

# การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

# การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Alkyl Polyglycoside Synthesis



A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Bachelor of Engineering in Chemical Engineering  
Faculty of Engineering  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Academic Year 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์  
โดย นางสาวชนิกานต์ ภาสณัฒน์กุล  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา  
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์



.....ประธานกรรมการ  
(รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา)

.....กรรมการ  
(ผศ.ดร.วัลย์รัตน์ จันทระอมพร)

.....กรรมการ  
(ผศ.ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์  
นักศึกษา นางสาวชนิกานต์ ภาสณัพัฒน์กุล  
รหัสนักศึกษา 58010245  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชา วิศวกรรมเคมี  
ปีการศึกษา 2561  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมากมาย จึงมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มา  
จากชีวภาพมากยิ่งขึ้น อัลคิลโพลีไกลโคไซด์เป็นสารลดแรงตึงผิวชีวภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งใน  
ครัวเรือนและอุตสาหกรรม อัลคิลโพลีไกลโคไซด์เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ ซึ่งสามารถ  
สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาอะซิทัลไลเซชัน (acetalization) ระหว่างแอลกอฮอล์ไขมัน (โคเดคานอล-  
เตตระเดคานอล) และน้ำตาลกลูโคส โดยใช้กรดพาราโทลูอินซิลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา  
ทำปฏิกิริยาภายใต้ความดัน 20 มิลลิเมตรปรอท ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง งานวิจัยใน  
ครั้งนี้ศึกษาวิธีการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิและสัดส่วนของสาร  
ตั้งต้นที่ส่งผลต่อการทำปฏิกิริยา เพื่อให้ทราบถึงจุดที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์  
อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ ผลการทดลองถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลว  
สมรรถภาพสูง (HPLC) ซึ่งใช้อาซีโตไนโตรล์และน้ำเป็นสารพาในสัดส่วน 40:60 โดยปริมาตร สรุปได้  
ว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการทำปฏิกิริยาคือที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนระหว่างน้ำตาล  
กลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันเท่ากับ 1:6 อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้มีค่าความเข้มข้นวิกฤต  
ของการเกิดไมเซลล์ โดยตรวจวัดด้วยเครื่อง contact angle and surface tension analyzer มีค่า  
เท่ากับ 125 ppm

Report Title Alkyl polyglycoside synthesis  
By Miss CHANIKARN PHASPIPATKUL  
Student ID 58010245  
Degree Bachelor of Engineering  
Program Chemical Engineering  
Year 2018  
Report Advisor Assoc. Prof. Prakob Kitchaiya

### Abstract

Alkyl polyglucosides (APGs) represent the most important sugar surfactants. They are eco-friendly nonionic surfactants which produced by direct acetalization method. Alkyl polyglucosides were synthesized from fatty alcohol (dodecanol-tetradecanol (C12-C14)) and anhydrous glucose in catalysis system of p-toluenesulfonic acid. The reaction was carried out 2 hours under vacuum condition at 20 mmHg. This report studies the impact of temperature and reactants molar ratio. Moreover, we investigated the optimum point of these factors. The resulting products were analyzed by high performance liquid chromatography with acetonitrile-water (40:60 v/v) as a mobile phase using an isocratic elution. It is concluded that the best reaction process condition is the molar ratio of anhydrous glucose and fatty alcohol 1:6 and the reaction temperature is 110 °C. Critical micelle concentration (CMC) was analyzed by contact angle and surface tension analyzer and was equal to 125 ppm.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากคณาจารย์และบุคคลหลายท่าน ผู้จัดทำขอขอบคุณ รศ.ดร.ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานมาโดยตลอด อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปริญญาานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการตรวจปริญญาานิพนธ์ ผศ.ดร.วัลย์รัตน์ จันทระอัมพร และ ผศ.ดร.กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำสำหรับเล่มรายงานให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ นายชนน ตรีภูวนา เลื่อนใส นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์สารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

ขอขอบคุณนายธนบูรณ์ บันสุวรรณ นายธีรพันธ์ ตั้งกิตติมศักดิ์ และ เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และช่วยแก้ไขปัญหา ในการใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ขอขอบคุณ บริษัท โกลบอลกรีนเคมิคอล จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์แอลกอฮอล์ไขมันในงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท Fenchem Biotek Ltd. ที่ให้ตัวอย่างอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ เพื่อนำมาเป็นตัวอย่งเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนทางด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือจนปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ชนิกานต์ ภาสกรพิพัฒน์กุล

## สารบัญ

บทคัดย่อ .....	I
Abstract .....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูปภาพ .....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตโครงการ.....	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 สารลดแรงตึงผิว.....	4
2.1.1 ประเภทของสารลดแรงตึงผิว.....	5
2.1.2 การประยุกต์.....	5
2.2 สารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (Alkyl polyglycosides).....	6
2.2.1 น้ำตาลกลูโคส (glucose).....	6
2.2.2 แอลกอฮอล์ไขมัน (Fatty alcohol) .....	9
2.3 การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ .....	13
2.4 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (critical micelle concentration, CMC).....	14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	17
บทที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง.....	21
3.1 การทำปฏิกิริยา .....	21

## สารบัญ (ต่อ)

3.2 การทำให้บริสุทธิ์.....	22
3.3 การวิเคราะห์ .....	23
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....</b>	<b>26</b>
4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิ.....	26
4.2 อิทธิพลของสัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน .....	28
4.3 การตรวจวัดด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)).....	28
4.4 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ .....	31
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>35</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	35
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	35
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>36</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>38</b>
ภาคผนวก ก การรคำนวณปริมาณสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	39
ก.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน.....	39
ก.2 การคำนวณความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน .....	40
ภาคผนวก ข ข้อมูลผลการทดลอง.....	42
ข.1 อิทธิพลของสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นและอุณหภูมิ.....	42
ข.2 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์.....	43
ภาคผนวก ค อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	44
ภาคผนวก ง โครมาโทแกรม.....	46

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	ตัวแปรที่ทำการศึกษาการสังเคราะห์อัลซิลโพลีไกลโคไซด์.....	22
ตารางที่ 4.1	ร้อยละผลได้ของการสังเคราะห์อัลซิลโพลีไกลโคไซด์ภายใต้สภาวะตัวเร่ง ปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิและสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นต่างๆ.....	27
ตารางที่ 4.2	ความถี่ของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันต่างๆของสาร อัลซิลโพลีไกลโคไซด์.....	29
ตารางที่ ข.1	การสังเคราะห์อัลซิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน ภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง.....	42
ตารางที่ ข.2	การสังเคราะห์อัลซิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน ภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง.....	42
ตารางที่ ข.3	การสังเคราะห์อัลซิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน ภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลา ในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง.....	43
ตารางที่ ข.3	ค่าแรงตึงผิวที่วัดจากเครื่อง เครื่อง contact angle and surface tension analyzer ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	43

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	สารลดแรงตึงผิวและโครงสร้างการจับตัวของไมเซลล์.....	4
รูปที่ 2.2	ปฏิกิริยาปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน (saponification).....	6
รูปที่ 2.3	โครงสร้างมอนอแซ็กคาไรด์.....	7
รูปที่ 2.4	การเกิดของน้ำตาล.....	8
รูปที่ 2.5	การเกิดวงของน้ำตาลกลูโคส.....	9
รูปที่ 2.6	การแสดงสูตรโครงสร้างน้ำตาล.....	9
รูปที่ 2.7	ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ไขมัน.....	10
รูปที่ 2.8	ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไขมัน.....	11
รูปที่ 2.9	ปฏิกิริยารีดักชันของไขมัน.....	11
รูปที่ 2.10	ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันและทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน.....	11
รูปที่ 2.11	วิธีการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	14
รูปที่ 2.12	การเกิดจุดวิกฤตความเข้มข้นไมเซลล์ (CMC).....	15
รูปที่ 2.13	ผังเครื่องมือการแรงตึงผิวด้วยวิธีการหยด (pendant drop method).....	16
รูปที่ 2.14	หยดของของเหลว (pendant drop).....	17
รูปที่ 2.15	ปฏิกิริยาการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	17
รูปที่ 2.16	แรงตึงผิวและความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิดต่างๆ.....	18
รูปที่ 2.17	IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C <sub>8</sub> .....	18
รูปที่ 2.18	IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C <sub>10</sub> .....	19
รูปที่ 2.19	IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C <sub>12</sub> .....	20
รูปที่ 2.20	IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	20
รูปที่ 3.1	ชุดอุปกรณ์ทำปฏิกิริยา.....	22
รูปที่ 3.2	เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (high-performance liquid chromatography).....	24
รูปที่ 3.3	เครื่อง contact angle and surface tension analyzer.....	25
รูปที่ 4.1	อิทธิพลของอุณหภูมิและสัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันที่มีผลต่อการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	27
รูปที่ 4.2	IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้.....	30
รูปที่ 4.3	IR-spectrum ของกลูโคส.....	30
รูปที่ 4.4	IR-spectrum ของแอลกอฮอล์ไขมัน.....	31

## สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.5 IR-spectrum ของแอลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C <sub>12</sub> ที่ได้จาก บริษัท Fenchem Biotek Ltd.....	31
รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์....	32
รูปที่ 4.7 ผลิตกัณฑ์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	33
รูปที่ 4.8 การทดสอบการล้างทำความสะอาด ก) คราบน้ำมันเริ่มแรกก่อนทำความสะอาด ข) ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ค) ล้างทำความสะอาดด้วยสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	34
รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบค่าพื้นที่และความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์.....	39
รูปที่ ค.1 เครื่องโอมิจีไนเซอร์.....	44
รูปที่ ค.2 ชุดเครื่องกลั่นแบบสั้น (short path distillation).....	44
รูปที่ ค.3 ป้อนสุญญากาศ 2 สเตจ.....	45
รูปที่ ง.1 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มาตรฐาน.....	46
รูปที่ ง.2 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3.....	46
รูปที่ ง.3 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:6.....	46
รูปที่ ง.4 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9.....	47
รูปที่ ง.5 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3.....	47
รูปที่ ง.6 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:6.....	47
รูปที่ ง.7 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9.....	48
รูปที่ ง.8 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3.....	48

## สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ ง.9	โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:6.....	48
รูปที่ ง.10	โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9.....	49



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาใหญ่ที่ได้รับความสนใจจากผู้คนมากมาย จึงมีความพยายามในการป้องกันและแก้ไขปัญหามาเพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น หนึ่งในปัญหา คือ การใช้ผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นจึงมีการหันมาใช้ผลิตภัณฑ์จากชีวภาพ (bioproduct) แทนการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์ทางเคมี (chemical products) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพสามารถย่อยสลายได้ดีและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางเคมี ซึ่งมีข้อเสีย คือ ย่อยสลายยาก ส่งผลให้มีสารตกค้างในธรรมชาติและก่อให้เกิดเป็นมลพิษทางสิ่งแวดล้อม โดยประมาณการอย่างคร่าวๆในวันหนึ่งคนไทยใช้สารลดแรงตึงผิวเพื่อการชะล้างทำความสะอาด ทั้งร่างกาย เสื้อผ้า งานช่าง อาคารบ้านเรือน และ ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่น้อยกว่าคนละ 2 กรัมต่อวัน หรืออย่างน้อยประมาณวันละ 140 ตัน สารลดแรงตึงผิวเหล่านี้ถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ แม่น้ำ และ ไหลลงสู่ทะเล

สารลดแรงตึงผิว (surfactant) หมายถึง สารที่มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว (surface tension) ระหว่างกันของสาร ช่วยในการกระจายตัวของของเหลวให้ดีขึ้นและลดแรงตึงผิวระหว่างสาร 2 ชนิด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนมีขั้ว มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนไม่มีขั้ว มีคุณสมบัติชอบไขมัน (hydrophobic) สามารถละลายได้ดีสำหรับสารประเภทไฮโดรคาร์บอนและสารไม่มีขั้ว (non-polar) ซึ่งชนิดของส่วนมีขั้วและไม่มีขั้วส่งผลถึงคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวที่แตกต่างกัน สารลดแรงตึงผิวเป็นผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์ทางเคมีที่ถูกนำมาใช้ปริมาณมากในครัวเรือนและอุตสาหกรรมและมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน จึงเป็นสิ่งที่ถูกผลักดันให้ใช้สารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยามาจากทรัพยากรที่ยั่งยืนแทนการใช้ปิโตรเคมี ดังนั้นอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (alkyl polyglycosides) จึงเป็นหนึ่งทางเลือกสำหรับการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม สารตั้งต้นที่นำมาสังเคราะห์เป็นสารที่ได้จากธรรมชาติและส่งผลกระทบท่อผู้บริโภคน้อยมาก ส่วนมีขั้วที่ถูกนำมาทำเป็นสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ กลูโคส ซึ่งได้จากการไฮโดรไลซิสแป้ง และส่วนไม่มีขั้ว ได้แก่ แอลกอฮอล์ไขมัน (fatty alcohol) ซึ่งผลิตได้จากน้ำมันพืช

อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (alkyl polyglycosides ; APG) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน ทั้งในเกษตรกรรม เครื่องสำอาง สารทำความสะอาดในครัวเรือน ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น สามารถสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ได้หลากหลายวิธี เช่น วิธีจากปฏิกิริยาไกลโคซิเดชันทางอ้อม (glycosidation indirection method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีปฏิกิริยาไกลโคซิเดชันทางตรง (glycosidation direction method) วิธีฟิชเชอร์ (fischer method) วิธีย่อยแป้ง (starch degradation) วิธีเร่งปฏิกิริยาด้วยตะกั่วเตตระคลอไรด์ (tin tetrachloride catalysis) เป็นต้น [1] ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ในการสังเคราะห์อัลคิลโพลีกลูโคไซด์ คือ วิธีจากปฏิกิริยาไกลโคซิเดชันทางตรง ซึ่งเป็นการนำกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันทำปฏิกิริยาโดยตรง ใช้ตัวเร่งกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ วิธีนี้มีข้อดี คือ มีต้นทุนในการผลิตต่ำ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์สูงและเกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้ต่ำ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการสังเคราะห์และปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาอะซิตาลไอเซชัน (acetalization) ระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันเพื่อให้ได้สารลดแรงตึงผิวชีวภาพและศึกษาค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (CMC) สารตั้งต้นที่ถูกนำมาใช้เป็นสารที่ได้มาจากธรรมชาติ จึงส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นทางเลือกในการผลิตผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกายที่มีความปลอดภัย

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาศึกษาปัจจัย (อุณหภูมิ, สัดส่วนโมลของกลูโคส:แอลกอฮอล์ไขมัน) ที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาอะซิตาลไอเซชัน (acetalization)
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติ (ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์) ของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้

## 1.3 ขอบเขตโครงการ

ศึกษาปัจจัยและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีกลูโคไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาอะซิตาลไอเซชัน ระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน ซึ่งใช้กรดพาราโทลูอินซัลโฟนิก (p-toluenesulfonic acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิและสัดส่วนระหว่างกลูโคสกับแอลกอฮอล์ไขมันแตกต่างกัน

## 1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาวิธีการทดลองและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
3. ออกแบบการทดลอง
4. ทำการทดลอง
5. วิเคราะห์ผลที่ได้
6. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถสังเคราะห์และพัฒนาการผลิตสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีกลูโคไซด์
2. ได้เรียนรู้เกี่ยวกับปฏิกิริยาอะซิติลไลเซชันระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน
3. ได้เรียนรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาอะซิติลไลเซชันและหาสภาวะที่เหมาะสมจาก

