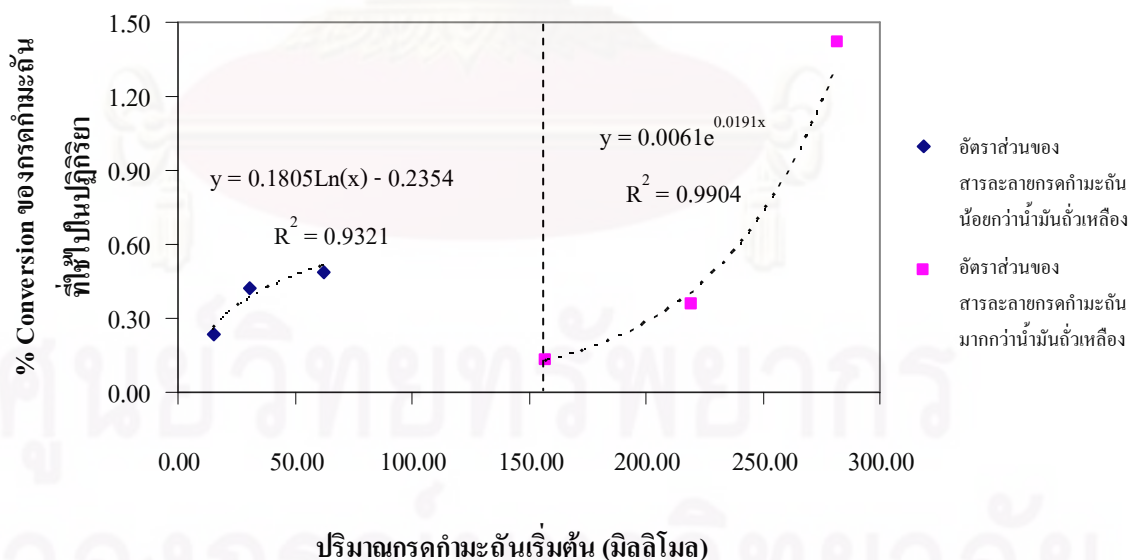


รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่เวลาในการกวนสารต่างๆ

4.3 ผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

การศึกษาผลของอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน 5 ต่อ 0.5, 5 ต่อ 1, 5 ต่อ 2, 5 ต่อ 5, 5 ต่อ 7 และ 5 ต่อ 9 และจากการคำนวณปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล สามารถคำนวณร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.5

จากการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน 5 ต่อ 0.5, 5 ต่อ 1 และ 5 ต่อ 2 (แสดงดังรูปที่ 4.5 ด้านซ้าย) และช่วงที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับหรือมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 5 ต่อ 5, 5 ต่อ 7 และ 5 ต่อ 9 (แสดงดังรูปที่ 4.5 ด้านขวา)

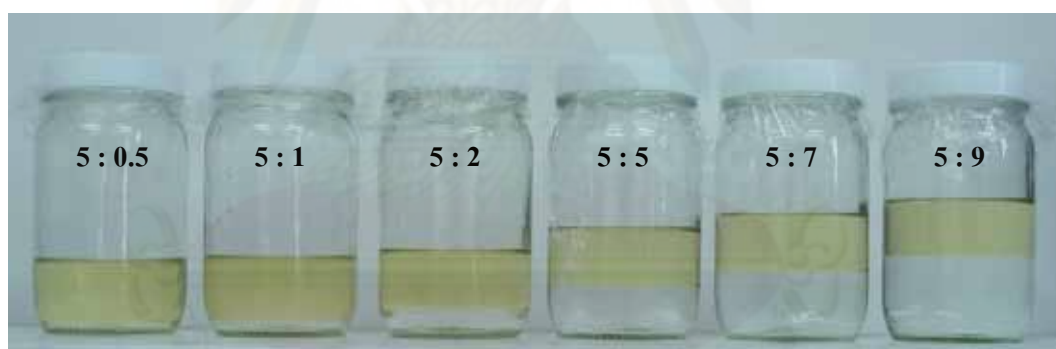


รูปที่ 4.5 ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลือง ปริมาณของกรดกำมะถัน จะเข้าทำปฏิกิริยาได้น้อยกว่าที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับหรือมากกว่าน้ำมันถั่ว เหลือง หรือปริมาณที่กรดกำมะถันพอดีหรือมากเกินไปจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดีกว่า และมีร้อยละ ของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรด กำมะถันสูงกว่า เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนของกรดกำมะถันหรือการเพิ่มปริมาณกรดกำมะถันเป็น การเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน จึงทำให้กรดกำมะถัน สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลืองได้มากขึ้น

ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการกวนสาร 30 นาที ความเร็วรอบในการกวน 500 รอบต่อนาที พบว่าร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำ ปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นจาก 0.4 เป็น 1.4 เมื่ออัตราส่วน ของสารละลายกรดกำมะถันต่อน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 0.2 เป็น 1.8

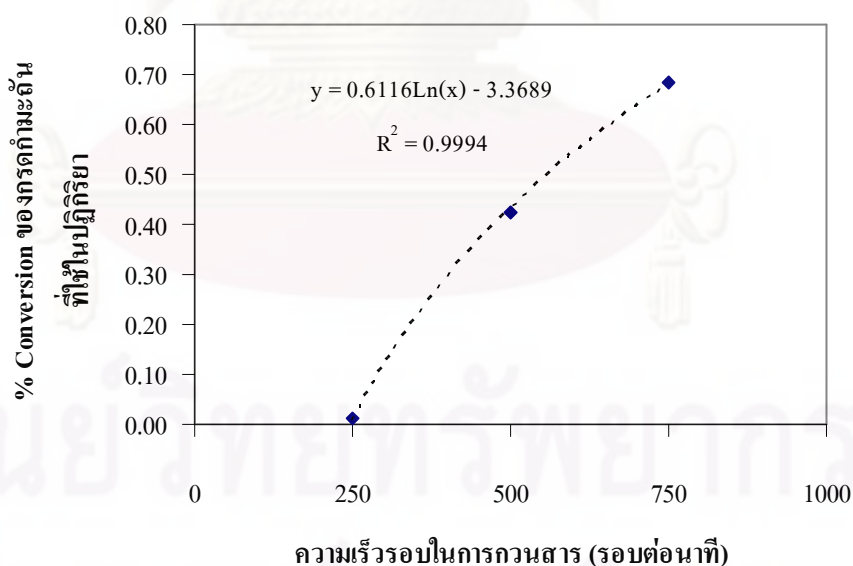
และจากการทดลองพบว่าเมื่ออัตราส่วนของกรดกำมะถันต่อน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น สีของ กรดกำมะถันและน้ำมันถั่วเหลืองหลังทำปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งไม่สามารถบ่งบอก ความแตกต่างได้ด้วยการมองเห็น แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่ อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