การทดลอง

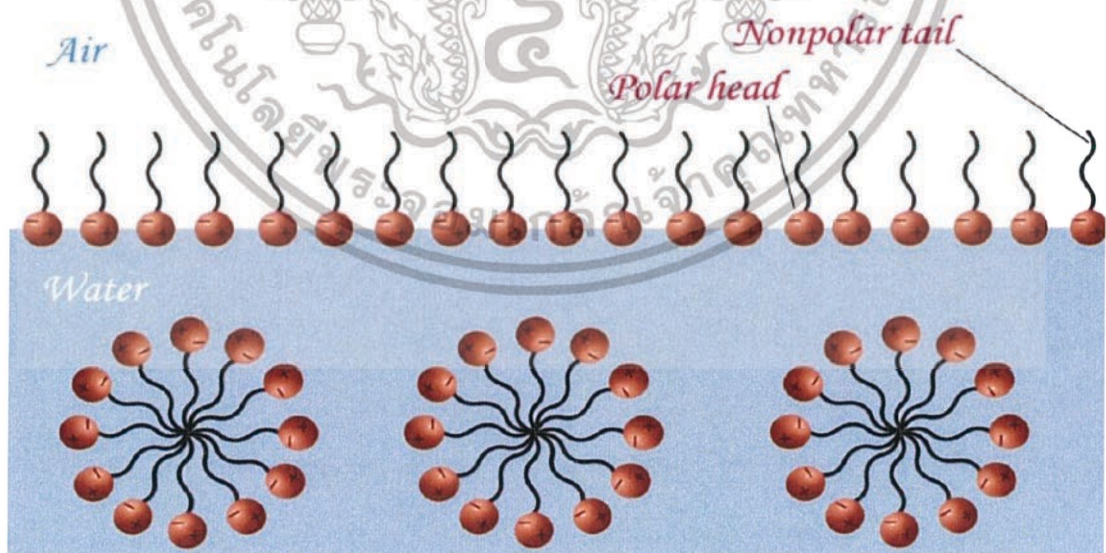


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 สารลดแรงตึงผิว [2]

สารลดแรงตึงผิว (surfactants) คือสารที่มีลักษณะเป็นโมเลกุลแอมฟิฟิลิก (amphiphilic molecules) เนื่องจากโมเลกุลของสารประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) หรือส่วนหัว ซึ่งสามารถละลายเข้ากับส่วนที่มีขั้ว เป็นส่วนที่มีหมู่คาร์บอกซี ซัลโฟเนต แอมโมเนียม ไฮดรอกซี และเอไมด์เป็นหมู่ฟังก์ชัน และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) หรือส่วนหาง ซึ่งเป็นหมู่ไฮโดรคาร์บอน มีลักษณะเป็นสายโซ่ตรงหรือกึ่งและมีคาร์บอนมากกว่า 8 ตัวขึ้นไป สามารถละลายเข้ากับเฟสของน้ำมัน สารลดแรงตึงผิวทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวระหว่างพื้นผิวที่สัมผัสกันได้ เช่น ลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลว 2 ชนิด ลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวและก๊าซ เป็นต้น ค่าแรงตึงผิวระหว่างพื้นผิวของน้ำกับอากาศ เรียกว่า “surface tension” และค่าแรงตึงผิวระหว่างน้ำกับไฮโดรคาร์บอน เรียกว่า “interfacial tension” เมื่อสารลดแรงตึงผิวอยู่ในสารละลาย โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะสะสมอยู่บริเวณผิวของตัวทำละลาย หันส่วนชอบน้ำเข้าหาสารมีขั้วและหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหาสารที่ไม่มีขั้ว จึงทำให้เกิดการลดค่าแรงตึงผิวของตัวทำละลาย เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า “ไมเซลล์” (micelle) แสดงดังรูปที่ 2.1 ทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนกระจายในน้ำได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของสารชำระล้าง (detergent)



รูปที่ 2.1 สารลดแรงตึงผิวและโครงสร้างการจับตัวของไมเซลล์ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 ประเภทของสารลดแรงตึงผิว [3-4]

สารลดแรงตึงผิวสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามประจุไฟฟ้าของส่วนที่ชอบน้ำของสารลดแรงตึงผิว คือ สารลดแรงตึงผิวประจุลบ (anionic surfactants) สารลดแรงตึงผิวประจุบวก (cationic surfactants) สารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ (nonionic surfactants) และ สารลดแรงตึงผิวแอมโฟเทอริก (amphoterik หรือ zwitterionic surfactants)

1) สารลดแรงตึงผิวประจุลบ เป็นกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้มากในอุตสาหกรรมและในครัวเรือน จำพวกผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด ผงซักฟอกและน้ำยาล้างจาน ส่วนมากจะแสดงประจุในรูปคาร์บอกซีเลต ซัลเฟต ซัลโฟเนตหรือฟอสเฟต สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีและมีความสามารถในการเกิดฟอง

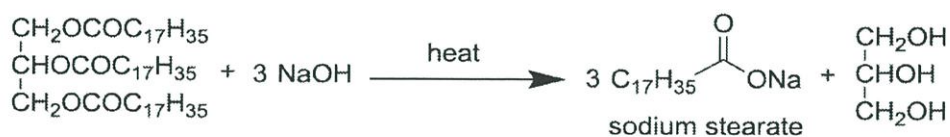
2) สารลดแรงตึงผิวประจุบวก มักมีประจุเป็นแอมโมเนียมแบบจตุรภูมิ (quaternary ammonium) นิยมใช้ในพวกน้ำยาปรับผ้านุ่ม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการจัดแต่งทรงผม เป็นต้น สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้จะไม่สามารถทำงานได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะต่าง (pH ระหว่าง 10-11) เนื่องจากเกลือแอมโมเนียมสูญเสียประจุบวก ทำให้เกิดการตกตะกอน

3) สารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ เป็นกลุ่มของโพลีอีเทอร์ (polyether) หรือ โพลีไฮดรอกซี (polyhydroxy) มีคุณสมบัติคล้ายพวกที่มีประจุ ใช้มากในผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผิว เป็นต้น

4) สารลดแรงตึงผิวแอมโฟเทอริก เป็นสารที่มีทั้งประจุบวกและประจุลบอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน มักถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เนื่องจากการระคายเคืองบริเวณผิวหนังและดวงตาต่ำ

### 2.1.2 การประยุกต์ [2]

สบู่ คือ สารลดแรงตึงผิวที่มีใช้กันมาช้านาน ผลิตภัณฑ์ในยุคเริ่มแรกของอุตสาหกรรมผลิตสบู่ คือ โซเดียมสเตียเรต (sodium stearate) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา saponification ระหว่างไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ประกอบกับให้ความร้อนระหว่างทำปฏิกิริยาจนเกิดเป็นเกลือของหมู่คาร์บอกซีเลต (sodium salt of carboxylate) สมการปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาปฏิกิริยาสะaponนิฟิเคชัน (saponification) [2]

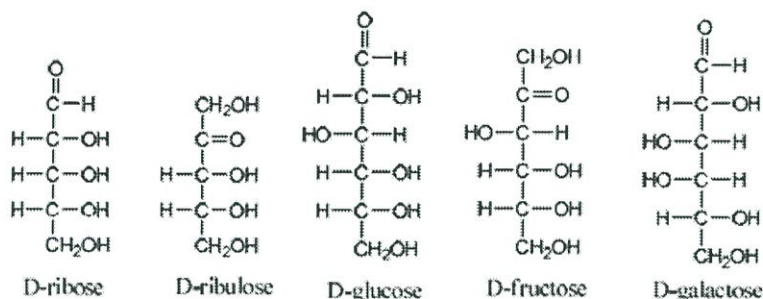
ต่อมาได้มีการนำสารเคมีจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสารลดแรงตึงผิว ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการทำทำความสะอาดดียิ่งขึ้น สามารถทำความสะอาดเสื้อผ้า งาน เครื่องใช้ในครัว รวมไปถึงการทำทำความสะอาดร่างกาย เมื่อเปรียบเทียบกับสบู่ที่ได้จากไตรกลีเซอไรด์ พบว่าสารลดแรงตึงผิวจากปิโตรเคมีมีความสามารถในการเกิดฟองได้ดีกว่าและมีการระคายเคืองที่ต่ำกว่า แต่เนื่องจากมีการใช้สารลดแรงตึงผิวในชีวิตประจำวันมาก ประกอบกับความสามารถในการเกิดฟองของสารลดแรงตึงผิว จึงทำให้เกิดกลุ่มของฟองปริมาณมากในแม่น้ำ สารลดแรงตึงผิวที่ย่อยสลายเองตามธรรมชาติยากก่อให้เกิดปัญหาตามมามากมาย จึงมีการริเริ่มคิดค้นหาสารที่สามารถย่อยสลายง่ายมาแทนที่

## 2.2 สารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (Alkyl polyglycosides)

สารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มีส่วนมีขั้วจากน้ำตาลกลูโคสและส่วนที่ไม่มีขั้วจากแอลกอฮอล์ไขมันเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญสำหรับสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิว ซึ่งหมายถึงสารที่เมื่อละลายในน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นสำหรับตลาดของการผลิตสารทำความสะอาด เนื่องจากมีสมบัติที่สามารถล้างสิ่งสกปรก สารตั้งต้นทั้งสองมีหมู่ฟังก์ชันเป็นโครงสร้างพื้นฐาน จึงเป็นไปได้ที่จะเกิดปฏิกิริยาเกิดเป็นสารใหม่ได้และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวที่ทำมาจากปิโตรเคมี

### 2.2.1 น้ำตาลกลูโคส (glucose) [5-6]

มอนอแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เป็นหน่วยน้ำตาลที่เล็กที่สุดประกอบด้วยคาร์บอน 3 ถึง 8 แสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งมอนอแซ็กคาไรด์ที่พบมากในธรรมชาติคือ เพนโทสและเฮกโซส เพนโทสที่พบมากได้แก่ ไรโบสและไรบูโรส เฮกโซสที่พบมาก ได้แก่ กลูโคส ฟรักโทส และกาแลกโทส ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

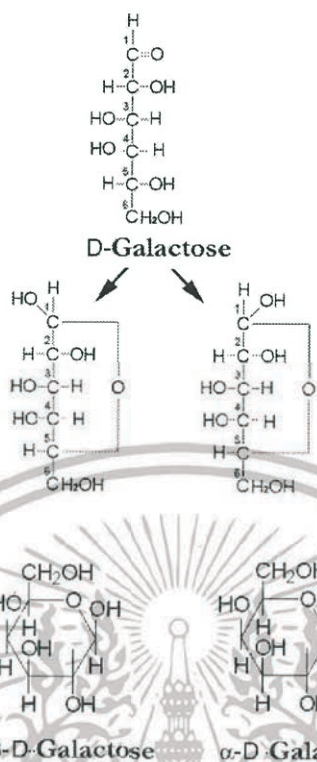


รูปที่ 2.3 โครงสร้างมอนอแซ็กคาไรด์ [5]

หากจำแนกน้ำตาลเพนโทสและเฮกโซสตามหมู่ฟังก์ชันสามารถจำแนกได้สองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของน้ำตาลที่มีหมู่อัลดีไฮด์ จะเรียกน้ำตาลเหล่านี้ว่า อัลโดส (Aldose) เช่น ไรโบส กลูโคส กาแลกโทส แอลโทรส เป็นต้น และกลุ่มน้ำตาลที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นคีโตน จะเรียกน้ำตาลกลุ่มนี้ว่า คีโตส (Ketose) ตัวอย่างเช่น น้ำตาลไรบูโลส น้ำตาลฟรักโทส น้ำตาลซอร์โบส เป็นต้น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเหล่านี้มักมีคาร์บอนที่ไม่สมมาตร (Asymmetric carbon) กล่าวคือ พันธะทั้งสี่ของอะตอมนี้จับกับหมู่ที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเมื่อน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมีคาร์บอนที่ไม่สมมาตรมากกว่าหนึ่งอะตอมจะมีจำนวนไอโซเมอร์เพิ่มขึ้นโดยจำนวนไอโซเมอร์สามารถคิดได้จาก  $2^n$  โดยที่  $n$  คือ จำนวนคาร์บอนที่ไม่สมมาตรในโมเลกุล และการกำหนดไอโซเมอร์หน้าชื่อของน้ำตาลว่าเป็น D- หรือ L- ให้ดู ตำแหน่งของหมู่ OH บนคาร์บอนที่ไม่สมมาตรที่อยู่ห่างจากหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนนิลมากที่สุด โดยที่หาก OH อยู่ด้านขวามือ จะเป็น D-isomer (R configuration) แต่ถ้า OH อยู่ซ้ายมือจะเป็น L-isomer (S configuration)

น้ำตาลกลูโคสเป็น คาร์โบไฮเดรตประเภท น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) มีคาร์บอน 6 อะตอม ชนิดอัลโดส (aldose) น้ำตาลกลูโคสที่พบอยู่ในรูป D-glucose ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) น้ำตาลกลูโคส อาจเรียกว่า dextrose

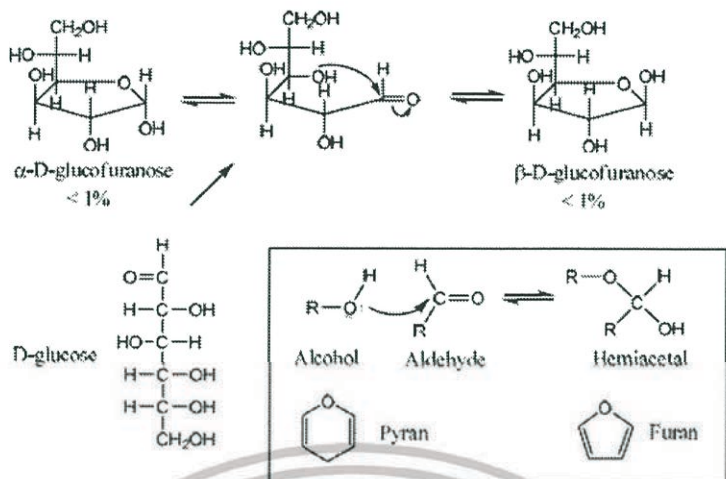
ในธรรมชาติมอนอแซ็กคาไรด์ส่วนใหญ่มีโครงสร้างที่เป็นวง เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่เสถียรมากกว่าโครงสร้างแบบโซ่เปิด โดยการสร้างโครงสร้างแบบวงเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง  $-\text{C}=\text{O}$  กับ  $-\text{OH}$  ในโมเลกุลเดียวกัน การเกิดวงทำให้น้ำตาลมีไอโซเมอร์เพิ่มอีกสองรูปคือ อัลฟา ( $\alpha$ ) และ เบต้า ( $\beta$ ) แสดงดังรูปที่ 2.4



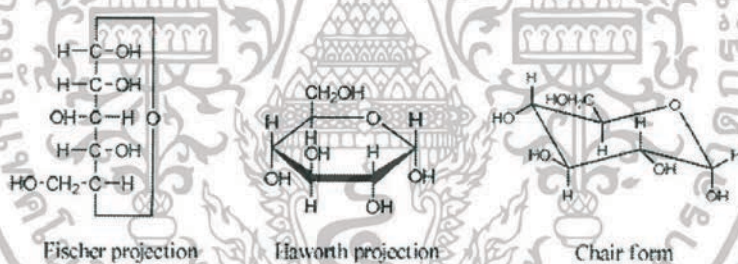
รูปที่ 2.4 การเกิดของน้ำตาล [6]

การปิดวงของน้ำตาล D-glucose มีลักษณะคล้ายวง pyran จึงเรียกกน้ำตาลที่มีวงชนิดนี้ว่า pyranose ส่วนน้ำตาล D-fructose มีลักษณะวงคล้าย furan จึงเรียกกน้ำตาลชนิดนี้ว่า furanose แสดงดังรูปที่ 2.5 ในการเกิดวงทำให้น้ำตาลมีไอโซเมอร์เพิ่มอีกสองรูปคือ อัลฟา ( $\alpha$ ) และ เบต้า ( $\beta$ ) ซึ่งต่างกันที่ตำแหน่ง OH และ H เมื่อเกิดการปิดวง วง -OH อยู่ด้านล่างของวงจะเรียกว่าโครงสร้างแบบอัลฟา และ -OH อยู่ด้านบนเรียกว่าเบต้า ซึ่งเรียกไอโซเมอร์ ชนิดนี้ว่า อะโนเมอร์ และคาร์บอนตำแหน่งที่เกิดจะเรียกว่า anomeric carbon การแสดงสูตรโครงสร้างน้ำตาลสามารถแสดงแบบ Fischer projection Haworth projection หรือ แบบ chair form ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การเกิดวงของน้ำตาลกลูโคส [6]



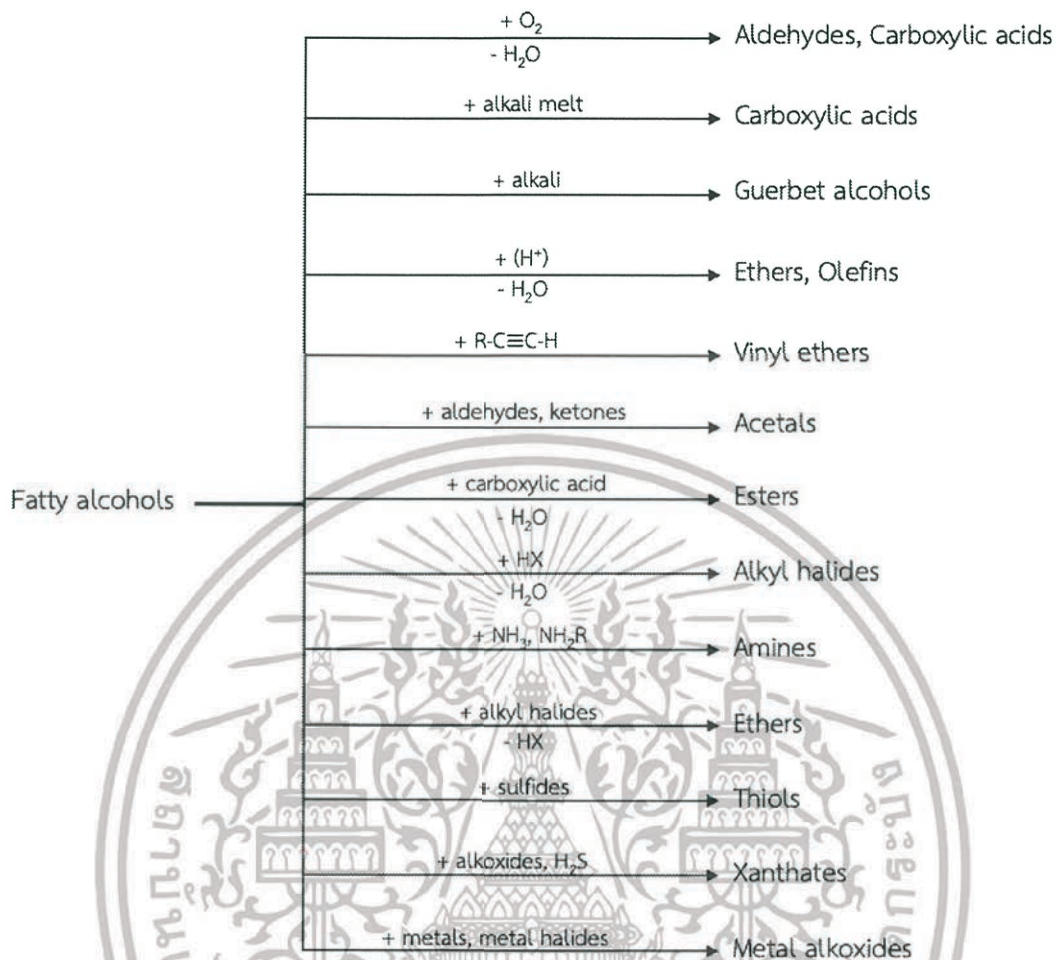
รูปที่ 2.6 การแสดงสูตรโครงสร้างน้ำตาล [6]

## 2.2.2 แอลกอฮอล์ไขมัน (Fatty alcohol) [7-8]

### 2.2.2.1 แอลกอฮอล์ไขมันอิ่มตัว

แอลกอฮอล์ไขมันอิ่มตัวมีลักษณะเป็นของเหลวไม่มีสี และ แอลกอฮอล์ไขมันอิ่มตัวที่มีขนาดใหญ่จะมีลักษณะเป็นขี้ผึ้งที่เหนียวข้น แอลกอฮอล์ไขมันมีความหนาแน่นจำเพาะต่ำกว่าน้ำมีกลิ่นเฉพาะตัว แอลกอฮอล์ไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่กว่าจะมีกลิ่นน้อย

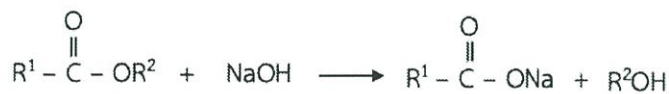
แอลกอฮอล์ไขมันมีหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบ จึงสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารหรือหมู่ฟังก์ชันอื่นได้หลากหลาย แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ไขมัน [8]

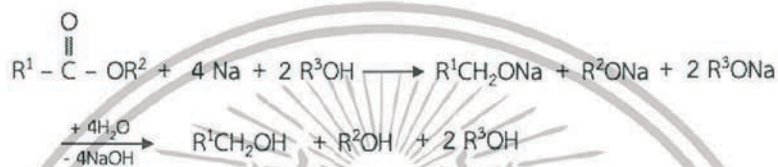
กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ไขมันมีวัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ ไขมันและน้ำมันจากพืชและสัตว์ วัตถุดิบกลุ่มนี้จะมีกรดไขมันที่อยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) ที่นำไปผ่านกระบวนการไฮโดรจีเนชันเกิดเป็นแอลกอฮอล์ไขมันได้ กลุ่มที่ 2 คือไขเอสเทอร์จากไขวาฬ (wax esters from whale oil(sperm oil)) ไขกลุ่มนี้จะทำให้เกิดแอลกอฮอล์ไขมันด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหรือปฏิกิริยารีดักชันกับโซเดียม แต่เนื่องจากวาฬเป็นสัตว์ใหญ่และพบได้น้อย จึงไม่นิยมใช้ไขเอสเทอร์จากไขปลาวาฬเพื่อนำมาผลิตแอลกอฮอล์ไขมัน ไขเอสเทอร์ยังสามารถพบในพืชที่ชื่อว่าโจโจบา (jojoba plant) ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ถูกใช้แทนวาฬ

1) ไฮโดรไลซิสของไขเอสเทอร์ - การทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดแอลกอฮอล์ไขมันโดยมีไขเอสเทอร์และโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารตั้งต้น อุณหภูมิในการใช้ทำปฏิกิริยามากถึง 300 องศาเซลเซียส มีผลิตภัณฑ์ร้อยละผลได้ประมาณ 35



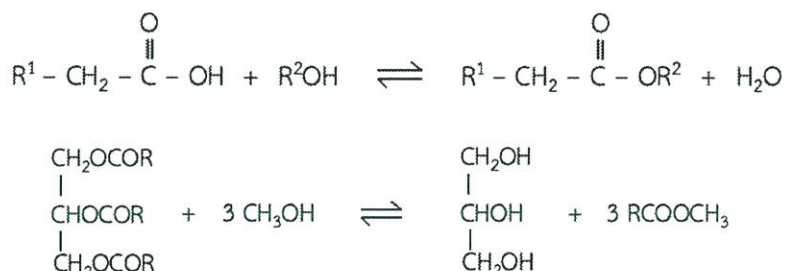
รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไฮเอสเตอร์ [7]

2) ปฏิกิริยารีดักชันของไฮเอสเตอร์ - การทำปฏิกิริยารีดักชันมีสารตั้งต้นคือ เอสเตอร์ โซเดียมที่หลอมและแอลกอฮอล์ตามสมการรูปที่ 2.9 เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว แอลกอฮอล์ (alkoxides) จะถูกแยกด้วยการล้างน้ำ แอลกอฮอล์ที่เหลือสามารถแยกโดยการกลั่น



รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยารีดักชันของไฮเอสเตอร์ [7]

3) ปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน - ผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ไขมันที่มีจำนวน 12 ถึง 14 คาร์บอนสามารถหาได้จากน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเมล็ดปาล์ม แอลกอฮอล์ไขมันที่มีจำนวน 16 ถึง 18 คาร์บอนสามารถผลิตจากน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและไขมันวัว ส่วนแอลกอฮอล์ไขมันที่มีจำนวน 20 ถึง 22 คาร์บอนสามารถผลิตได้จากน้ำมันเรพเส็ด (rapeseed oil) วัตถุประสงค์เหล่านี้จะมีองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งก่อนจะทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันจะต้องมีกระบวนการนำสารปนเปื้อนออก เช่น น้ำ ฟอสฟาไทด์ (phosphatides) สเตอรอล (sterols) เป็นต้น และถูกไฮโดรไลซ์เพื่อให้ได้กรดไขมัน (fatty acid) จากนั้นเปลี่ยนรูปให้เป็นเอสเตอร์ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน นอกจากนี้ยังสามารถทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์แสดงดังรูปที่ 2.10 หลังจากทำกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจึงนำเข้าสู่กระบวนการไฮโดรจีเนชันซึ่งมี 3 วิธีที่นิยมใช้ คือ 1.suspension hydrogenation 2.gas-phase hydrogenation และ 3.trickle-bed hydrogenation ทั้ง 3 วิธีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นสารประกอบออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 200 ถึง 300 องศาเซลเซียส ความดัน 20-30 เมกะปาสคาล



รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันและทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การประยุกต์ใช้แอลกอฮอล์ไขมันอิ่มตัว

คุณลักษณะแบบแอมฟิฟิลิก (amphiphilic) ของแอลกอฮอล์ไขมันเกิดจากการมีส่วนที่ไม่มีขั้วซึ่งมาจากสายโซ่ของคาร์บอนและส่วนมีขั้วจากหมู่ไฮดรอกซิล ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการจัดเรียงตัวบริเวณผิวของสาร 2 ชนิดและลดแรงตึงผิวระหว่างสาร ดังนั้นแอลกอฮอล์ไขมันนำมาใช้งานในรูปของอิมัลชันและไมโครอิมัลชันในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและครีมทาผิว อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นสารหล่อลื่นในกระบวนการผลิตพอลิเมอร์ แอลกอฮอล์ไขมันที่ถูกแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยส่วนมีขั้วที่ใหญ่ขึ้นจะส่งผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารลดแรงตึงผิวให้ดีขึ้นและใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น

- Alkyl polyglycol ether (fatty alcohol polyglycol ether ( $\text{RCH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$ )) เป็นสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีขั้วชนิดแรกที่ได้ถูกผลิตขึ้นมา การสังเคราะห์สารชนิดนี้สามารถทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ไขมันและเอทิลีนออกไซด์ (ethyl oxide) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเกิดฟองน้อย

- Alkyl sulfate (fatty alcohol sulfates ( $\text{RCH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$ )) จะเป็นกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวชนิด กระจุกและ เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ใช้มากตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา สารลดแรงตึงผิวนี้เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ไขมันกับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ กรดคลอโรซัลโฟนิก โอเลียม หรือกรดซัลฟิวริก จากนั้นใส่เบสเพื่อทำให้เป็นกลาง เบสที่มักใช้ในการทำให้เป็นการของปฏิกิริยานี้คือโซเดียมไฮดรอกไซด์

- Alkyl polyglycol ether sulfates (fatty alcohol ether sulfate ( $\text{RCH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na}$ )) เป็นกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวชนิดกระจุก ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง fatty alcohol ethoxylates กับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์หรือกรดคลอโรซัลโฟนิก และทำให้เป็นกลางด้วยโซดาไฟ แอมโมเนียหรือเอทานอลามีน (ethanolamine)

- Alkyl methylammonium chloride จะเป็นกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวชนิดกระจุกและผลิตจากแอลกอฮอล์ไขมันชนิดพิเศษที่อยู่ในช่วงของ  $\text{C}_{16}\text{-C}_{18}$

- Alkyl polyglycoside (APG) ถูกผลิตมาจากแอลกอฮอล์ไขมันและโมเลกุลของน้ำตาลซึ่งจะมีกระบวนการหลากหลาย ข้อดีของสารลดแรงตึงผิวชนิดนี้คือเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสารตั้งต้นหลักทั้ง 2 ชนิดสามารถผลิตได้จากธรรมชาติ

### 2.2.2.2 แอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty alcohol)

แอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัวเป็นสารที่ไม่สามารถผลิตได้จากกระบวนการทางปิโตรเคมี แต่สามารถพบได้จากแหล่งธรรมชาติ แอลกอฮอล์ไขมันชนิดนี้มีหมู่ฟังก์ชันคือหมู่ไฮดรอกซิลและมีพันธะคู่อย่างน้อย 1 พันธะ ภายในโครงสร้างโมเลกุล จึงทำให้มีคุณสมบัติทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพและทางเคมีต่างออกไปจากแอลกอฮอล์ไขมันชนิดอิมิตัว เห็นได้ชัดในเรื่องจุดหลอมเหลวของ แอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัวจะต่ำกว่าแอลกอฮอล์ไขมันอิมิตัวเมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนคาร์บอนใน โมเลกุลเท่ากัน ซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากการจัดรูปแบบของพันธะคู่ (configuration of double bond) โดยทั่วไปแล้วแอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัวสามารถผลิตได้จากน้ำมันที่ได้มาจากพืชและสัตว์ เช่น น้ำมัน เมล็ดทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น โดยเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันที่สภาวะที่เหมาะสม อุณหภูมิ 250-280 องศาเซลเซียส ความดัน 25 เมกะปาสคาล และมีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สังกะสีออกไซด์ (zinc oxide) ที่รวมตัวกับอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide) โครเมียมออกไซด์ (chromium oxide) และเหล็กออกไซด์ (iron oxide) เป็นต้น

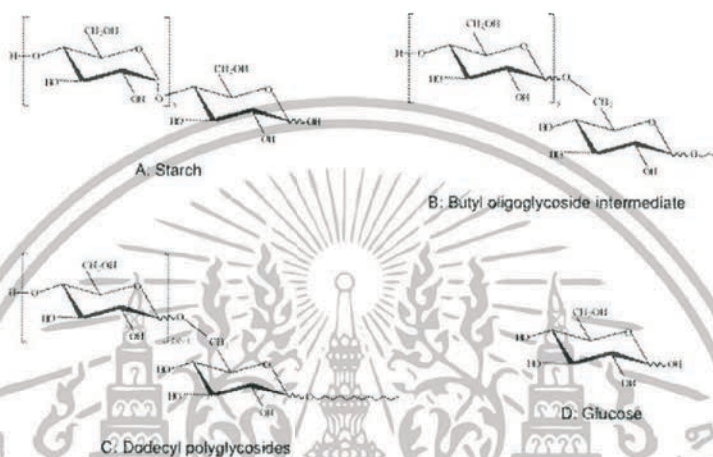
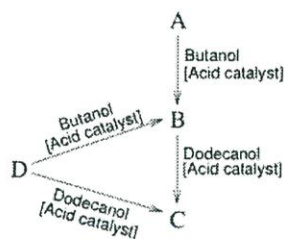
การประยุกต์ใช้แอลกอฮอล์ไขมันไม่อิ่มตัวมักใช้ในกระบวนการผลิต ผงซักฟอก อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและครีม อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องหนัง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) และสารต้านการเกิดฟอง (antifoaming agents)

### 2.3 การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ [9]

อัลคิลโพลีไกลโคไซด์สามารถสังเคราะห์ได้จาก Fischer synthesis คือการทำปฏิกิริยา ภายใต้สภาวะกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธี คือวิธีสังเคราะห์ทางตรง (acetalization) และวิธีทางอ้อม (transacetalization) แสดงดังรูปที่ 2.11 ซึ่งสามารถผลิตได้ทั้งใน ถึงปฏิกรณ์แบบกะและแบบต่อเนื่อง

การสังเคราะห์ทางตรงหรือการเกิดปฏิกิริยาอะซิทัลไลเซชันเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยาระหว่างแอลกอฮอล์ไขมันโดยตรงกับกลูโคสโดยมีกรดเป็นตัวเร่งได้ กลูโคสที่ใช้ เป็นสารตั้งต้นควรเป็นกลูโคสที่ปราศจากน้ำในโครงสร้างโมเลกุลเพื่อให้สมดุลของปฏิกิริยาเลื่อนไป ข้างหน้า เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ การสังเคราะห์สารด้วยวิธีนี้จะเกิดอยู่ในเฟสผสม (heterogeneous) คือกลูโคสที่มีลักษณะเป็นผงละเอียดบดบดอยู่ในแอลกอฮอล์ไขมัน