4.4 ผลของความเร็วยรอบในการกวนที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

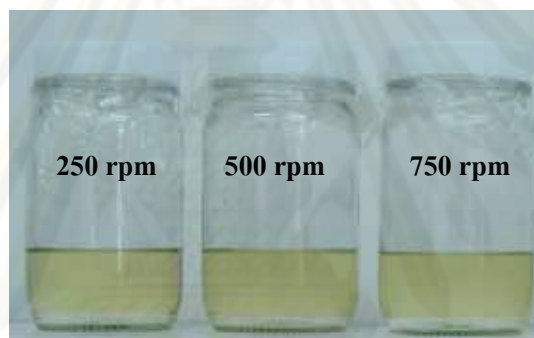
การศึกษาผลของความเร็วยรอบในการกวนสารที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วยรอบในการกวน 250, 500 และ 750 รอบต่อนาที และจากการคำนวณปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล สามารถคำนวณร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วยรอบในการกวนสารต่างๆ ได้ดังรูปที่ 4.7 และจากการทดลองพบว่าเมื่อความเร็วยรอบของสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเร็วยรอบในการกวนสาร ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันผสมกันได้ดีขึ้น และเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน จึงทำให้สารละลายกรดกำมะถันสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลืองได้มากขึ้น ตามสมการความสัมพันธ์ $y = 0.6116\ln(x) - 3.3689$



รูปที่ 4.7 ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเร็วยรอบในการกวนสารต่างๆ

ในการทดลองนี้พบว่าปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันถูกใช้ไปในการทำปฏิกิริยามากที่สุดคือที่ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที มีค่าเท่ากับ 0.9672 มิลลิโมล คิดเป็นร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 0.6857 และถ้าเพิ่มความเร็วรอบในการกวนสารมากกว่า 750 รอบต่อนาทีไปจนถึงความเร็วรอบค่าๆหนึ่ง แนวโน้มปริมาณของกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาจะเริ่มคงที่ ในการทดลองนี้จึงได้ทำการทดลองถึงความเร็วรอบในการกวนสารเพียง 750 รอบต่อนาที และการทำการทดลองด้วยการกวนด้วยความเร็วรอบสูงนั้นเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

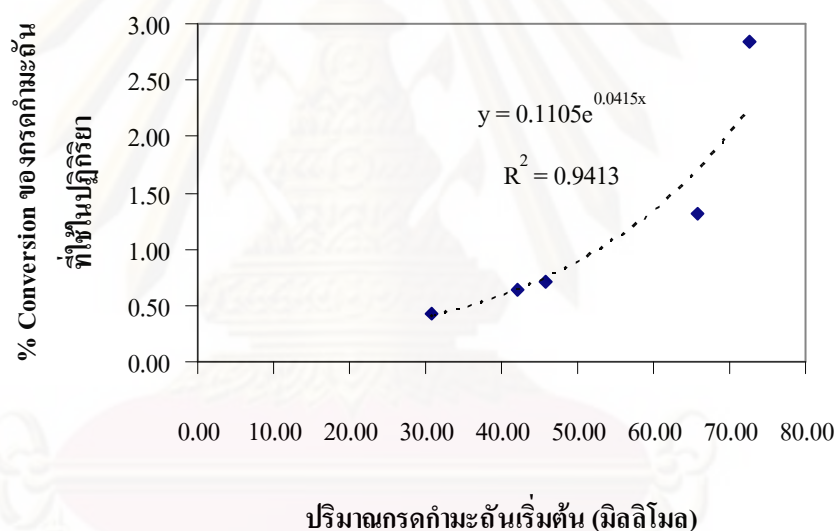
และจากการทดลองพบว่าเมื่ออัตราส่วนของกรดกำมะถันต่อน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น สีของกรดกำมะถันและน้ำมันถั่วเหลืองหลังทำปฏิกิริยามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ซึ่งไม่สามารถบ่งบอกความแตกต่างได้ด้วยการมองเห็น แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถัน และชั้นน้ำมันที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ

4.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน

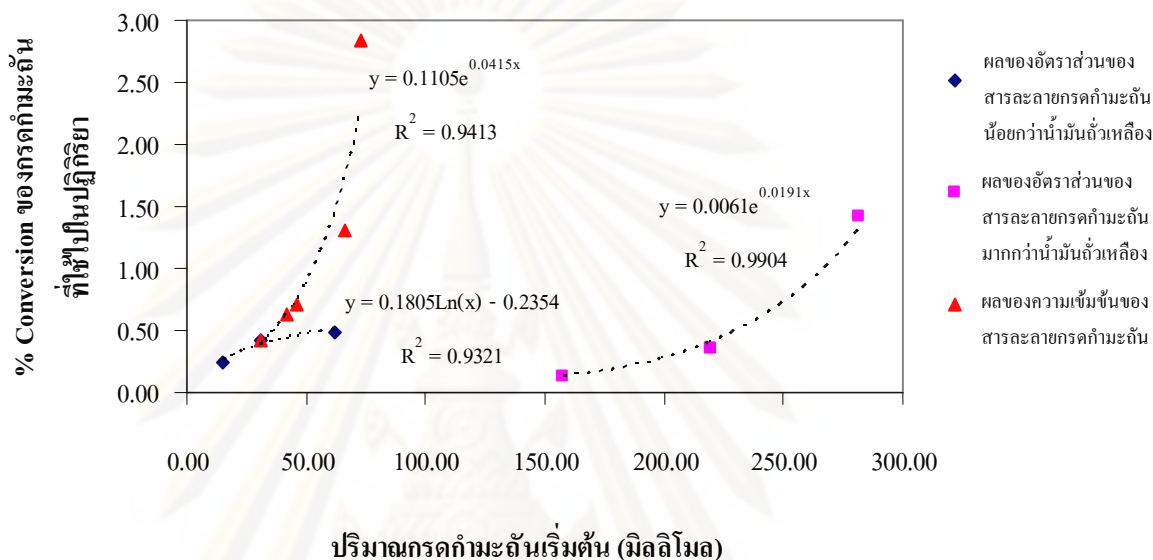
การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน 30, 40, 50, 60 และ 70 ร้อยละ โดยน้ำหนัก และจากการคำนวณปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล สามารถคำนวณร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ แสดงดังรูปที่ 4.9 ตามความสัมพันธ์ $y = 0.1105e^{0.0415x}$



รูปที่ 4.9 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันจะสูงกว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน แสดงดังรูปที่ 4.10 ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันจะทำให้กรดกำมะถันสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลืองได้ดีกว่าการเพิ่มอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน โดยการเพิ่มความเข้มข้นของ