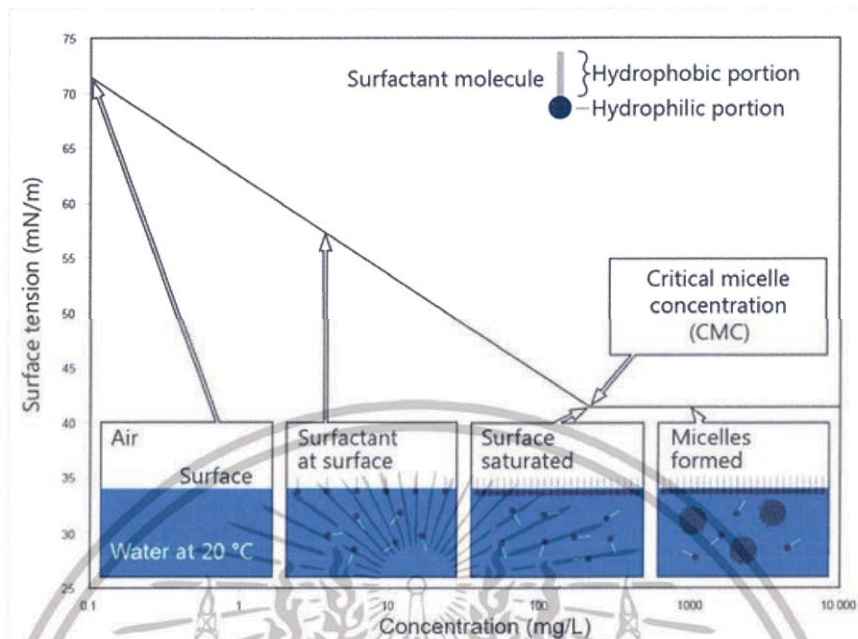
การสังเคราะห์วิธีทางอ้อมหรือการเกิดปฏิกิริยาทรานส์อะซิทัลไลเซชัน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการที่กลูโคสทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ไขมันสายสั้น เช่น โพรพานอล บิวทานอล เนื่องจากแอลกอฮอล์ไขมันที่มีสายสั้นจะมีความมีขั้วมากกว่าแอลกอฮอล์ไขมันสายยาวจึง ส่งผลให้แอลกอฮอล์ไขมันสายสั้นเข้าทำปฏิกิริยาได้ง่ายกว่า ขั้นตอนที่สองคือการนำแอลกอฮอล์ไขมัน สายยาวเข้าไปทำปฏิกิริยาทรานส์อะซิทัลไลเซชันแทนที่แอลกอฮอล์ไขมันสายสั้นเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ต้องการ



รูปที่ 2.11 วิธีการสังเคราะห์อัลคิลโพลิไกลโคไซด์ [9]

#### 2.4 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (critical micelle concentration, CMC) [2,10,11]

เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิวลงในสารละลายของเหลว จะทำให้สารลดแรงตึงผิวเรียงตัวกันบริเวณผิวของสารละลาย ทำให้แรงตึงผิวของของเหลวลดลง ดังนั้นแรงตึงผิวของสารละลายจึงแปรผกผันกับปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เติมลงไป จนถึงจุดที่ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวทำให้โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวเริ่มจับเป็นกลุ่มทรงกลมหรือไมเซลล์ เรียกว่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ (CMC) แสดงดังรูปที่ 2.12 การเกิดไมเซลล์มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวเป็นอย่างมาก เนื่องจากการเกิดไมเซลล์จะส่งผลต่อความดันออสโมติก ความขุ่นของสารละลายแรงตึงผิว เป็นต้น



รูปที่ 2.12 การเกิดจุดวิกฤตความเข้มข้นไมเซลล์ (CMC) [10]

การวัดแรงตึงผิวของสารละลายสามารถวัดได้หลายวิธี หนึ่งในนั้นคือการแรงตึงผิวด้วยวิธีการหยด (pendant drop method) โดยใช้เครื่อง contact angle and surface tension analyzer หลักการทำงานของเครื่องคือการถ่ายภาพของหยดของเหลวด้วยกล้องแสดงดังรูปที่ 2.13 จากนั้นซอฟต์แวร์จะวิเคราะห์รูปร่างของหยดของเหลวด้วยสมการของยัง-ลาปลาซ (Young-Laplace equation) ซึ่งสามารถอธิบายถึงความแตกต่างของความดัน (Laplace pressure) ระหว่างพื้นที่ด้านในและด้านนอกของพื้นผิวของของเหลว ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta P = (P_{\text{int}} - P_{\text{ext}}) = \sigma \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

แรงตึงผิวของของเหลวและแรงโน้มถ่วงของโลกคือแรงที่กำหนดรูปร่างของหยดของเหลว โดยแรงตึงผิวพยายามที่จะลดพื้นที่ผิวเพื่อให้หยดของเหลวเป็นทรงกลม ในทางกลับกันแรงโน้มถ่วงของโลกพยายามดึงของเหลวลงสู่พื้นผิวโลก จึงทำให้หยดของเหลวมีรูปร่างลักษณะคล้ายลูกแพร์ นอกจากนี้แรงโน้มถ่วงทำให้เกิดความแตกต่างของความดันตามแนวแกน z ตามกฎของปาสคาล (Pascal's law-hydrostatic pressure) ดังนั้นความแตกต่างของความดัน ( $\Delta P(z)$ ) ที่ระยะ z จากระนาบอ้างอิง สามารถคำนวณได้จาก

$$\Delta P(z) = \Delta P_0 \pm \Delta \rho g z$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับหยดของเหลวกำหนดให้รัศมีของจุดที่ต่ำที่สุดของทรงกลมมีค่าเท่ากับ  $R_1 = R_2 = R$  และกำหนดให้จุดที่ต่ำที่สุดเป็นระนาบอ้างอิง ดังนั้นทุกจุดด้านบนจะมีค่า  $R_2 = \frac{x}{\sin \phi}$  แสดงดังรูปที่ 2.14 จึงได้สมการ

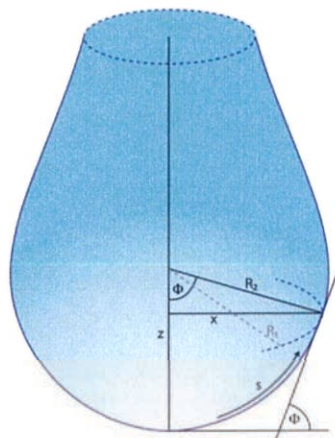
$$\frac{1}{R_1} + \frac{\sin \phi}{x} = \frac{2}{R_2} \pm \frac{\Delta \rho g z}{\sigma}$$

จากนั้นคำนวณด้วยวิธีเชิงตัวเลข (numerical methods) โดยใช้ความยาวเส้นโค้งของหยดของเหลว เพื่อให้เกิดชุดสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่ง 3 ชุด และค่าขอบเขต 3 ค่า ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.13 ผังเครื่องมือการแรงตึงผิวด้วยวิธีการหยด (pendant drop method) [11]

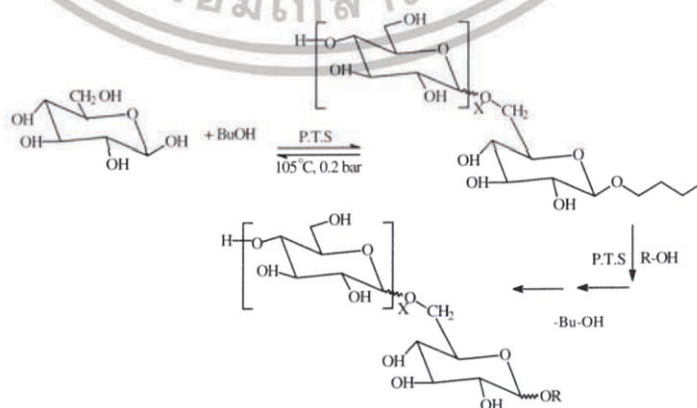
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 หยดของของเหลว (pendant drop) [11]

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

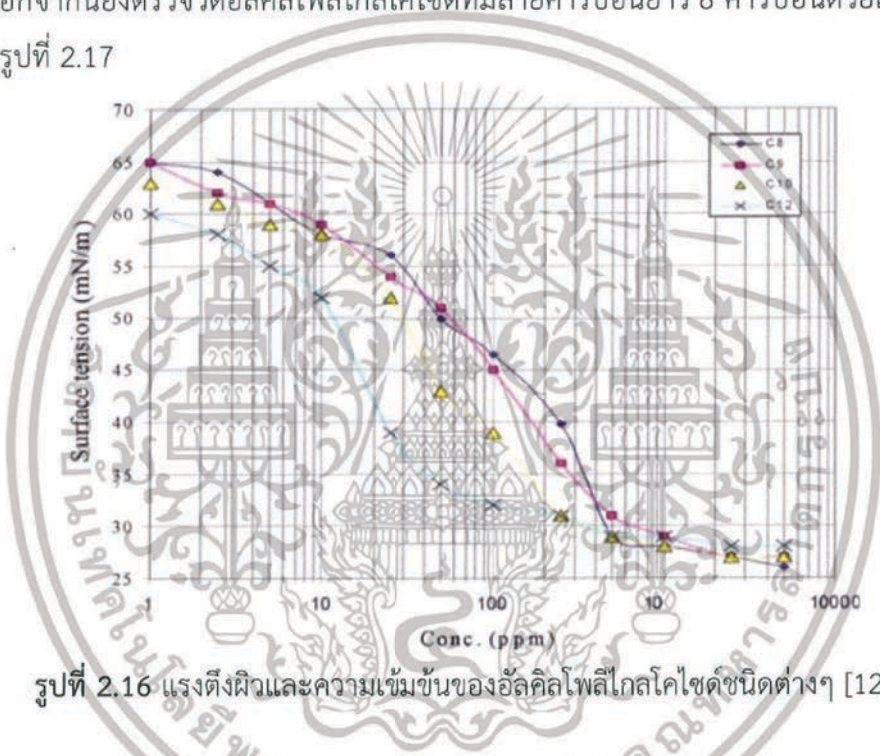
El-Sukkary และคณะ [12] ศึกษาการสังเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติของ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์โดยใช้แอลกอฮอล์ไขมันที่มีความยาวของคาร์บอนต่างกัน คือ 8 คาร์บอน, 9 คาร์บอน, 10 คาร์บอน, 12 คาร์บอน และ 14 คาร์บอน ด้วยวิธีจากปฏิกิริยาไกลโคซิเดชันทางอ้อม (glycosidation indirection method) ในการเกิดปฏิกิริยาใช้แอลกอฮอล์ไขมันมีจำนวนคาร์บอนต่ำ ซึ่งใช้เป็นบิวทานอล เข้าทำปฏิกิริยาก่อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง ใช้กรดโทลูอิน ซัลโฟนิกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากแอลกอฮอล์ไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่า หลังจากนั้นจึงเติมแอลกอฮอล์ไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมากและเพิ่มอุณหภูมิถึง 110-120 องศาเซลเซียส ที่สภาวะสูญญากาศ (300 mmHg) เพื่อไปแทนที่บิวทานอล การเกิดปฏิกิริยาเป็นไปตามรูปที่ 2.15 หลังจากนั้นหยุดปฏิกิริยาและทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ กลั่นนำแอลกอฮอล์ไขมันที่เหลื่อออกด้วยสภาวะอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 100 mmHg



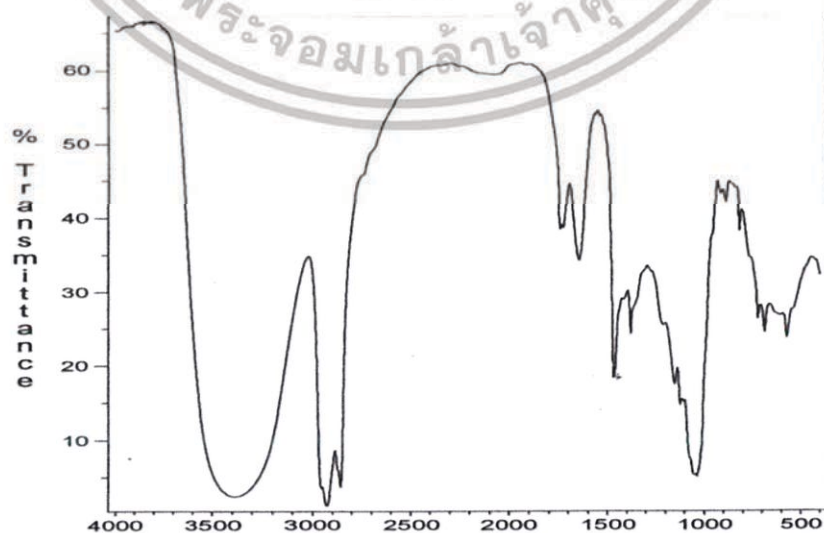
รูปที่ 2.15 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ตรวจสอบโครงสร้างทางเคมีด้วย Fourier transform infrared spectroscopy, nuclear magnetic resonance และ mass spectroscopy และวัดค่าแรงตึงผิวของสารที่สังเคราะห์ได้เพื่อหาจุดค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ จากกราฟรูปที่ 2.16 ความชันของกราฟที่มีความเข้มข้นต่ำจะชัน พอถึงค่าๆหนึ่งค่าของแรงตึงผิวจะค่อนข้างคงที่ ซึ่งความเข้มข้นจุดแรกที่เส้นกราฟคงที่คือค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ต่างชนิดกันมีค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนที่ไม่มีขั้วที่นำมาสังเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ยังตรวจวัดอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่มีสายคาร์บอนยาว 8 คาร์บอนด้วยเทคนิค FTIR แสดงดังรูปที่ 2.17



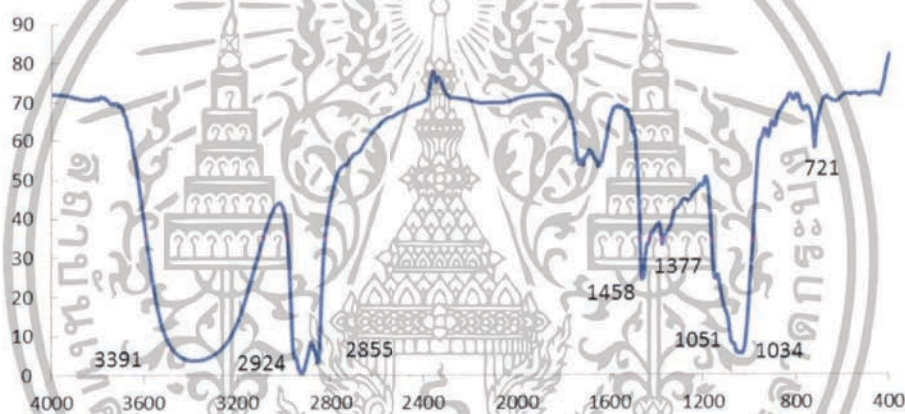
รูปที่ 2.16 แรงตึงผิวและความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิดต่างๆ [12]



รูปที่ 2.17 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C<sub>8</sub> [12]

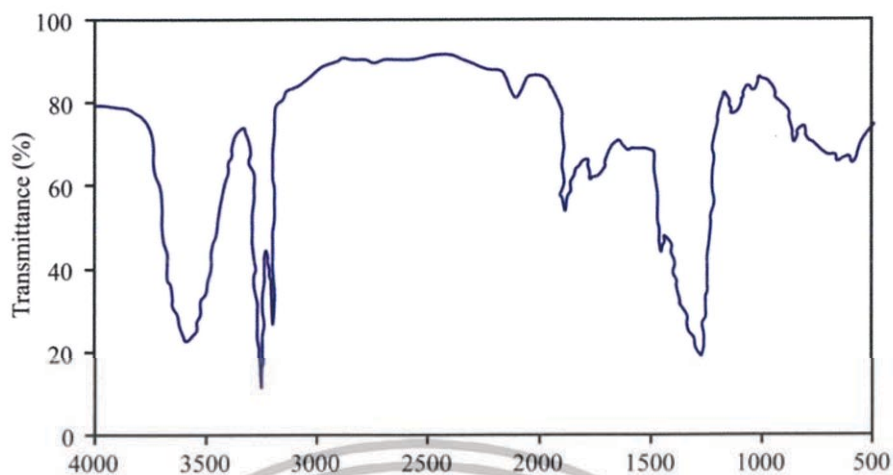
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Izazi Azzahidah Amin และคณะ [13] ศึกษาการสังเคราะห์สารลดแรงตึงผิว อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ซึ่งทำปฏิกิริยาระหว่างเดคานอลและเดกซ์โทรส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์ (heterogeneous catalysis) ในการศึกษาใช้ตัวเร่งกรดที่มีสถานะเป็นของแข็ง คือ silicotungstic acid sol-gel (STSG) ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการแยกตัวเร่งออกจากผลิตภัณฑ์แทนที่จะเติมสารเพิ่มเพื่อทำให้เป็นกลาง มากไปกว่านั้นตัวเร่งนี้ยังมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ โดยทำการทดลองทำปฏิกิริยาที่สภาวะ 110 ถึง 120 องศาเซลเซียส ความดัน 10 mmHg เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ใช้เทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (FTIR) แสดงดังรูปที่ 2.18 พิกัดที่เห็นได้ชัดของ IR-spectrum คือที่ความยาวคลื่นที่ 3391  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล ความยาวคลื่นที่ 1034 ถึง 1051  $\text{cm}^{-1}$  คือหมู่ฟังก์ชันอีเทอร์ ความยาวคลื่นที่ 2924 ถึง 2855  $\text{cm}^{-1}$  คือพันธะ  $\text{CH}_2$  หรือ  $\text{CH}_3$



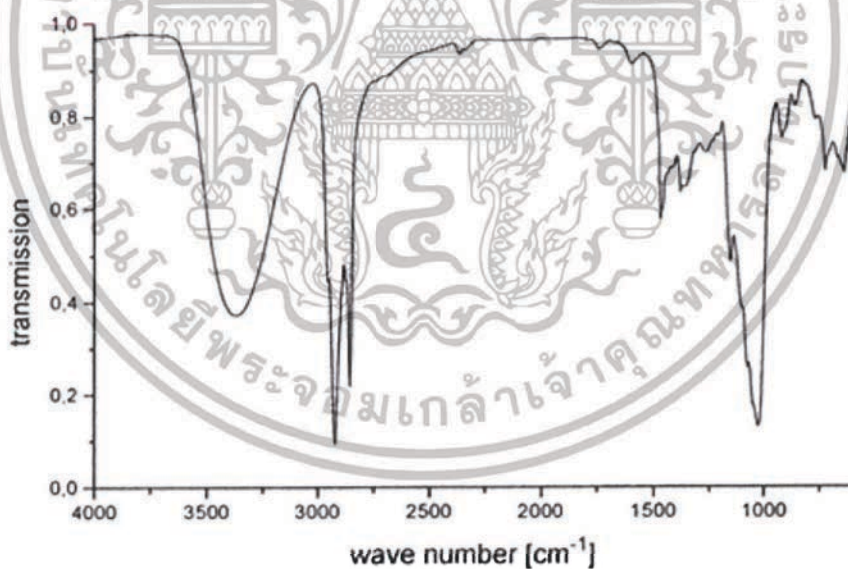
รูปที่ 2.18 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด  $\text{C}_{10}$  [13]

Jigang Wang และคณะ [1] ศึกษาการทำปฏิกิริยาระหว่างโตนเดคานอลและกลูโคส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ กรดโทลูอินซัลโฟนิคและกรดฟอสฟอริก โดยวิธีการทำปฏิกิริยาไกลโคซิเดชันทางตรง (glycosidation direction method) ซึ่งค่อยๆ เติมกลูโคสอย่างช้าๆ ลงในถังปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาภายใต้ระบบสุญญากาศ หลังจากปฏิกิริยาเกิดจนสมบูรณ์จึงปรับค่าความเป็นกรด-เบสด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ค่า pH เท่ากับ 8 จากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปกลั่นแยกแอลกอฮอล์ไขมันโดยหากลั่นสุญญากาศเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น ผลิตภัณฑ์ถูกวิเคราะห์ด้วยอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี แสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด  $C_{12}$  [14]

จากหนังสือ Nonionic Surfactants Alkylpolyglucosides [14] ได้ทำการศึกษาการเกิดอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ด้วยวิธีการต่างๆ โครงสร้างรูปแบบต่างๆของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงวิธีการตรวจวัดคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ หนึ่งในนั้นตรวจด้วยเทคนิค FTIR-ATR ได้ผลแสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.20 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ขั้นตอนการทดลอง

การทดลองสามารถแบ่งได้หลักๆเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทำปฏิกิริยาอะซิเต้ลไลเซชัน และขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์

#### 3.1 การทำปฏิกิริยา

##### 3.1.1 สารเคมี

1. กลูโคส
2. โดเดคทานอล-เตตระเดคทานอล (dodecanol-tetradecanol)
3. กรดโทลูอินซัลโฟนิก
4. โซเดียมเมทอกไซด์

##### 3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่ง
4. เครื่องโฮโมจีไนเซอร์
5. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (oil bath)
6. บีมสตูยาภาค
7. เครื่องกวนแม่เหล็กและให้ความร้อน
8. โพรบวัดอุณหภูมิ
9. ไมโครปีเปต

##### 3.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำกลูโคสมาชั่ง 9 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. นำโดเดคทานอล-เตตระเดคทานอลมาชั่ง 30 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์เดิมที่มีกลูโคสเตรียมไว้
3. ชั่งตัวเร่งปฏิกิริยากรดโทลูอินซัลโฟนิกร้อยละ 0.25 ของน้ำหนักทั้งหมด จากนั้นเติมลงในบีกเกอร์ที่เตรียมสารไว้
4. นำบีกเกอร์ที่ใส่สารตั้งต้นไว้ไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์เพื่อให้สารตั้งต้นผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำขวดก้นกลมไปใส่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส และต่อสายดูดอากาศเข้ากับปั๊มสุญญากาศ
6. เมื่ออุณหภูมิในอ่างควบคุมอุณหภูมิดังที่ จึงนำสารตั้งต้นใส่ลงในขวดก้นกลม
7. เปิดปั๊มเพื่อทำงาน และเปิดเครื่องกวนสารภายในขวดก้นกลม ปล่อยสารทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง
8. หลังจากทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง เติมโซเดียมเมทอกไซด์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-เบส เติมจนสารมี pH 8-10
9. ทำการทดลองซ้ำโดยปรับอุณหภูมิและสัดส่วนระหว่างกลูโคสกับโตนเดคานอล-เตตระเดคานอลตามแผนการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์

ตัวแปรที่ศึกษา	ภาวะในการทำปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	100 110 และ 120
สัดส่วนระหว่างกลูโคสกับโตนเดคานอล-เตตระเดคานอล	1:3 1:6 และ 1:9



รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์ทำปฏิกิริยา

### 3.2 การทำให้บริสุทธิ์

#### 3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ปีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
2. เครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชุดเครื่องกลั่นแบบ Kugelrohr
4. บีมสุญญากาศ 1 สเตจ
5. บีมสุญญากาศ 2 สเตจ

### 3.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักขวดทรงกลมสำหรับกลั่น และจดบันทึก
2. นำผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากการทำปฏิกิริยาใส่ลงในขวดทรงกลมสำหรับกลั่น ชั่งน้ำหนักทั้งหมดและจดบันทึก
3. นำขวดทรงกลมเข้าเครื่องกลั่นแบบ Kugelrohr ปรับความดันด้วยบีมสุญญากาศ 1 สเตจ อุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส
4. รอจนอุณหภูมิคงที่และไม่เกิดฟองอากาศภายในขวด แล้วจึงปรับอุณหภูมิขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
5. ปรับลดอุณหภูมิจนถึง 75 องศาเซลเซียส แล้วจึงเปลี่ยนบีมสุญญากาศ 1 สเตจ เป็นบีมสุญญากาศ 2 สเตจ
6. รอจนอุณหภูมิคงที่และไม่เกิดฟองอากาศภายในขวด แล้วจึงปรับอุณหภูมิขึ้นทีละ 5 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส กลั่นจนแอลกอฮอล์ไขมันออกไปหมด เหลือเพียงผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ
7. ปรับลดอุณหภูมิลงจนเป็นอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก
8. นำแอลกอฮอล์ไขมันที่กลั่นแยกได้ไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก

### 3.3 การวิเคราะห์

3.3.1 เทคนิคการกระตุ่นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR))

การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการกระตุ่นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด เป็นเทคนิคที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันภายในสารที่ตรวจได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล หรือสารตั้งต้น เพื่อดูหมู่ฟังก์ชันที่หายไปหรือเกิดขึ้นใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นจากการสังเคราะห์สารใหม่ขึ้นมา

3.3.2 เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (high-performance liquid chromatography)

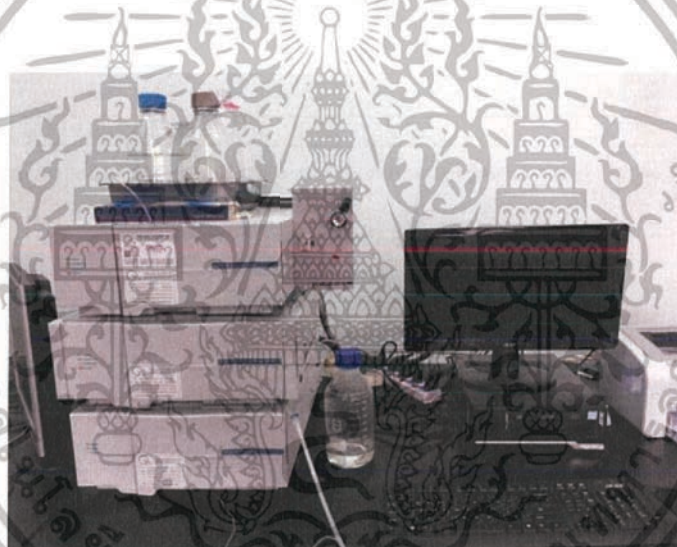
ในการทดลองสามารถวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาจากผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (high-performance liquid chromatograph) แสดงดังรูปที่ 3.2 วิเคราะห์หาปริมาณอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะที่ใช้ในการวิเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง

คอลัมน์วิเคราะห์	:	Apollo C8 5 $\mu$
สารพา (Mobile phase)	:	อาซีโตไนไตรล์ : น้ำ (40:60)
อัตราการไหลของสารพา	:	1.0 มิลลิลิตรต่อนาที
อุณหภูมิคอลัมน์	:	40 องศาเซลเซียส
ตัววัดสัญญาณ	:	Refractive Index detector

การสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ควรเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นอย่างน้อย 2 ค่า เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟโครมาโทแกรม จากนั้นใช้กราฟมาตรฐานเพื่อกำหนดหาปริมาณอัลคิลโพลีไกลโคไซด์และรายงานผลเป็นร้อยละผลได้



รูปที่ 3.2 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง  
(High-performance liquid chromatography)

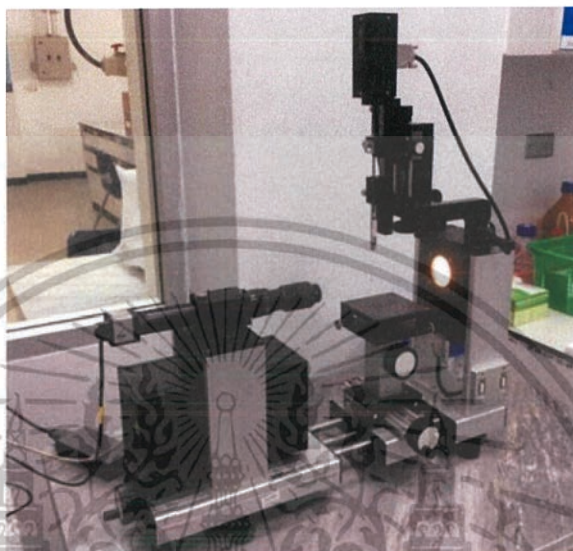
3.3.3 การวัดหาค่าความเข้มข้นวิกฤติของการเกิดไมเซลล์ (critical micelle concentration)

การวัดหาค่าความเข้มข้นวิกฤติของการเกิดไมเซลล์สามารถหาได้จากการวาดกราฟระหว่างแรงตึงผิว (แกน y) และความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด (แกน x) จุดแรกที่แรงตึงผิวของสารไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นคือจุดวิกฤติของการเกิดไมเซลล์

ค่าแรงตึงผิวของสารสามารถวัดได้จากเครื่อง contact angle and surface tension analyzer แสดงดังรูปที่ 3.3 ใช้ทดสอบวิเคราะห์หามุมสัมผัสของของเหลวบนผิววัสดุโดยใช้หลักการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Young equation เพื่อใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับแรงตึงผิวของวัสดุโดยวัดได้จากมุมของของเหลวที่กระทำกับของแข็งที่เป็นระนาบอ้างอิง สามารถวิเคราะห์หา surface tension และ interfacial surface tension โดยใช้การวัดค่าแบบ pendant drop method



รูปที่ 3.3 เครื่อง contact angle and surface tension analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง และ การวิเคราะห์ผล

ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันในสภาวะที่มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำการทดลองโดยการนำสารตั้งต้นทั้ง 2 ชนิด และตัวเร่งปฏิกิริยามาปั่นด้วยเครื่องปั่นกวน (homogenizer) แทนการวิธีการเติมกลูโคสที่ละปริมาณน้อยลงในแอลกอฮอล์ไขมันในเครื่องปฏิกรณ์ เนื่องจากกลูโคสเป็นสารที่มีขี้วมมากและแอลกอฮอล์ไขมันเป็นสารที่มีขี้วนน้อยเมื่อเทียบกับกลูโคส จึงทำให้สารทั้ง 2 ชนิดไม่ละลายเข้ากันและยากต่อการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาจะต้องเกิดการสัมผัสกันของสารทั้ง 3 คือ สารตั้งต้น 2 ชนิด และตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้เครื่องปั่นกวนทำให้กระบวนการผลิตเป็นไปได้ง่ายขึ้นและลดเวลาในการทำปฏิกิริยา หลังจากเสร็จสิ้นการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง จึงใส่โซเดียมเมทอกไซด์เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-เบส และกลั่นนำแอลกอฮอล์ไขมันส่วนที่เหลือออกเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ คือ อุณหภูมิและอัตราส่วนระหว่างแอลกอฮอล์ไขมันกับกลูโคส ทำการทดลองโดยเปลี่ยนอุณหภูมิ 3 ค่า คือ 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างกลูโคสกับแอลกอฮอล์ไขมัน 3 ค่า คือ 1:3 1:6 และ 1:9 โดยกำหนดปัจจัยอื่นให้คงที่

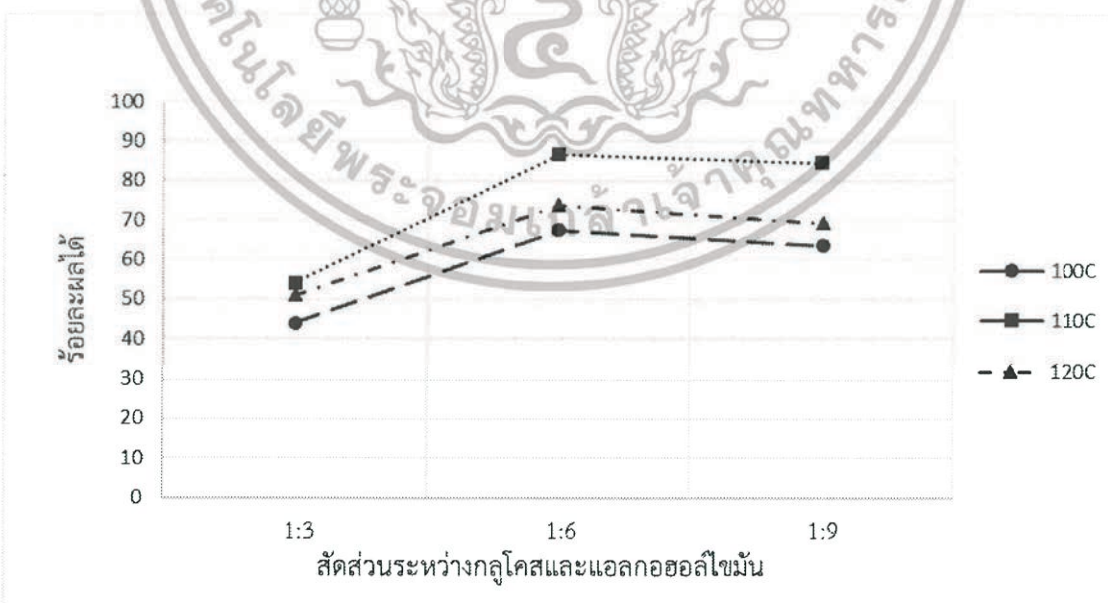
#### 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิ

ในการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันภายใต้ภาวะตัวเร่งกรด ความดันสูญญากาศ ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งก่อนเข้าทำปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์สารผสมมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นคล้ายนมเนื่องจากถูกปั่นกวนอย่างรุนแรงด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ เมื่อสิ้นสุดการทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ร้อยละผลได้แสดงดัง ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ผลการทดลองของการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า สารผสมภายในถังปฏิกรณ์ยังคงมีลักษณะที่ขุ่นเล็กน้อย การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะได้ร้อยละผลได้ต่ำที่สุดที่สัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 110 และ 120 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากการให้พลังงานความร้อนไม่เพียงพอต่อการทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสีเหลืองใสเป็นเนื้อเดียว และเกิดร้อยละผลได้ที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิต่างๆ การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง มีสีส้มอม

เหลืองเข้ม ปฏิกริยาที่ 120 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าร้อยละผลได้จากการทำปฏิกริยาที่ 110 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากกลูโคสเริ่มที่จะมีการสลายตัวจึงทำให้อัตราผลได้ลดลง

ตารางที่ 4.1 ร้อยละผลได้ของการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกริยากรดที่อุณหภูมิและสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	สัดส่วนระหว่างสารตั้งต้น (กลูโคส:แอลกอฮอล์ไขมัน)	ร้อยละผลได้
100	1 : 3	44.06
	1 : 6	67.56
	1 : 9	63.59
110	1 : 3	54.25
	1 : 6	86.67
	1 : 9	84.63
120	1 : 3	51.08
	1 : 6	73.89
	1 : 9	69.32



รูปที่ 4.1 อิทธิพลของอุณหภูมิและสัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันที่มีผลต่อการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2 อิทธิพลของสัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน

ในการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของสัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน โดยทำการทดลองที่สัดส่วน 1:3 1:6 และ 1:9 ภายใต้สภาวะกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ณ สภาวะอุณหภูมิและความดันคงที่ ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์ 2 ชั่วโมง จากผลการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.1 พบว่าสัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3 ทำให้เกิดร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นที่ทำการทดลอง สาเหตุเกิดจากสถานะของ กลูโคสที่เป็นของแข็งและแอลกอฮอล์ไขมันที่มีสถานะเป็นของเหลว การใส่แอลกอฮอล์ไขมันใน สัดส่วนที่ต่ำ จึงทำให้สารผสมมีลักษณะที่หนืดส่งผลต่อการถ่ายเทมวลของสาร ดังนั้นการใส่ แอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วนที่มากขึ้นจะทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นทั้ง 2 ชนิดและตัวเร่งปฏิกิริยากรด ประกอบกับลดความหนืดของสารผสมส่งผลให้การถ่ายเทของมวลดี ยิ่งขึ้น แต่หากใส่แอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วนที่มากเกินไป โมเลกุลของกลูโคสและตัวเร่งกรดจะ กระจายตัวห่างกันในแอลกอฮอล์ไขมันทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาต่ำลง จึงทำให้ร้อยละผลได้ของ สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9 น้อยกว่าสัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ ไขมัน 1:6 ที่สภาวะอุณหภูมิและความดันเดียวกัน

จากกราฟรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าจุดที่เหมาะสมของสัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ ไขมันในการทำปฏิกิริยาคือสัดส่วนเท่ากับ 1:6 นอกจากเหตุผลทางด้านทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว การใส่แอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วนที่มากเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนของการทำให้บริสุทธิ์ เนื่องจาก จะต้องให้พลังงานความร้อนในหม้อกลั่นเพื่อแยกแอลกอฮอล์ไขมันที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาออก

#### 4.3 การตรวจวัดด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR))

ทำการทดลองนำผลิตภัณฑ์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ตรวจสอบลักษณะเฉพาะ ด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของพีคหมู่ ฟังก์ชันที่เกิดขึ้น ผลการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 4.2 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์พีคที่ ปรากฏส่วนใหญ่จะปรากฏที่ความยาวคลื่นต่างๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ความถี่ของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของหมู่ฟังก์ชันต่างๆของสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

ความยาวคลื่น ( $\text{cm}^{-1}$ )	หมู่ฟังก์ชัน
3356	ไฮดรอกซิล (-OH)
2850 และ 2920	$\text{CH}_2$ และ $\text{CH}_3$
1466	$\text{CH}_2$
1350	$\text{CH}_3$
1022	อีเทอร์ (C-O-C)
717	$(\text{CH})_2$

เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง IR-spectrum ของกลูโคส แอลกอฮอล์ไขมัน และ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ แสดงดังรูปที่ 4.2 - 4.4 พบว่า IR-spectrum มีอัตราส่วนของพีคหลัก 3 พีคแตกต่างกันไป คือ ก.ที่หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH) ที่ความยาวคลื่น  $3356 \text{ cm}^{-1}$  ข. หมู่  $\text{CH}_2$  และ  $\text{CH}_3$  stretching ที่ความยาวคลื่น  $2850$  และ  $2920 \text{ cm}^{-1}$  และ ค.ที่หมู่ฟังก์ชันอีเทอร์ (C-O-C) ที่ความยาวคลื่น  $1022 \text{ cm}^{-1}$  กล่าวคือ ผลลัพธ์ที่สังเคราะห์ได้มีอัตราส่วนของความยาวของพีค C-H stretching ต่อ O-H stretching แตกต่างจากในกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันมาก เพราะมีอัตราส่วนของหมู่ฟังก์ชันทั้งสองในโมเลกุลของสารทั้ง 3 ชนิดแตกต่างกันมาก ในขณะที่การเกิดเป็นอีเทอร์ พบว่าในผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของพีค C-O-C stretching นี้น้อยกว่าพีค C-H stretching ในแอลกอฮอล์ไขมันมากเนื่องจากมีหมู่ C-O-C stretching ที่มาจากกลูโคสเพิ่ม ในขณะที่เมื่อเทียบกับกลูโคสพบว่ามี C-O-C stretching มากกว่า C-H stretching มาก เนื่องจากน้ำตาลมีหมู่ C-H stretching น้อยกว่าสารทั้งสองมาก

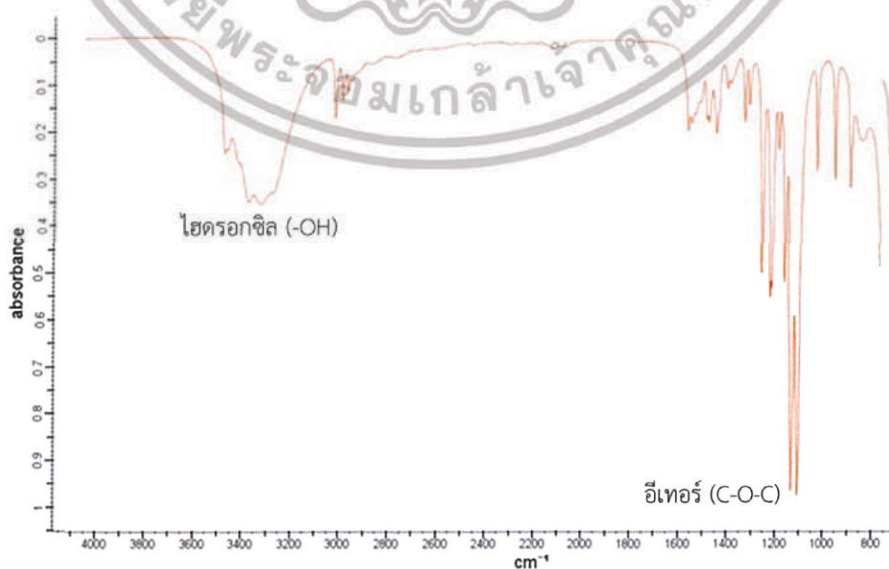
ในผลิตภัณฑ์มีอัตราส่วนของพีค C-O-C stretching ยาวกว่าประมาณ 3 เท่าของพีคหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) แต่ IR-spectrum ของกลูโคสยาวกว่าประมาณ 2.5 เท่า ซึ่งหมายถึงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิลลดลง และมีหมู่อีเทอร์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของกลูโคสและหมู่ไฮดรอกซิลของแอลกอฮอล์ไขมันเกิดเป็นหมู่อีเทอร์ หรืออาจกล่าวได้ว่า IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์เทียบกับของกลูโคส พบว่าพีคของ  $\text{CH}_2$  และ  $\text{CH}_3$  stretching ที่ความยาวคลื่น  $2850$  และ  $2920 \text{ cm}^{-1}$  เกิดขึ้นในสัดส่วนที่มากโดยเทียบความยาวของพีคไฮดรอกซิลแสดงให้เห็นว่าสายโซ่คาร์บอนยาวทำปฏิกิริยาเชื่อมต่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และ เมื่อเปรียบเทียบกับ IR-spectrum ของแอลกอฮอล์ไขมัน สังเกตเห็นได้ว่าความสูงของพีคหมู่ไฮดรอกซิลและพีคอีเทอร์เทียบกับความสูงของ  $\text{CH}_2$  และ  $\text{CH}_3$  stretching ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มากกว่าแอลกอฮอล์ไขมัน ซึ่งบ่งถึงมีหมู่ไฮดรอกซิลและหมู่อีเทอร์ซึ่งเป็นหมู่ฟังก์ชันของกลูโคสเพิ่มเข้าไปต่อกับคาร์บอนสายยาวของแอลกอฮอล์ไขมัน เกิดเป็นผลิตภัณฑ์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เมื่อนำ IR-spectrum ของผลิตภัณฑ์มาเปรียบเทียบกับ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ได้จาก เอกสารอ้างอิงต่างๆในบทที่ 2 พบว่ามีรูปแบบเดียวกัน ต่างกันเล็กน้อยที่อัตราส่วนความยาวของพีค และ เมื่อเทียบ IR-spectrum กับอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ตัวอย่างทางการค้าแสดงดังรูปที่ 4.5 พบว่ามี ลักษณะและสัดส่วนของความสูงพีคใกล้เคียงกันมาก สัดส่วนความสูงพีคของ  $\text{CH}_2$  และ  $\text{CH}_3$  stretching เทียบกับความสูงของพีคของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ จากการทดลองมากกว่าอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่เป็นตัวอย่างทางการค้า เนื่องจากอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ ตัวอย่างทางการค้าผลิตจากแอลกอฮอล์ไขมันที่มีคาร์บอนยาว 12 คาร์บอน ต่างจากการสังเคราะห์ เองที่มีสารตั้งต้น คือ แอลกอฮอล์ไขมันที่มีคาร์บอนยาว 12 และ 14 คาร์บอน ทำให้มีสัดส่วนของ ความสูงพีคของ  $\text{CH}_2$  และ  $\text{CH}_3$  ต่อหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) มากกว่า

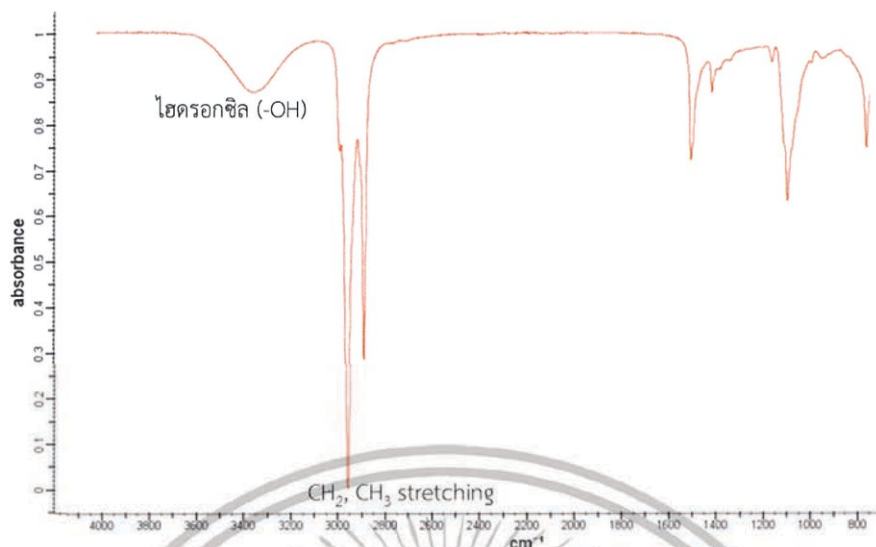


รูปที่ 4.2 IR-spectrum ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้

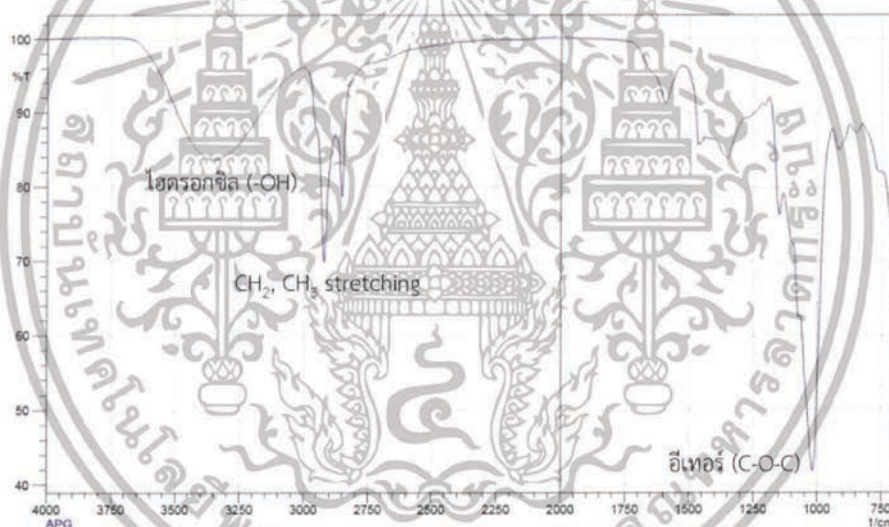


รูปที่ 4.3 IR-spectrum ของกลูโคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 IR-spectrum ของแอลกอฮอล์ไขมัน



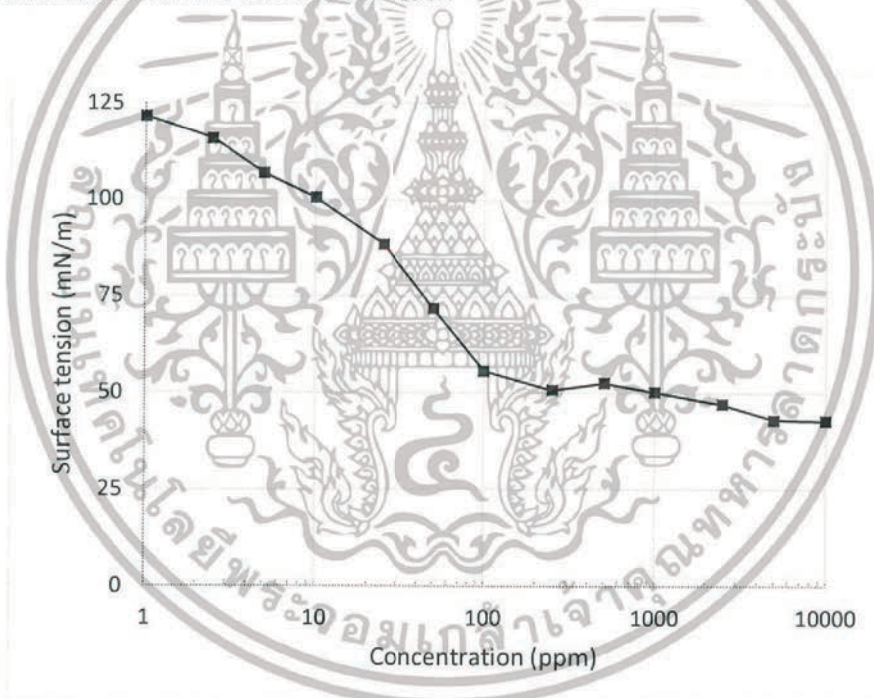
รูปที่ 4.5 IR-spectrum ของแอลคิลโพลีไกลโคไซด์ชนิด C<sub>12</sub> ที่ได้จากบริษัท Fenchem Biotek Ltd.