สารละลายกรดกำมะถันไปถึง 70 ร้อยละ โดยน้ำหนักจะสามารถเพิ่มร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันได้ถึง 2.8 แต่ น้ำมันที่ได้จะมีเพิ่มขึ้น

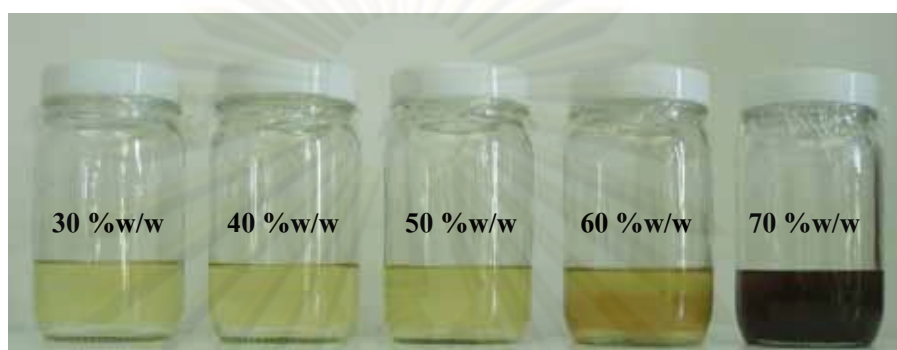


รูปที่ 4.10 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ และที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน จะทำให้ปริมาณของกรดกำมะถันถูกใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารจะทำให้มีอนุภาคของสารอยู่รวมกันอย่างหนาแน่นมากขึ้น อนุภาคของสารจึงมีโอกาสชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้น จึงทำให้สารละลายกรดกำมะถันสามารถเข้าทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น สีของน้ำมันและสีของสารละลายกรดกำมะถันจะเข้มขึ้น แสดงดังรูปที่ 4.11

จากการทดลองจะเริ่มสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีและความหนืดของสารในชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่ความเข้มข้น 50 ร้อยละโดยน้ำหนักเป็นต้นไป โดยที่ความเข้มข้น 50 ร้อยละโดยน้ำหนัก ชั้นสารละลายกรดกำมะถันจะมีสีเหลืองอ่อน ชั้นน้ำมันจะมีสีเหลืองอ่อนและขุ่น ที่ความเข้มข้น 60 ร้อยละโดยน้ำหนัก ชั้นสารละลายกรดกำมะถันจะมีสีเหลืองเข้ม ชั้นน้ำมันจะมีสีเหลืองเข้มและขุ่น และที่ความเข้มข้น 70 ร้อยละโดยน้ำหนัก ชั้นสารละลายกรดกำมะถันจะมีสีน้ำตาลอ่อน ชั้นน้ำมันจะมีสีน้ำตาลอ่อน ขุ่น และมีความหนืดมากขึ้น แสดงว่า

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันจะทำให้กรดกำมะถันสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับน้ำมันถั่วเหลืองได้มากขึ้น อีกทั้งยังส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของกรดกำมะถันและน้ำมัน คือสีของน้ำมันและสารละลายกรดกำมะถันมีสีเข้มขึ้นจากสีเหลืองอ่อนไปยังสีน้ำตาลอ่อน และพบว่าชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของชั้นสารละลายกรดกำมะถันและชั้นน้ำมันที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. จากการคำนวณพบว่าในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล

2. เมื่อเวลาในการกวนสารเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น และจะเริ่มคงที่ที่ร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 0.4928

3. เมื่ออัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น และที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับหรือมากกว่าน้ำมันถั่วเหลือง จะเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าที่อัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันน้อยกว่าน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณของสารละลายกรดกำมะถัน เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น

4. เมื่อความเร็วรอบในการกวนสารเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารละลายกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันจะเพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไป จะเริ่มคงที่ที่ความเร็วรอบในการกวนสารค่าหนึ่ง

5. ปฏิกิริยาของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก เวลาในการกวนสาร 30 นาที ความเร็วรอบในการกวน 500 รอบต่อนาที ร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันเพิ่มจาก 0.4 เป็น 1.4 เมื่ออัตราส่วนของสารละลายกรดกำมะถันต่อน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มจาก 0.2 เป็น 1.8 และนอกจากนี้ร้อยละของกรดกำมะถันที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันสามารถเพิ่มได้ถึง 2.8 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันไปถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก แต่น้ำมันที่ได้จะมีสีเข้มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาในการกวนสาร อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถัน และความเร็วรอบในการกวนสาร ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน สีของชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ซึ่งไม่อาจสังเกตได้ด้วยตาเปล่า จึงควรนำชั้นน้ำมันมาวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในชั้นน้ำมันต่อไป

2. ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน จะเริ่มสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงของสีในชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันได้ชัดเจนตั้งแต่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถัน 50 ร้อยละโดยน้ำหนักเป็นต้นไป ซึ่งการวิเคราะห์ชั้นสารละลายกรดกำมะถันเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ จึงควรนำชั้นน้ำมันมาวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมี เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในชั้นน้ำมันต่อไป

รายการอ้างอิง

- [1] ศูนย์ธุรกิจอุตสาหกรรม. โครงการและจัดทำแบบอย่างการลงทุนอุตสาหกรรมเฉพาะเรื่อง. ใน สารลดแรงตึงผิว, หน้า 1-16. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2546.
- [2] นิธิยา รัตนานนท์. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548.
- [3] Wales, J., and Sanger, L. Soybean oil [Online].
Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/soybean_oil [2010, April 15]
- [4] ส่งเสริมการเกษตร, กรม. ถั่วเหลือง. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552. (อัดสำเนา)
- [5] วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. สารลดแรงตึงผิว. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2548. (อัดสำเนา)
- [6] Salager, J., and Salager, L. Surfactant types and uses. Merida: FIRP Laboratory School of Chemical Engineering, 2002.
- [7] ชัยน้อย ชาญสมภพ. สารลดแรงตึงผิวจากกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาปิโตรเคมี ภาควิชาสหสาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [8] Fabry, B., and others. Process for production of partial glyceride sulfates. United States Patent 5,322,957, (January 1994): 1-5.
- [9] Fabry, B., and others. Process for the sulfonation of unsaturated fatty acid glycerol esters. United States Patent 5,319,117 (January 1994): 1-4.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน โดยเวลาในการกวนเท่ากับ 15, 30, 60, 120, 240 และ 480 นาทีตามลำดับ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่เวลาการกวนต่างๆ

เวลาที่ใช้ ในการกวนสาร (นาที)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
15	50.0254	10.0037	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1701	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1701	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1701	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	8.00	0.7969			0.3985	30.7716
30	50.0177	10.0004	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	9.55	0.9513			0.4757	30.6842

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่เวลาควนต่างๆ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ ในการควนสาร (นาท)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
60	50.0441	9.9842	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1093	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1093	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1093	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	29.95	2.9835			1.49173	29.6176
120	50.0258	9.9772	1.1927	1	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.4768	
				2	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.4768	
				3	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.4768	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.1007	10.95	1.1023			0.5512	30.9256

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่เวลาควนต่างๆ (ต่อ)

เวลาที่ใช้ ในการควนสาร (นาท)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
240	50.5453	10.0105	1.2104	1	2.0427	18.60	37.9947	5	3.7995	31.4228	
				2	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	31.5073	
				3	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	31.5073	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0983	18.20	1.7897			0.8948	30.5843
480	50.0427	10.2576	1.2104	1	2.0427	18.60	37.9947	5	3.7995	32.1985	
				2	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	32.2850	
				3	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	32.2850	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0983	15.60	1.5340			0.76701	31.4892

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่เวลาต่างกัน

เวลาที่ใช้ ในการกวนสาร (นาที)	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
15	49.7586	9.6099	1.9892	30.35	60.3723	30.1862	30.3869
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	3.90	0.4014	0.2007	
30	49.7586	9.6256	1.9892	29.90	59.4772	29.7386	30.0885
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	6.80	0.6999	0.3499	
60	49.5243	9.1344	1.9892	28.40	56.4934	28.2467	28.7664
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	10.10	1.0395	0.5198	

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่เวลาต่างกัน (ต่อ)

เวลาที่ใช้ ในการกวนสาร (นาที)	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
120	49.614	9.5741	2.0221	29.80	60.2576	30.1288	30.4670
น้ำล้างกรวยแยก			0.1010	6.70	0.6765	0.3382	
240	49.9756	9.5157	2.0427	28.60	58.4220	29.2110	29.7371
น้ำล้างกรวยแยก			0.0983	10.70	1.0522	0.5261	
480	49.4728	9.9168	2.0250	30.30	61.3580	30.6790	30.9141
น้ำล้างกรวยแยก			0.0940	5.00	0.4702	0.2351	

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่เวลา各不相同ๆ

เวลาที่ใช้ ในการกวนสาร (นาทื)	ปริมาณ น้ำมัน (กรัม)	ปริมาณสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	ปริมาณ กรดกำมะถันเริ่มต้น (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
15	50.0254	10.0037	30.7716	30.3869	0.3848
30	50.0177	10.0004	30.6842	30.0885	0.5956
60	50.0441	9.9842	29.6176	28.7664	0.8512
120	50.0258	9.9772	30.9256	30.4670	0.4586
240	50.5453	10.0105	30.5843	29.7371	0.8472
480	50.0427	10.2576	31.4892	30.9141	0.5751

ภาคผนวก ข

แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน โดยอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 5 ต่อ 0.5, 5 ต่อ 1, 5 ต่อ 2, 5 ต่อ 5, 5 ต่อ 7 และ 5 ต่อ 9 ตามลำดับ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
5 ต่อ 0.5	50.0161	5.0194	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	15.63973	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	15.63973	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	15.63973	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	9.80	0.9762		0.4881	15.1516	
5 ต่อ 1	50.0177	10.0004	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	9.55	0.9513		0.4757	30.6842	

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ (ต่อ)

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
5 ต่อ 2	50.0254	20.0210	1.2066	1	1.9892	18.90	0.0376	5	3.7596	62.38258	
				2	1.9892	18.90	0.0376	5	3.7596	62.38258	
				3	1.9892	18.90	0.0376	5	3.7596	62.38258	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	6.30	0.6276		0.31379	62.0688	
5 ต่อ 5	50.0246	50.0195	1.1927	1	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	157.80506	
				2	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	157.80506	
				3	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	157.80506	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.1007	9.85	0.9916		0.4958	157.3093	

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อกรดกำมะถันต่างๆ (ต่อ)

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
5 ต่อ 7	50.0661	70.0010	1.2104	1	2.0427	18.60	37.9947	5	3.7995	219.7323	
				2	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	220.3229	
				3	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	220.3229	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0983	7.35	0.7228		0.3614	219.7647	
5 ต่อ 9	50.0615	90.0454	1.2486	1	2.0427	19.10	39.0161	5	3.9016	281.38318	
				2	2.0427	19.20	39.2204	5	3.9220	282.85639	
				3	2.0427	19.15	39.1182	5	3.9118	282.11979	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0983	7.40	0.7277		0.36384	281.7559	

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	ชั้่นน้ำมัน (กรัม)	ชั้่นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
5 ต่อ 0.5	49.5513	4.6599	1.9892	14.70	29.2413	14.6206	14.8196
น้ำล้างกรวยแยก			1.9892	0.20	0.3978	0.1989	
5 ต่อ 1	49.7586	9.6256	1.9892	29.90	59.4772	29.7386	30.0885
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	6.80	0.6999	0.3499	
5 ต่อ 2	49.7775	19.4535	1.9892	61.15	121.6397	60.8199	61.3777
น้ำล้างกรวยแยก			0.0996	11.2	1.1157	0.5578	

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ (ต่อ)

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
5 ต่อ 5	49.6130	49.7618	2.0231	154.90	313.3761	156.6880	157.1234
น้ำล้างกรวยแยก			0.1007	8.65	0.8708	0.4354	
5 ต่อ 7	49.5681	69.6730	2.0250	216.30	438.0113	219.0057	219.1866
น้ำล้างกรวยแยก			0.0940	3.85	0.3618	0.1809	
5 ต่อ 9	160.405	89.7028	2.0268	275.80	558.9953	279.4976	279.7586
น้ำล้างกรวยแยก			0.0940	5.55	0.5219	0.2609	

ตารางที่ ข.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

อัตราส่วนของ น้ำมันถั่วเหลือง ต่อกรดกำมะถัน	ปริมาณ น้ำมัน (กรัม)	ปริมาณสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	ปริมาณ กรดกำมะถันเริ่มต้น (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
5 ต่อ 0.5	50.0161	5.0194	15.1516	14.8196	0.3321
5 ต่อ 1	50.0177	10.0004	30.6842	30.0885	0.5956
5 ต่อ 2	50.0254	20.0210	62.0688	61.3777	0.6911
5 ต่อ 5	50.0246	50.0195	157.3093	157.1234	0.1858
5 ต่อ 7	50.0661	70.0010	219.7647	219.1866	0.5000
5 ต่อ 9	50.0615	90.0454	281.7559	279.7586	1.9974

ภาคผนวก ก

แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน โดยความเร็วรอบการกวนสารเท่ากับ 0, 250, 500 และ 750 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ

ความเร็วรอบ ในการกวนสาร (รอบต่อนาที)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
250	50.0324	10.0490	1.1927	1	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.70330	
				2	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.70330	
				3	2.0231	18.60	37.6294	5	3.7629	31.70330	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.1007	4.15	0.4178			0.2089	31.4944
500	50.0177	10.0004	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	9.55	0.9513			0.4757	30.6842

ตารางที่ ค.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ (ต่อ)

ความเร็วรอบ ในการกวนสาร (รอบต่อนาที)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
750	50.0799	9.9941	1.2104	1	2.0427	18.60	37.9947	5	3.7995	31.3714	
				2	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	31.4557	
				3	2.0427	18.65	38.0969	5	3.8097	31.4557	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0983	16.50	1.6225			0.8113	30.6163

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเร็วรอบการกวนสารต่างๆ

ความเร็วรอบ ในการกวนสาร (รอบต่อนาที)	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
250	50.009	9.9152	2.0231	30.95	62.6145	31.3073	31.47840
น้ำล้างกรวยแยก			0.1007	3.40	0.34228	0.17114	
500	49.7586	9.6256	1.9892	29.90	59.4772	29.7386	30.0885
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	6.80	0.6999	0.3499	
750	49.8451	9.2772	2.0427	28.55	58.31986	29.15993	29.64914
น้ำล้างกรวยแยก			0.0983	9.95	0.97843	0.48922	

ตารางที่ ค.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเร็วรอบในการกวนสารต่างๆ

ความเร็วรอบ ในการกวนสาร (รอบต่อนาที)	ปริมาณ น้ำมัน (กรัม)	ปริมาณสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	ปริมาณกรดกำมะถัน เริ่มต้น (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
250	50.0324	10.0490	31.4944	31.4784	0.0160
500	50.0177	10.0004	30.6842	30.0885	0.5956
750	50.0799	9.9941	30.6163	29.6491	0.9672

ภาคผนวก ง

แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน โดยความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเท่ากับ 30, 40, 50, 60 และ 70 ร้อยละ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
30	50.0177	10.0004	1.2066	1	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	30.6842
				2	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
				3	1.9892	18.90	37.5959	5	3.7596	31.1598	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	9.55	0.9513			0.4757	30.6842
40	50.0143	10.0545	1.2891	1	1.9976	27.45	54.8353	5	5.4835	42.77057	42.1005
				2	1.9976	27.35	54.6355	5	5.4636	42.61476	
				3	1.9976	27.40	54.7354	5	5.4735	42.69267	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.1043	11.35	1.1844			0.5922	42.1005

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันเริ่มต้นที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ (ต่อ)

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	น้ำมัน ปริมาณ (กรัม)	สารละลายกรดกำมะถัน		ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน			
		ปริมาณ (กรัม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณเริ่มต้น (มิลลิโมล)
50	50.0463	10.0119	1.3156	1	1.9990	30.70	61.3704	5	6.1370	46.70230	
				2	1.9990	30.75	61.4703	5	6.1470	46.77837	
				3	1.9990	30.75	61.4703	5	6.1470	46.77837	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	19.10	1.9026		0.9513	45.80169	
60	50.0316	10.0170	1.5184	1	1.9990	51.05	102.0508	5	10.2051	67.32396	
				2	1.9990	51.30	102.5505	5	10.2551	67.65365	
				3	1.9990	51.45	102.8504	5	10.2850	67.85147	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	34.15	3.4018		1.7009	65.90877	
70	50.0811	10.0095	1.6343	1	1.9990	60.00	119.9421	5	11.9942	73.46084	
				2	1.9990	59.90	119.7422	5	11.9742	73.33840	
				3	1.9990	59.95	119.8422	5	11.9842	73.39962	
น้ำล้างบีกเกอร์					0.0996	14.60	1.4544		0.7272	72.67243	

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
30	49.7586	9.6256	1.9892	29.90	59.4772	29.7386	30.0885
น้ำล้างกรวยแยก			0.1029	6.80	0.6999	0.3499	
40	49.7624	9.6501	1.9976	40.90	81.70355	40.85178	41.20656
น้ำล้างกรวยแยก			0.1043	6.80	0.70958	0.35479	

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ (ต่อ)

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ชั้นน้ำมัน (กรัม)	ชั้นสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
			ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาณหลังทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
50	50.6537	9.6042	1.9892	44.55	88.61898	44.30949	44.80258
น้ำล้างกรวยแยก			0.0996	9.90	0.98619	0.49309	
60	49.6222	9.6660	1.9892	64.00	127.3090	63.65449	64.06291
น้ำล้างกรวยแยก			0.0996	8.20	0.81684	0.40842	
70	49.8904	9.5960	1.9892	68.95	137.1555	68.57776	68.65995
น้ำล้างกรวยแยก			0.0996	1.65	0.16436	0.08218	

ตารางที่ ง.3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	ปริมาณ น้ำมัน (กรัม)	ปริมาณสารละลาย กรดกำมะถัน (กรัม)	ปริมาณสารละลาย กรดกำมะถันเริ่มต้น (มิลลิโมล)	ปริมาณสารละลายกรดกำมะถัน ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ปริมาณสารละลายกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)
30	50.0177	10.0004	30.6842	30.0885	0.5956
40	50.0143	10.0545	42.1005	41.2066	0.8939
50	50.0463	10.0119	45.8017	44.8026	0.9991
60	50.0316	10.0170	65.9088	64.0629	1.8459
70	50.0811	10.0095	72.6724	68.6599	4.0125

ภาคผนวก จ

จ.1 การวิเคราะห์หาความหนาแน่นของสารละลายกรดกำมะถัน

วัสดุและอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ปิเปต ขนาด 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

- สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 40 50 60 และ 70 ร้อยละโดยน้ำหนัก

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตสารละลายกรดกำมะถัน 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. นำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

การคำนวณผล

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนัก}}{\text{ปริมาตร}}$$

ตารางที่ จ.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาความหนาแน่นของสารละลายกรดกำมะถัน
ที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ความเข้มข้น (ร้อยละโดยมวล)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	ความหนาแน่น (กรัม/ลบ.ซม)
30	6.0330	5	1.2066
40	6.4453	5	1.2891
50	6.5782	5	1.3156
60	7.5920	5	1.5184
70	8.1714	5	1.6343

จ.2 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้น

วัสดุและอุปกรณ์

- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmryer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
- บิวเรต ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- เตาไฟฟ้าให้ความร้อน

สารเคมี

- สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 40 50 60 และ 70 ร้อยละโดยน้ำหนัก
- ฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 0.1% ในเอทิลแอลกอฮอล์
- สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 2.0 M

วิธีการทดลอง

1. ปิเปิดสารละลายกรดกำมะถัน 5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่
2. ทำการไตเตรตสารละลายกรดกำมะถันด้วยสารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 2.0 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ
3. อ่านปริมาณสารละลายโซดาไฟที่ใช้ไปในการทดลอง