#### 4.4 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์

จากการทดลองเพื่อหาค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ของสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยใช้เครื่อง contact angle and surface tension analyzer เพื่อวัดค่าแรงตึงผิวของสารละลาย ณ สภาวะอุณหภูมิห้องที่ความเข้มข้นต่างๆโดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อนำมาเขียนกราฟระหว่างแรงตึงผิวของของเหลวในแกน y และค่าความเข้มข้นในสเกลลอการิทึมแกน x ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.6 จากกราฟผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ในสารละลายเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้แรงตึงผิวของสารละลายลดลงในช่วงแรกและมีความชันค่อนข้างคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงหลัง เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์เป็นสารที่มีลักษณะเป็นโมเลกุลแอมฟิฟิลิก มีส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำอยู่ภายในโมเลกุลเดียวกัน ทำให้โมเลกุลของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์สะสมอยู่บริเวณผิวของตัวทำละลายหรือน้ำส่งผลให้แรงตึงผิวของน้ำลดลง และในช่วงหลังมีความเข้มข้นที่ต่ำมากหรือเกือบจะคงที่ เนื่องจากโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มีปริมาณที่มากและเกิดเป็นไมเซลล์ภายในสารละลาย จึงทำให้แรงตึงผิวของสารละลายไม่ลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวมากขึ้น ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้เท่ากับ 125 ppm ซึ่งคือค่าความเข้มข้นจุดแรกที่เริ่มเกิดไมเซลล์ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวที่ใช้มากในปัจจุบัน เช่น โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (sodium dodecyl sulfate) ที่มีค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์เท่ากับ  $8.1 \times 10^{-3}$  โมลาร์ หรือ 2300 ppm [15] ซึ่งมีค่ามากกว่าอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ ดังนั้นอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้จึงเกิดไมเซลล์ได้ง่ายกว่า ส่งผลดีต่อการลดแรงตึงผิวและการทำความสะอาดสิ่งสกปรก



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

#### 4.5 ลักษณะทางกายภาพของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

หลังจากทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา โดยทำการทดลองเปลี่ยนสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นและอุณหภูมิเพื่อให้มีร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ การทำปฏิกิริยาระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วน 1:6 และอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ภายใต้ภาวะตัวเร่งกรดและความดันสุญญากาศ ผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้จากการทดลองหลังจากการกลั่นแยกจำแอลกอฮอล์ไขมันออกมีลักษณะเป็นไขสีเหลือง ไม่มีกลิ่น เมื่อนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

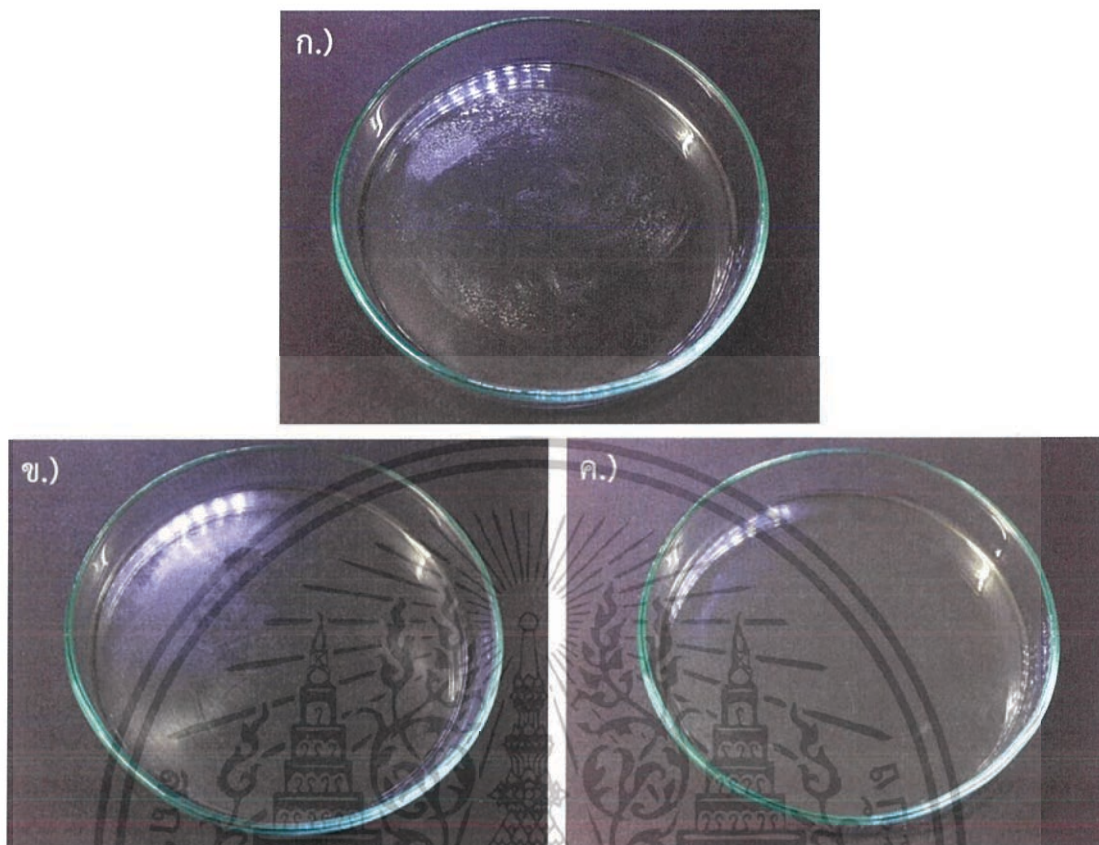
ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาละลายในน้ำพบว่าผลิตภัณฑ์ละลายในน้ำได้ดีและเกิดฟองซึ่งเป็นคุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิว การละลายในน้ำแสดงให้เห็นว่าแอลกอฮอล์ไขมันเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์เนื่องจากแอลกอฮอล์ไขมันที่มีสายคาร์บอนยาวจะมีคุณสมบัติความไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถละลายได้ดีในสารไม่มีขั้ว

เนื่องจากอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะเป็นไข เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้จึงนำสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ผสมกับน้ำในปริมาณร้อยละ 20 ซึ่งเป็นปริมาณทั่วไปของสารลดแรงตึงผิวที่ผสมในสารทำความสะอาด เช่น น้ำยาล้างจานและสบู่ มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นข้น แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผลิตภัณฑ์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์

เมื่อนำอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ผสมน้ำแล้วมาทดสอบการล้างทำความสะอาดเบื้องต้น โดยการหยดน้ำมันลงบนจานเพาะเชื้อและกระจายให้ทั่ว จากนั้นล้างด้วยอัลคิลโพลีไกลโคไซด์และน้ำเปล่า พบว่าสามารถทำความสะอาดคราบไขมันที่ติดอยู่ที่จานเพาะเชื้อได้ดี ความมันของจานเพาะเชื้อหายไป ในทางกลับกันจานเพาะเชื้อที่มีคราบไขมันที่ล้างด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว จะเหลือความมันเหลืออยู่บนจานเพาะเชื้อดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การทดสอบการล้างทำความสะอาด ก) คราบน้ำมันเริ่มแรกก่อนทำความสะอาด ข) ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า ค) ล้างทำความสะอาดด้วยสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

การสังเคราะห์สารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ โดยใช้เครื่องโฮโมจีไนเซอร์แทนการค่อยๆใส่น้ำตาลกลูโคสเข้าไปเพื่อเข้าทำปฏิกิริยาในถังปฏิกรณ์ที่ละน้อยตามกระบวนการแบบเดิมช่วยให้สารตั้งต้นทั้ง 2 กระจายตัวเข้ากันและเพิ่มพื้นที่ในการทำปฏิกิริยา ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีมากขึ้นและลดเวลาในการทำทดลอง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาอะซิดัลไลเซชัน ได้แก่ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา และสัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสกับแอลกอฮอล์ไขมัน จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิมากขึ้นจะส่งผลให้ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น จนถึงอุณหภูมิค่าหนึ่งร้อยละผลได้จะมีค่าต่ำลง อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการทำปฏิกิริยาจากการทดลองเท่ากับ 110 องศาเซลเซียส ผลการทดลองของปัจจัยด้านสัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันพบว่า สัดส่วนของสารตั้งต้นระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันที่เหมาะสมที่สุดคือ 1:6 เนื่องจากกลูโคสมีสถานะของแข็งและแอลกอฮอล์ไขมันมีสถานะเป็นของเหลว การใส่แอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วนที่ต่ำทำให้สารผสมมีลักษณะที่เหนียวต่อการถ่ายเทมวลของสาร ส่งผลให้ร้อยละผลได้ต่ำกว่าจุดที่เหมาะสม แต่หากใส่แอลกอฮอล์ไขมันในสัดส่วนที่มาก กลูโคสและตัวเร่งกรดจะกระจายตัวในแอลกอฮอล์ไขมันจนเกิดปฏิกิริยาได้ร้อยละผลได้น้อยกว่าจุดที่เหมาะสม การศึกษาค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์ของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้ด้วยวิธีการวัดค่าแรงตึงผิว พบว่าค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์เท่ากับ 125 ppm ซึ่งเป็นค่าน้อยเมื่อเทียบกับสารลดแรงตึงผิวที่ใช้กันในปัจจุบัน การนำไปใช้ของสารลดแรงตึงผิวที่สังเคราะห์ได้จึงมีประโยชน์ในการเป็นสารทำความสะอาดร่างกายและของใช้ในครัวเรือน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การแยกสารตั้งต้นที่เหลือออกจากผลิตภัณฑ์ในปริมาณพันธ์ใช้การกลั่น เพื่อให้ได้อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่บริสุทธิ์มากยิ่งขึ้นส่งผลต่อคุณสมบัติและการนำไปใช้ของสารลดแรงตึงผิว จึงควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการแยกสารที่ไม่ต้องการและสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้แยกได้อย่างมีประสิทธิภาพและต้นทุนในการแยกต่ำ

5.2.2 เพื่อให้มั่นใจในการนำสารลดแรงตึงผิวอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ ควรศึกษาคูณสมบัติของสารที่สังเคราะห์ได้เพิ่มเติม เช่น การเกิดฟอง ความหนืด การชะล้างสิ่งสกปรก เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Jigang, W., Yongle, X. and Danting, F. (2005). *Synthesis and Characterization of APG-12*. Open journal of composite materials, 5, pp.11-16
- [2] Yunxiang Li. (2011). *Synthesis and physicochemical study of novel amino acid based surfactants*. Chalmers university of technology
- [3] **Environmental and Health Assessment of Substance in Household Detergents and Cosmetic Detergent Products.** (online). Available: file://G:\Detergent\1\_%20 Introduction,%20Danish%20 Environmental20P. [2018, November 25]
- [4] **SDA-The Soap and Detergent Association, Chemistry.** (online). Available: [http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.5.5-short/9.5.5\\_soapdetergent.html](http://www.kcpc.usyd.edu.au/discovery/9.5.5-short/9.5.5_soapdetergent.html) [2019, February 17]
- [5] **มอนอแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide).** (online). Available : <https://sites.google.com/site/sarchiwmolkulbiomoleculbylava/kharbohider/> [2019, March 28]
- [6] **Glucose / น้ำตาลกลูโคส.** (online). Available : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1014/ glucose-น้ำตาลกลูโคส> [2019, March 9]
- [7] ศิวารักษ์ สหสร้างสี. (2550). **แอลกอฮอล์ไขมัน.**
- [8] **สารลดแรงตึงผิว.** (online). Available : [http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2620/7/274419\\_ch1.pdf](http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/2620/7/274419_ch1.pdf) [2019, May 8]
- [9] Nguyen, M.N. (2004). *Optimisation of the Analysis of Alkyl Polyglycosides by MEKC-PAD*. FB-C of the Bergische Univerity Wuppertal in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Natural Science
- [10] อาจารย์ ดร.อรรถพล มณีแดง. (2556). **อิทธิพลของสารลดแรงตึงผิวแบบผสมต่อสัณฐานวิทยาของนาโนซิงค์ออกไซด์โดยวิธีการสังเคราะห์แบบไฮโดรเทอร์มอลและโซลโวเทอร์มอล.** สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [11] **Pendant drop method — Optical determination of the surface/interfacial tension.** (online). Available : <https://www.dataphysics-instruments.com/knowledge/understanding-interfaces/pendant-drop-method/> [2019, March 20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] El-Sukkary M. M. A., Nagla A. S. และ Ismail A. (2008). **Synthesis and Characterization of some Alkyl Polyglucosides Surfactants.** J surfact deterg (2008) 11: 129-137
- [13] Izazi A. A., Mohd A. Y. และ Nik I. N. (2013). **Synthesis of Alkylpolyglucoside from Dextrose-Decanol in the Presence of Silicotungstic Acid Sol-Gel Catalyst.** The Malaysian journal of analytical sciences, Vol. 17, No. 1 (2013): 91-100
- [14] Dieter B. and Harald L. (2000). **Nonionic Surfactants Alkyl Polyglucosides.** Surfactant science series volume 91
- [15] พรเพ็ญ วีระวัฒกานนท์. (2548). การเกิดปฏิกิริยาเคมีในสารละลายไมเซลล์. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ 19(2)
- [16] Wuest et al., **Process for Preparing Alkylpolyglucoside Compounds from Oligo- and/or Polysaccharides,** U.S. Patent 5 138 046, August 11,1992
- [17] Hill et al., **Process for the Direct Production of Alkyl Glucosides,** U.S. Patent 5 576 425, November 19,1996
- [18] Lafosse M., Marinier P. and Joseph B. (1992). **Study of Amphiphilic Behaviour of Alkylglycoside Surfactants Using Reversed-Phase Liquid Chromatography.** Journal of chromatography, 623(1992) 277-287
- [19] Nowicki J., Woch J. and Moscipan M. (2017). **Micellar Effect on the Direct Fisher Synthesis of Alkyl Glucosides.** Applied catalysis A, general 539 (2017) 13-18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

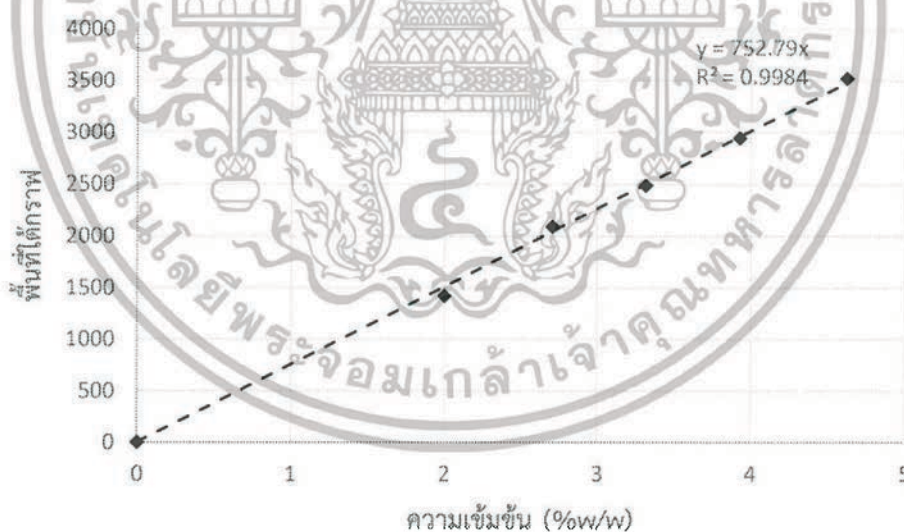
## ภาคผนวก ก

### การคำนวณปริมาณสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

#### ก.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน

การวัดหาปริมาณสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (high-performance liquid chromatography) ด้วยตัววัดสัญญาณ refractive Index สามารถวัดปริมาณของสารได้จากพื้นที่ใต้กราฟของพีคของสารที่ต้องการ ซึ่งจะต้องทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve) โดยการเตรียมสารละลายอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างกัน 5 ความเข้มข้น โดยจะต้องครอบคลุมช่วงความเข้มข้นของสารที่ต้องการวัด สามารถเตรียมได้โดยชั่งสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ 0.2 กรัมละลายในน้ำปราศจากไอออนจนเป็น 10 กรัม จะได้ อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และทำในลักษณะเดียวกันที่ความเข้มข้นต่างๆ

หลังจากการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆและจึงนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ใต้กราฟด้วย HPLC จากนั้นนำค่าพื้นที่ใต้กราฟมาสร้างกราฟมาตรฐานดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานเปรียบเทียบค่าพื้นที่และความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์

สมการมาตรฐานความเข้มข้นอัลคิลโพลีไกลโคไซด์คือ

$$y = 752.79x$$

โดย  $y$  คือ พื้นที่ใต้พีค

$X$  คือ ความเข้มข้นอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.2 การคำนวณความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

จากการทดลองทำการสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน นำผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์มาเตรียมความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC) จากนั้นนำพื้นที่ใต้พีคที่ได้มาเปรียบเทียบความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานตามรูปที่ ก.1

#### ตัวอย่างการคำนวณ

นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ได้จากกระเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน โดยมีกรดเป็นตัวเร่ง มีพื้นที่ใต้พีคเท่ากับ 1584.57

จากสมการมาตรฐานเปรียบเทียบค่าพื้นที่และความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ คือ

$$\begin{aligned}
 y &= 752.79x \\
 \text{แทนค่า;} \\
 1584.57 &= 752.79x \\
 &= 2.10 \text{ เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ตัวอย่างที่มีพื้นที่พีคเท่ากับ 1584.57 จะมีความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์เท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

### ก.3 การคำนวณหาร้อยละผลได้

เมื่อทราบความเข้มข้นของสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์จึงสามารถคำนวณหาปริมาณสารที่ได้ออกมาในหน่วยกรัม แล้วจึงนำมาคำนวณหาร้อยละผลได้ดังสมการ

$$\text{ร้อยละผลได้} = \frac{\text{ผลผลิตจริง}}{\text{ผลผลิตตามทฤษฎี}} \times 100\%$$

โดย ผลผลิตจริง คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทดลองหรือจากการเกิดปฏิกิริยา  
 ผลผลิตตามทฤษฎี คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการคำนวณตามสมการเคมี

### ตัวอย่างการคำนวณ

หลังจากหาค่าความเข้มข้นของอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ได้เท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้ว สามารถคำนวณหาปริมาณอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ที่ได้จากการทดลอง โดยมีข้อมูลในการเตรียมสารก่อนนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC) ดังนี้

1. น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง เท่ากับ 19.0 กรัม
2. เตรียมสารอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ 0.50 กรัม และเติมน้ำปราศจากไอออนจนมีน้ำหนักเป็น 10.04 กรัม

จึงสามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัลคิลโพลีไกลโคไซด์ (ทดลอง)} &= \frac{2.10\%w/w}{100} \times 10.04 \text{ g.} \times 19.0 \text{ g.} \\ &= 7.99 \text{ g.} \end{aligned}$$

ผลิตภัณฑ์ตามทฤษฎีเท่ากับ 18.13 กรัม สามารถคำนวณร้อยละผลได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ร้อยละผลได้} &= \frac{7.99 \text{ g.}}{18.13 \text{ g.}} \times 100\% \\ &= 44.06 \end{aligned}$$

## ภาคผนวก ข

### ข้อมูลผลการทดลอง

#### ข.1 อิทธิพลของสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นและอุณหภูมิ

การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด โดยศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลได้ของการเกิดอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ คือสัดส่วนระหว่างสารตั้งต้นและอุณหภูมิ ผลการทดลองโดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง แสดงดังตารางที่ ข.1 ถึง ข.3

ตารางที่ ข.1 การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง

สัดส่วนระหว่างสารตั้งต้น (กลูโคส:แอลกอฮอล์ไขมัน)	พื้นที่ได้พิก	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์ เชิงทฤษฎี (g.)	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์ เชิงปฏิบัติ (g.)	ร้อยละผลได้ (%)
1 : 3	1584.57	18.13	7.99	44.06
1 : 6	2303.62	18.10	12.23	67.56
1 : 9	2171.45	18.25	11.61	63.59

ตารางที่ ข.2 การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง

สัดส่วนระหว่างสารตั้งต้น (กลูโคส:แอลกอฮอล์ไขมัน)	พื้นที่ได้พิก	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์เชิง ทฤษฎี (g.)	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์เชิง ปฏิบัติ (g.)	ร้อยละผลได้ (%)
1 : 3	2489.90	18.10	9.82	54.25
1 : 6	3277.98	18.10	15.69	86.67
1 : 9	2880.46	18.10	15.32	84.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 การสังเคราะห์อัลคิลโพลีไกลโคไซด์จากน้ำตาลกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมันภายใต้สภาวะตัวเร่งปฏิกิริยากรด ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง

สัดส่วนระหว่างสารตั้งต้น (กลูโคส:แอลกอฮอล์ไขมัน)	พื้นที่ได้ฟีด	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์เชิง ทฤษฎี (g.)	แอลคิลโพลี- ไกลโคไซด์เชิง ปฏิบัติ (g.)	ร้อยละผลได้ (%)
1 : 3	1967.46	18.12	9.25	51.08
1 : 6	2406.93	18.13	13.39	73.89
1 : 9	2053.83	18.13	12.57	69.32

ข.2 ค่าความเข้มข้นวิกฤตของการเกิดไมเซลล์

ตารางที่ ข.4 ค่าแรงตึงผิวที่วัดจากเครื่อง เครื่อง contact angle and surface tension analyzer ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (ppm)	แรงตึงผิว (mN/m)			
	1	2	3	เฉลี่ย
1	120.81	122.3	121.67	121.59
2.5	116.82	115.96	114.46	115.74
5	109.84	103.88	106.77	106.83
10	100.06	100.65	100.62	100.44
25	95.69	92.22	77.03	88.31
50	60.15	74.31	81.04	71.83
100	54.53	56.09	56.1	55.57
250	43.82	55.85	52.29	50.65
500	52.69	51.26	53.68	52.54
1000	52.69	48.5	49.43	50.20
2500	48.15	45.61	47.31	47.02
5000	41.41	41.72	45.77	42.96
10000	42.32	42.9	42.86	42.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค  
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ ค.1 เครื่องโฮโมจีไนเซอร์



รูปที่ ค.2 ชุดเครื่องกลั่นแบบ Kugelrohr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

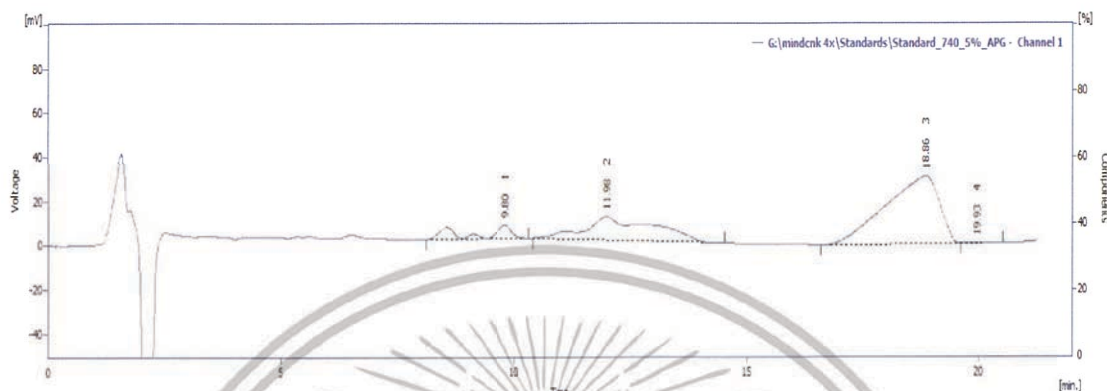


รูปที่ ค.3 บั้มสุญญากาศ 2 สเตจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

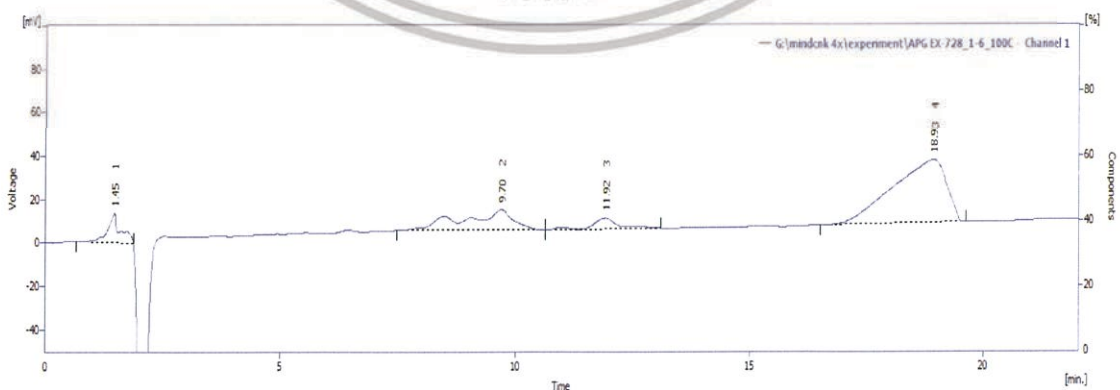
## ภาคผนวก ง โครมาโทแกรม



รูปที่ ง.1 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์มาตรฐาน

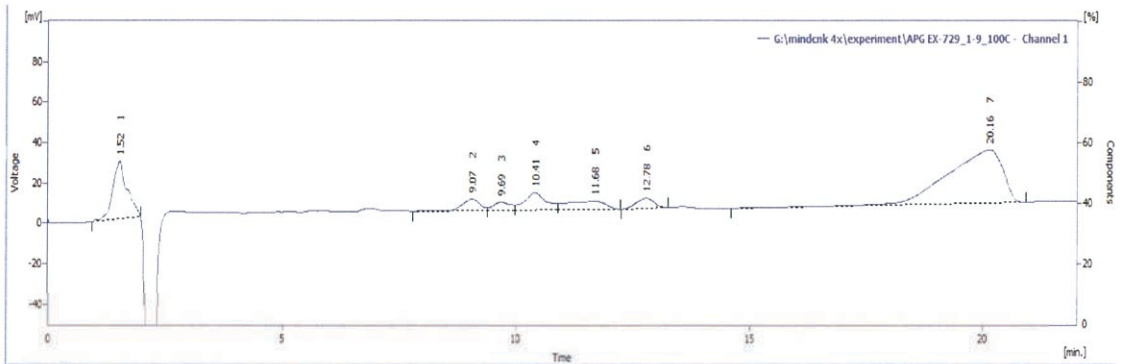


รูปที่ ง.2 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอสคอร์บอัส 1:3



รูปที่ ง.3 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอสคอร์บอัส 1:6

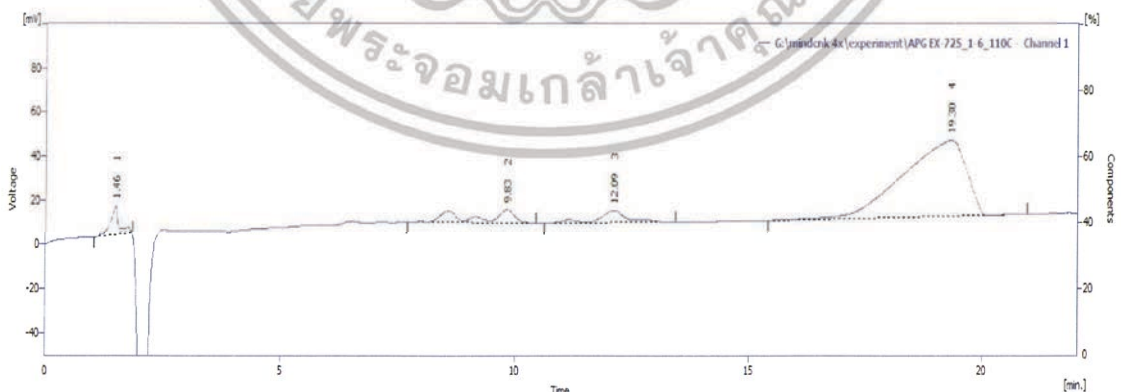
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9

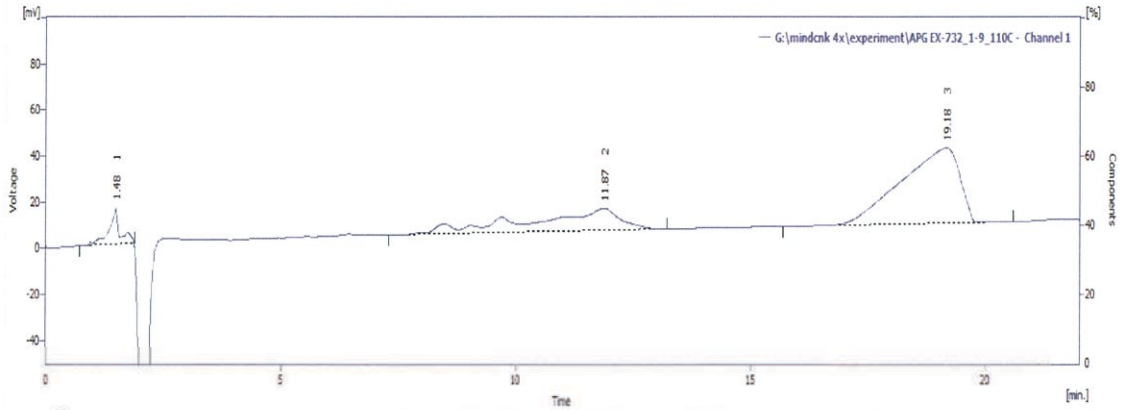


รูปที่ ง.5 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3



รูปที่ ง.6 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:6

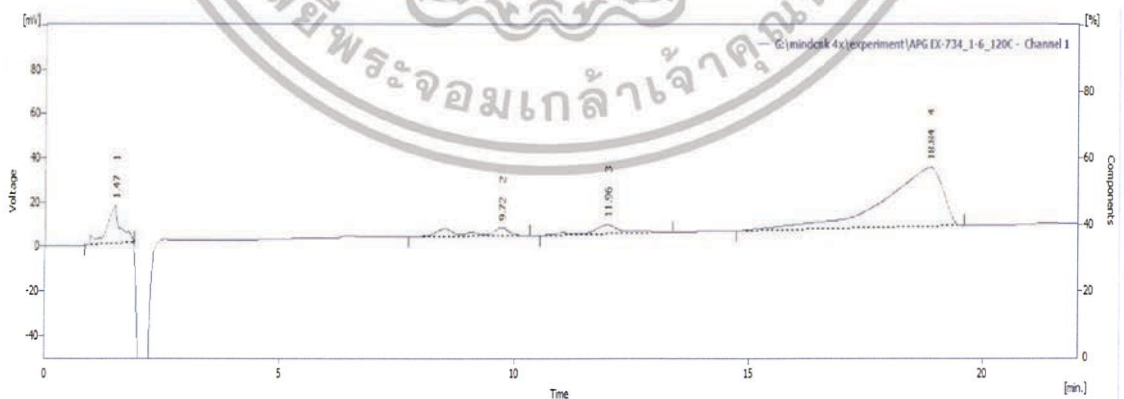
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.7 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9

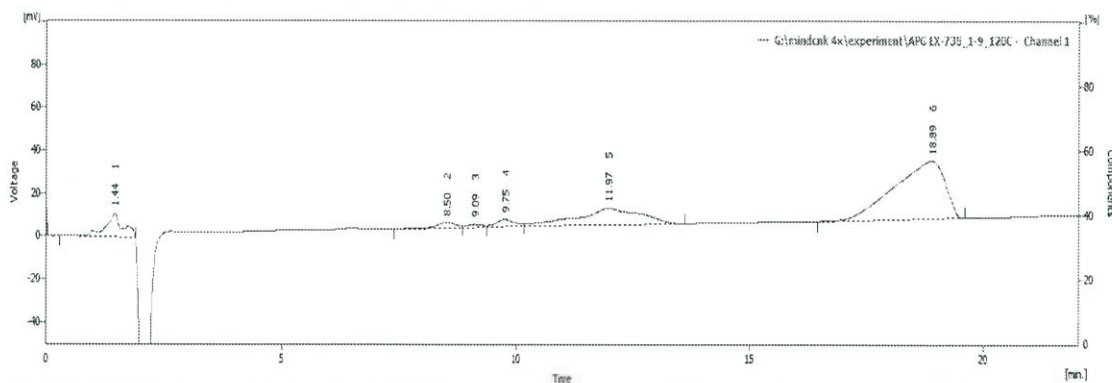


รูปที่ ง.8 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:3



รูปที่ ง.9 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.10 โครมาโทแกรมอัลคิลโพลีไกลโคไซด์ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส สัดส่วนระหว่างกลูโคสและแอลกอฮอล์ไขมัน 1:9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้