จ.3 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา

วัสดุและอุปกรณ์

- บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
- กรวยแยก ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- เครื่องกวนสาร
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmryer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

สารเคมี

- น้ำมันถั่วเหลือง
- สารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 30 40 50 60 และ 70 ร้อยละ โดยน้ำหนัก
- ฟีนอล์ฟทาลีน ความเข้มข้น 0.1% ในเอทิลแอลกอฮอล์
- สารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 2.0 M
- น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำมันปริมาณ 50 กรัมในบีกเกอร์ที่แห้ง
2. เติมสารละลายกรดกำมะถันลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำมันปริมาณ 10 กรัม
3. นำสารละลายในบีกเกอร์ที่เตรียมไปทำการกวนด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที
4. นำสารละลายที่ได้จากการกวนเทใส่ลงในกรวยแยก ตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการแยกชั้นอย่างสมบูรณ์
5. ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ ไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์ด้วยสารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 0.1 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ
6. ทำการแยกชั้นน้ำมันและชั้นสารละลายกรดกำมะถันใส่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นนำน้ำมันและกรดกำมะถันไปชั่งน้ำหนักหลังทำปฏิกิริยา
7. ล้างกรวยแยกด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำสารละลายกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก ไปทำการไตเตรต เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก ด้วยสารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 0.1 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ

8. นำชิ้นสารละลายกรดกำมะถันไปทำการไตเตรต เพื่อหาปริมาณของกรดกำมะถันที่ถูก
ใช้ไปในการเกิดปฏิกิริยา ด้วยสารละลายโซดาไฟความเข้มข้น 2.0 M โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็น
อินดิเคเตอร์ ทำการไตเตรตจนถึงยุติ

9. อ่านปริมาณสารละลายโซดาไฟที่ใช้ไปในการทดลอง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

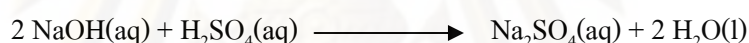
ภาคผนวก ฉ

ฉ.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเริ่มต้น

ตัวอย่างของการคำนวณโดยยกตัวอย่างการทดลองหาความเข้มข้นของสารมาตรฐานทศนิยม กรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้น (H_2SO_4) โดยทำการไตเตรทกับสารมาตรฐานปฐมภูมิโซดาไฟ (NaOH) เข้มข้น 0.9929 โมลต่อลิตร ดังนี้

จากการทดลองใช้สารละลาย NaOH ในการไตเตรท	=	181.35 มิลลิลิตร
ในสารละลาย NaOH 1000 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	0.9929 โมล
ดังนั้นสารละลาย NaOH 181.35 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	0.1801 โมล

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4	=	1 โมล
ดังนั้น NaOH 0.1801 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4	=	0.0900 โมล
เนื่องจากการไตเตรทครั้งนี้ใช้สารละลาย H_2SO_4 จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร		
ในสารละลาย H_2SO_4 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อ H_2SO_4	=	0.0900 โมล
ดังนั้นสารละลาย H_2SO_4 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อ H_2SO_4	=	18.0064 โมล
หรือสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้นเริ่มต้นมีความเข้มข้นเท่ากับ		18.0064 โมลต่อลิตร

ตารางที่ ฉ.1 แสดงการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้นที่ได้จากการทดลองไตเตรทสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 95-97 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละ โดยน้ำหนัก)	ครั้งที่	สารละลายโซดาไฟ			สารละลายกรดกำมะถัน	
		ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ปริมาณ (มิลลิโมล)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
สารละลายกรดกำมะถัน	1	0.9929	181.35	180.0638	5	18.0064
เข้มข้น 95-97 เปอร์เซ็นต์	2	0.9929	181.80	180.5106	5	18.0511

เฉลี่ย 18.0287

จ.2 การคำนวณการเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันในหน่วยร้อยละโดยน้ำหนักเป็นหน่วยโมลต่อลิตร

ตัวอย่างของการคำนวณ โดยยกตัวอย่างการทดลองหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนัก มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.2115 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ในสารละลายกรดกำมะถัน 100 กรัม มีเนื้อกรดกำมะถัน = 30 กรัม

$$\frac{\text{ความหนาแน่น}}{\text{ปริมาตร}} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

$$\text{ปริมาตรของสารละลายกรดกำมะถัน} = \frac{\text{มวลของสารละลายกรดกำมะถัน}}{\text{ความหนาแน่นของกรดกำมะถัน}}$$

$$= \frac{100}{1.2115}$$

$$= 82.5423 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ในสารละลายกรดกำมะถัน 82.5423 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อกรดกำมะถัน = 30 กรัม

ดังนั้นในสารละลายกรดกำมะถัน 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อกรดกำมะถัน

$$= \frac{30 \times 1000}{82.5423}$$

$$= 363.4500 \text{ กรัม}$$

$$\text{สารละลายกรดกำมะถันมีมวลโมเลกุล} = 98.078 \text{ กรัมต่อโมล}$$

$$\text{เนื้อกรดกำมะถัน 98.078 กรัม} = 1 \text{ โมล}$$

$$\text{ดังนั้นเนื้อกรดกำมะถัน 363.4500 กรัม} = \frac{363.4500}{98.078}$$

$$= 3.7057 \text{ โมล}$$

ในสารละลายกรดกำมะถัน 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อกรดกำมะถัน = 3.7057 โมล

หรือสารละลายกรดกำมะถันมีความเข้มข้นเท่ากับ 3.7057 โมลต่อลิตร

ตารางที่ ฉ.2 แสดงการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้นต่างๆ
ในหน่วยโมลต่อลิตร

ความเข้มข้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ความหนาแน่น ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (กรัม/ลบ.ซม)	ปริมาตร (ลบ.ซม)	ปริมาณ (กรัม)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
30	1.2115	82.5423	363.4500	3.7057
40	1.2953	77.2022	518.1200	5.2827
50	1.3872	72.0877	693.6000	7.0719
60	1.4898	67.1231	893.8800	9.1140
70	1.6014	62.4454	1120.9800	11.4295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉ.3 การคำนวณการเจือจางสารละลายกรดกำมะถัน

การเตรียมสารละลายวิธีนี้ จะต้องทำการคำนวณหาปริมาตรของสารละลายเดิมที่จะใช้ และ ปริมาตรของน้ำกลั่นที่จะเติม ตัวอย่างของการคำนวณ โดยยกตัวอย่างการเตรียมสารละลายกรดกำมะถันที่ความเข้มข้น 30.7057 โมลต่อลิตร หรือ 30 ไร่ยะ โดยน้ำหนัก จำนวน 100 มิลลิลิตร โดยความเข้มข้นของสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 18.0287 โมลต่อลิตร

จำนวน โมลในสารละลายเข้มข้น = จำนวน โมลในสารละลายเจือจาง

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายเข้มข้น (โมลต่อลิตร)

C_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายเจือจาง (โมลต่อลิตร)

V_1 คือ ปริมาตรของสารละลายเข้มข้น (มิลลิลิตร)

V_2 คือ ปริมาตรของสารละลายเจือจาง (มิลลิลิตร)

แทนค่าลงในสมการ

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{(18.0287 \times 100)}{30.7057}$$

$$V_1 = 20.5546 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้น ปริมาตรของสารละลายเดิมที่จะใช้เท่ากับ 20.5546 มิลลิลิตร

และใช้ปริมาณน้ำกลั่นเพื่อเจือจางสารละลายเข้มข้นเท่ากับ $100 - 20.5546 = 79.4454$ มิลลิลิตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.3 แสดงการคำนวณการเจือจางสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้นเริ่มต้น

ความเข้มข้น (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ความเข้มข้นของ สารละลายเข้มข้น (โมล/ลิตร)	ความเข้มข้นของ สารละลายเจือจาง (โมล/ลิตร)	ปริมาตรของ สารละลายเจือจาง (มิลลิลิตร)	ปริมาตรของ สารละลายเข้มข้น (มิลลิลิตร)
30	18.0287	3.7057	100	20.5546
40	18.0287	5.2827	100	29.3018
50	18.0287	7.0719	100	39.2259
60	18.0287	9.1140	100	50.5525
70	18.0287	11.4295	100	63.3959

ฉ.4 การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟ

ตัวอย่างของการคำนวณโดยยกตัวอย่างการทดลองหาความเข้มข้นของสารมาตรฐานทศตีย
ภูมิโซดาไฟ โดยทำการไตเตรทกับสารมาตรฐานปฐมภูมิโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลท (KHP)
ดังนี้

- สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลท 4.0141 กรัม
- น้ำหนักมวลโมเลกุลของสารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพาทาเลท เท่ากับ 204.2212

กรัมต่อโมล

- จากการทดลองใช้สารละลายโซดาไฟในการไตเตรท 181.35 มิลลิลิตร

$$\text{จำนวน โมลของสารละลาย KHP} = \text{จำนวน โมลของสารละลาย NaOH}$$

$$\frac{\text{น้ำหนักของ KHP}}{\text{มวลโมเลกุลของ KHP}} = \text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times \text{ปริมาตรของ NaOH}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของ NaOH} &= \frac{\text{น้ำหนักของ KHP}}{\text{มวลโมเลกุลของ KHP} \times \text{ปริมาตรของ NaOH}} \\ &= \frac{4.0141 \times 1000}{204.2212 \times 9.9} \\ &= 1.9854 \text{ โมล/ลิตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นสารละลายโซดาไฟมีความเข้มข้นเท่ากับ 1.9854 โมลต่อลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๓.4 แสดงผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ใน
การไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้น

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ครั้งที่	สารละลาย KHP	สารละลายโซดาไฟ	
		น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
30	1	4.0141	9.90	1.9854
	2	4.0294	9.90	1.9930
	เฉลี่ย			1.9892
40	1	4.0676	10.00	1.9918
	2	4.0507	9.90	2.0035
	เฉลี่ย			1.9976
50	1	4.0042	9.80	2.0007
	2	4.0382	9.90	1.9973
	เฉลี่ย			1.9990
60	1	4.0042	9.80	2.0007
	2	4.0382	9.90	1.9973
	เฉลี่ย			1.9990
70	1	4.0042	9.80	2.0007
	2	4.0382	9.90	1.9973
	เฉลี่ย			1.9990

ตารางที่ ๓.5 แสดงผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ใน
การไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ครั้งที่	สารละลาย KHP	สารละลายโซดาไฟ	
		น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
30	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996
40	1	0.2283	10.70	0.1045
	2	0.2171	10.20	0.1042
	เฉลี่ย			0.1043
50	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996
60	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996
70	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996

ตารางที่ ๖.6 แสดงผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ใน
การไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง
กรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ครั้งที่	สารละลาย KHP	สารละลายโซดาไฟ	
		น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
30	1	4.0141	9.90	1.9854
	2	4.0294	9.90	1.9930
	เฉลี่ย			1.9892
40	1	4.0676	10.00	1.9918
	2	4.0507	9.90	2.0035
	เฉลี่ย			1.9976
50	1	4.0141	9.90	1.9854
	2	4.0294	9.90	1.9930
	เฉลี่ย			1.9892
60	1	4.0141	9.90	1.9854
	2	4.0294	9.90	1.9930
	เฉลี่ย			1.9892
70	1	4.0141	9.90	1.9854
	2	4.0294	9.90	1.9930
	เฉลี่ย			1.9892

ศูนย์วิจัยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๗.7 แสดงผลการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซดาไฟที่ใช้ใน
การไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ครั้งที่	สารละลาย KHP	สารละลายโซดาไฟ	
		น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)	ความเข้มข้น (โมล/ลิตร)
30	1	0.2189	10.45	0.1026
	2	0.2088	9.90	0.1033
	เฉลี่ย			0.1029
40	1	0.2283	10.70	0.1045
	2	0.2171	10.20	0.1042
	เฉลี่ย			0.1043
50	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996
60	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996
70	1	0.3061	15.10	0.0993
	2	0.2654	13.00	0.1000
	เฉลี่ย			0.0996

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง โดยยกตัวอย่างการทดลองหาปริมาณของกรดกำมะถันที่เหลือในการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละโดยน้ำหนัก กับน้ำมันถั่วเหลือง ใช้เวลาในการกวน 30 นาที

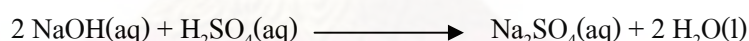
- ในการทดลองใช้น้ำมันจำนวน 50.0177 กรัม
- สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละโดยน้ำหนัก จำนวน 10.0004 กรัม มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.2066 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ข.1 การคำนวณหาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้น

สารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้นเข้มข้น 1.9892 โมลต่อลิตร

ใช้สารละลาย NaOH ในการไตเตรท	=	18.90 มิลลิลิตร
ในสารละลาย NaOH 1000 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	1.9892 โมล
ดังนั้นสารละลาย NaOH 18.90 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	37.5959 มิลลิโมล

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = 1 โมล

ดังนั้น NaOH 37.5959 มิลลิโมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = 18.7980 มิลลิโมล

เนื่องจากการไตเตรทครั้งนี้ใช้สารละลาย H_2SO_4 จำนวน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ในสารละลาย H_2SO_4 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อ H_2SO_4 = 18.7980 มิลลิโมล

ดังนั้นสารละลาย H_2SO_4 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีเนื้อ H_2SO_4 = 37.5959 มิลลิโมล

= 3.7596 โมล

หรือสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้นมีความเข้มข้นเท่ากับ 18.0064 โมลต่อลิตร

ในการทดลองใช้สารละลายกรดกำมะถันจำนวน 10.0004 กรัม มีความหนาแน่นเท่ากับ 1.2066 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร คำนวณหาปริมาณของกรดกำมะถันจาก

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณกรดกำมะถัน} &= \frac{(3.7596 \text{ โมล/ลิตร})(10.0004 \text{ กรัม})(1 \text{ ลิตร})}{(1.2066 \text{ กรัม/ลบ.ซม})(1000 \text{ ลบ.ซม})} \\ &= 0.0312 \text{ โมล} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้นเท่ากับ 31.1598 มิลลิโมล

ข.2 การคำนวณหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์

สารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์เข้มข้น 0.0996 โมลต่อลิตร

$$\begin{aligned} \text{ใช้สารละลาย NaOH ในการไตเตรท} &= 9.55 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{ในสารละลาย NaOH 1000 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH} &= 0.0996 \text{ โมล} \\ \text{ดังนั้นสารละลาย NaOH 9.55 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH} &= 0.9513 \text{ มิลลิโมล} \end{aligned}$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



$$\begin{aligned} \text{จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H}_2\text{SO}_4 &= 1 \text{ โมล} \\ \text{ดังนั้น NaOH 0.9513 มิลลิโมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H}_2\text{SO}_4 &= 0.4757 \text{ มิลลิโมล} \\ \text{ดังนั้นปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์เท่ากับ} &0.4757 \text{ มิลลิโมล} \end{aligned}$$

ข.3 การคำนวณหาปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง

สารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้นเข้มข้น 1.9892 โมลต่อลิตร

$$\begin{aligned} \text{ใช้สารละลาย NaOH ในการไตเตรท} &= 29.90 \text{ มิลลิลิตร} \\ \text{ในสารละลาย NaOH 1000 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH} &= 1.9892 \text{ โมล} \\ \text{ดังนั้นสารละลาย NaOH 29.90 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH} &= 59.4772 \text{ มิลลิโมล} \end{aligned}$$

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



$$\begin{aligned} \text{จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H}_2\text{SO}_4 &= 1 \text{ โมล} \\ \text{ดังนั้น NaOH 59.4772 มิลลิโมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H}_2\text{SO}_4 &= 29.7386 \text{ มิลลิโมล} \end{aligned}$$

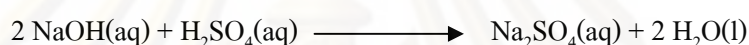
ดังนั้นปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลืองเริ่มต้นเท่ากับ 29.7386

ช.4 การคำนวณหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก

สารละลายโซดาไฟที่ใช้ในการไตเตรทหาปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์เข้มข้น 0.1029 โมลต่อลิตร

ใช้สารละลาย NaOH ในการไตเตรท	=	6.80 มิลลิลิตร
ในสารละลาย NaOH 1000 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	0.1029 โมล
ดังนั้นสารละลาย NaOH 6.80 มิลลิลิตร มีเนื้อ NaOH	=	0.6999 มิลลิโมล

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



จากสมการ NaOH 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = 1 โมล

NaOH 0.6999 มิลลิโมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ H_2SO_4 = 0.3499 มิลลิโมล

ดังนั้นปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์เท่ากับ 0.3499 มิลลิโมล

ช.5 การคำนวณหาปริมาณกรดกำมะถันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันกับน้ำมันถั่วเหลือง

ปริมาณกรดกำมะถันที่ใช้ไปในปฏิกิริยา

$$\begin{aligned}
 &= (\text{ปริมาณกรดกำมะถันเริ่มต้น} - \text{ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในบีกเกอร์}) \\
 &\quad - (\text{ปริมาณกรดกำมะถันหลังทำปฏิกิริยา} + \text{ปริมาณกรดกำมะถันที่ค้างอยู่ในกรวยแยก}) \\
 &= (31.1598 - 0.4757) - (29.7386 + 0.3499) \\
 &= 30.6842 - 30.0885 \\
 &= 0.5956 \text{ มิลลิโมล}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณของกรดกำมะถันที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดกำมะถันเข้มข้น 30 ร้อยละ โดยน้ำหนัก กับน้ำมันถั่วเหลือง ใช้เวลาในการทวน 30 นาทีเท่ากับ 0.5956 มิลลิโมล

ภาคผนวก ข

จากการทดลองวิเคราะห์ปริมาณสารละลายกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถัน และจากการคำนวณปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวจากข้อมูลพบว่าในน้ำมัน 50 กรัมจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำนวนเป็นจำนวน 146.5691 มิลลิโมล ซึ่งจะสามารถคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของสารละลายกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับสารละลายกรดกำมะถันดังแสดงในตารางที่ 4.2 - 4.5

ตารางที่ ข.1 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่เวลาในการกวนสารต่างๆ

เวลาที่ใช้ ในการกวนสาร (นาที)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ร้อยละของ ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ไปในปฏิกิริยา
15	0.3848	0.2728
30	0.5956	0.4223
60	0.8512	0.6035
120	0.4586	0.3251
240	0.8472	0.6007
480	0.5751	0.4077

ตารางที่ ๕.2 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่อัตราส่วน
ของน้ำมันถั่วเหลืองต่อสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

อัตราส่วน ของน้ำมัน ต่อกรดกำมะถัน	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ร้อยละของ ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยา
5 ต่อ 0.5	0.3321	0.2354
5 ต่อ 1	0.5956	0.4223
5 ต่อ 2	0.6911	0.4900
5 ต่อ 5	0.1858	0.1318
5 ต่อ 7	0.5000	0.3545
5 ต่อ 9	1.9974	1.4161

ตารางที่ ๕.3 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ
ในการกวนสารต่างๆ

ความเร็วรอบ ในการกวนสาร (รอบต่อนาที)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ร้อยละของ ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยา
250	0.0160	0.0113
500	0.5956	0.4223
750	0.9672	0.6857

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๗.4 แสดงร้อยละของปริมาณกรดกำมะถันที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยาที่ความเข้มข้น
ของสารละลายกรดกำมะถันต่างๆ

ความเข้มข้น กรดกำมะถัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (มิลลิโมล)	ร้อยละของ ปริมาณกรดกำมะถัน ที่ถูกใช้ไปในปฏิกิริยา
30	0.5956	0.4223
40	0.8939	0.6338
50	0.9991	0.7084
60	1.8459	1.3087
70	4.0125	2.8448

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวบุญรัตน์ ปีบัว เกิดเมื่อวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย