สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิว

3

T043909

กาญจนา เขียวเนตร์

ปรารถนา ไวยสุณี

ลลิดา กุลพนาเวศ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43909
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relationship between Chemical Oxygen Demand and Theoretical Oxygen Demand of Surfactants

Kanjana Keawnate

Pradthana Waisunee

Lalida Kulpanaves

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิว
โดย	นางสาวกาญจนา เขียวเนตร์
	นางสาวปรารถนา ไวยสุณี
	นางสาวลลิดา กุลพนาเวศ
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

หัวหน้าภาค
(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

ประธานกรรมการ
(อาจารย์กลินสุดนธ์ สุวรรณรัตน์)

กรรมการ
(ดร. สุวรรณี จรรยาพูน)

กรรมการ
(รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

กรรมการ
(ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิว
นักศึกษา	กาญจนา เขียวเนตร์
	ปรารถนา ไวยสุณี
	ลลิดา กุลพนาเวศ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ ได้แก่ โซเดียมลอริลซัลเฟต , โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต กลุ่มที่มีประจุบวก ได้แก่ ไตรเดคซิลเบนซิล ไดเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์ และกลุ่มที่ไม่มีประจุ ได้แก่ โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท โดยทำการหาค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีค่าความเข้มข้น 20 , 40 , 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด และคำนวณหาค่าทีเอชโอดีโดยใช้สูตรโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุล และปริมาณสาร คำนวณในสมการปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารนั้นๆ นำค่าซีโอดีและทีเอชโอดีมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ และเพื่อยืนยันความใกล้เคียงระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดี จึงสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ได้ค่าความเข้มข้นที่ค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด ที่ค่าความเข้มข้นนี้นำมาหาค่าซีโอดีและคำนวณทีเอชโอดีซ้ำอีก 50 ครั้ง ช่วงค่าคงที่ของความสัมพันธ์ซีโอดีต่อทีเอชโอดีที่ความเชื่อมั่น 95 % และความสัมพันธ์เชิงเส้นของซีโอดีต่อทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลซัลเฟต โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ และโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท เป็นดังนี้ 1.0087-1.0257, COD = 1.2129(ThOD) - 14.48 ; 0.8439 - 0.8989 , COD = 0.8787 (ThOD) + 0.975 ; 0.8363 - 0.8975 , COD = 0.7728(ThOD) + 3.4054 และ 1.0578-1.0850, COD = 1.1339 (ThOD) + 6.942 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Relationship Between Chemical Oxygen Demand and Theoretical Oxygen Demand of Surfactants
Name	Kanjana Keawnate Pradthana Waisunee Lalida Kulpanaves
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Arunee Konsakphaisal Asst . Prof. Pitsamai Chairat-utai
Department	Chemistry
Academic year	2001

Abstract

The relations between COD and ThOD of surfactant ;anionic which were Sodium lauryl sulfate , Sodium lauryl benzyl sulfonate ; cationic which was Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride and nonionic which was Polyoxyethylenesorbitan monolaurate were studied. The closed reflux method was used to analyse COD of synthesis wastewater of each surfactant concentrations of 20 , 40 , 60 , 80 and 100 mg/L. The molecular formular , molecular weight and quantity of each surfactant were used in oxidation equation to find ThOD. COD and ThOD of each surfactant were plotted to find linear relation .Relation curves of COD- ThOD against concentrations of surfactant were plotted and the concentration at an intercept point of curves was used to study the relation. At this concentration , the study was repeated 50 times. The results show that the ranges of relation between COD and ThOD (COD/ThOD) with 95% statistical confidence and linear relations of COD/ThOD of Sodium lauryl sulfate Sodium lauryl benzyl sulfonate Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride and Polyoxyethylenesorbitan monolaurate were 1.0087-1.0257 , COD = 1.2129(ThOD)-14.48 ;0.8439 - 0.8989 , COD = 0.8787 (ThOD) + 0.975 ; 0.8363 - 0.8975 , COD = 0.7728(ThOD) + 3.4054 and 1.0578-1.0850 , COD = 1.1339(ThOD) + 6.942 respetively

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือในการให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น และข้อชี้แนะต่างๆ ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่ในการแก้ไขปัญหาจาก รส. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงงานพิเศษทุกท่านที่กรุณาแสนอแนะและแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้โครงงานพิเศษนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านการปฏิบัติการทดลองให้ดำเนินการได้โดยสะดวก และขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านคำปรึกษา แนะนำและให้กำลังใจ

กาญจนา เขียวเนตร์
ปรารถนา ไวยสุณี
ลลิดา กุลพนาเวศ

เมษายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.2 การวิเคราะห์ค่าซีโอดี	3
2.3 การวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยใช้ไดโครเมตเป็นออกซิไดซิงเอเจนต์	6
2.3.1 การรีฟลักซ์แบบปิด	6
2.3.2 ข้อผิดพลาดและวิธีการแก้ไข	7
2.3.3 ข้อดีของการวิเคราะห์โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด	7
2.4 การคำนวณทีเอชโอดี	8
2.5 วิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีและทีเอชโอดี	8
2.6 สารลดแรงตึงผิว	9
- สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic surfactant)	9
- สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic surfactant)	14
- สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant)	15
2.7 สารลดแรงตึงผิวที่นำมาใช้ในการทดลอง	16
2.7.1 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic surfactant)	16
2.7.2 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic surfactant)	17
2.7.3 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant)	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย 18

3.2 สารเคมี 18

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 19

3.4 การดำเนินการทดลอง 19

3.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและค่าทีเอชโอดี 20

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic surfactant) 21

4.2 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic surfactant) 29

4.3 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant) 34

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 40

บรรณานุกรม 41

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีรีฟลักซ์แบบปิด 42

ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการวิจัย 45

ภาคผนวก ค การคำนวณค่าซีโอดี 57

ภาคผนวก ง การคำนวณค่าทีเอชโอดี 66

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณการใช้สารลดแรงตึงผิวประเภทต่างๆในอเมริกาปีคศ.1982	9
2.2 แสดงตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบ กลุ่ม Alkyl sulfate (fatty alcohol sulfates)	11
2.3 แสดงตังอย่างสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบกลุ่ม Alkyl ether sulfate (alkyl polyethylene glycol sulfates)	13
5.1 สรุปผลการวิจัยการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี	39
ก-1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่างๆ	44
ข-1 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นต่างๆ	45
ข-2 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลซัลเฟต	46
ข-3 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลซัลเฟต	47
ข-4 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ที่ความเข้มข้นต่างๆ	48
ข-5 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	49
ข-6 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	50
ข-7 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของไตรเดคซิลเบนซิล ไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	51
ข-8 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	52
ข-9 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข-10 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโพลีออกซีเอทธิลีน ซอร์บิแทน โมโนลอเรทที่ความเข้มข้นต่างๆ	54
ข-11 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโพลีออกซีเอททิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท	55
ข-12 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโพลีออกซีเอททิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท	56
ค-1 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ ของโซเดียมลอริลซัลเฟต	57
ค-2 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	59
ค-3 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ ของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์	62
ค-4 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ ของโพลีออกซีเอททิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลซัลเฟต	22
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของโซเดียมลอริลซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆ	23
4.3	แผนภูมิแท่งแสดงสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ความถี่ของโซเดียมลอริลซัลเฟต	24
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	25
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ	26
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ (ขยายรูปที่ 4.5)	27
4.7	แผนภูมิแท่งแสดงสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	28
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ของไตรเดคซิลเบนซิลแอมโมเนียมคลอไรด์	30
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของไตรเดคซิลเบนซิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ	31
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของไตรเดคซิลเบนซิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ(ขยายรูปที่ 4.9)	32
4.11	แผนภูมิแท่งแสดงสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของไตรเดคซิลเบนซิลแอมโมเนียมคลอไรด์	33
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ของโพลีออกซีเอทธิลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท	35
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้น ของโพลีออกซีเอทธิลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท	36
4.14	แผนภูมิแท่งแสดงสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโพลีออกซีเอทธิลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการนำสารลดแรงตึงผิวเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก เป็นต้น เพื่อให้สินค้ามีคุณสมบัติตรงตามความต้องการของทั้งบริษัทและผู้บริโภค ทำให้น้ำเสียที่ปล่อยออกจากอุตสาหกรรมเหล่านี้มีสารลดแรงตึงผิวปนเปื้อน ซึ่งในการวิเคราะห์หาค่าความสกปรกของน้ำเสียอุตสาหกรรม วิธีที่นิยมคือ ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD) วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีด้วยการรีฟลักซ์แบบเปิดและปิด ก่อให้เกิดสารเคมีปนเปื้อนมากับน้ำเสีย โดยเฉพาะสารเคมีในรูปไดโครเมต ปรอท เพื่อความสะดวกในการประเมินหาค่าซีโอดีโดยไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำการทดลองวิเคราะห์หาค่าซีโอดี อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณน้ำเสียอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ทำการทดลองในรูปของไดโครเมต ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการประเมินหาค่าซีโอดีได้จากการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับค่าทีเอชโอดี ซึ่งค่าทีเอชโอดีนี้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสกปรกในน้ำเสียที่ได้จากการคำนวณ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มต่างๆ ได้แก่ กลุ่มที่มีประจุลบ (anionic) กลุ่มที่มีประจุบวก (cationic) และกลุ่มที่ไม่มีประจุ (nonionic)
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับค่าทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิว

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการหาค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีการปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิว กลุ่มที่มีประจุลบ ได้แก่ โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate) ,โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium lauryl benzyl sulfonate) กลุ่มที่มีประจุบวก ได้แก่ ไตรเดคซิลเบนซิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride) และกลุ่มที่ไม่มีประจุ ได้แก่ โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท (Polyoxyethylenesorbitan monolaurate) โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 กรัมต่อ 500 มิลลิลิตร

2. วิเคราะห์หาค่าซีโอดีโดยใช้วิธีรีฟลักซ์แบบปิดและคำนวณหาค่าทีเอชโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์แต่ละชนิดได้โดยใช้สูตรโมเลกุลและปริมาณของสารเคมีนั้นๆ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประมาณค่าซีโอดีของสารลดแรงตึงผิวประเภทต่างๆ จากค่าคงที่ (ค่า A) ที่หาได้จากการทดลอง โดยนำมาใช้ในสมการ $COD = A \times ThOD$
2. สามารถประมาณค่าซีโอดีของสารลดแรงตึงผิวที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้ โดยใช้สมการเส้นตรง ($y = ax + b$) ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีและทีเอชโอดี
3. ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีเนื่องจากสามารถประมาณค่าซีโอดีได้ ทำให้ลดปริมาณน้ำเสีย เนื่องจากการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ทำการทดลองสู่สิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎี

ค่าซีโอดี (COD) หรือค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่ใช้บอกความสกปรกของน้ำเสีย โดยเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำเสียให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ด้วยสารออกซิไดส์ซิงเอเจนต์อย่างแรงกับกรดเข้มข้นและใช้สารตัวเร่งร่วมด้วยการต้มเดือด (Reflux) นาน 1–2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์และป้องกันไม่ให้สารที่ระเหยง่ายระเหยออกไปหมด ดังสมการ (2.1)

$$(CH_2O)_n + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow CO_2 + H_2O + Cr^{3+} \qquad (2.1)$$

ค่าซีโอดีเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แต่ไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าสารอินทรีย์นั้นย่อยสลายทางชีวภาพได้หรือไม่ ในขณะที่ค่าบีโอดีก็เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่จุลินทรีย์ใช้ไปในปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ จึงใช้ประโยชน์ในการควบคุมระบบบำบัดทางชีววิทยามากกว่าค่าซีโอดี แต่ค่าซีโอดีจะใช้เวลาในการหาได้เร็วเพียง 3 ชั่วโมง มีตัวแปรผันน้อยกว่าและค่าที่ได้จะมีความแน่นอนมากกว่า อัตราส่วนของค่าซีโอดีและบีโอดีสำหรับน้ำเสียชนิดต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นกับชนิดของสารที่เจือปนในน้ำ โดยปกติค่าบีโอดีจะน้อยกว่าค่าซีโอดีประมาณ 60 – 80 %

2.2 การวิเคราะห์ค่าซีโอดี

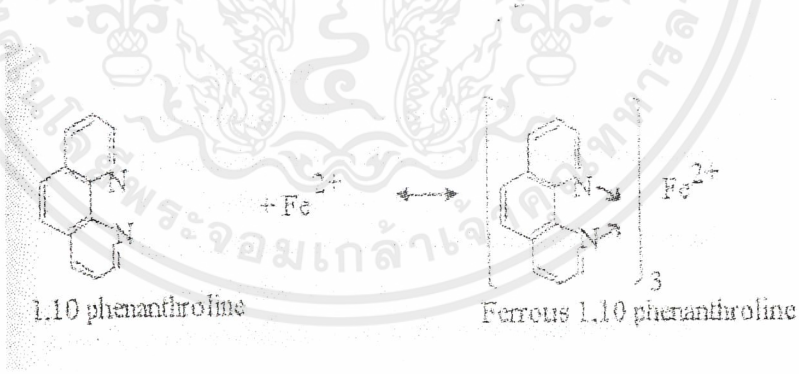
ซีโอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ซึ่งจะหาได้จากการใช้สารออกซิไดส์อย่างแรง สารเคมีที่ใช้เป็นตัวออกซิไดส์ คือโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ซึ่งถือว่าเป็นสารออกซิไดส์ที่ดีกว่าตัวอื่นๆ เช่น เฟอร์ริกซัลเฟต (Ferric sulfate),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium iodate) เนื่องจากทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย และมีอำนาจในการออกซิไดส์สูง สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ถูกทำลายได้ถ้าต้มกับโพแทสเซียมไดโครเมตที่ทราบปริมาณแน่นอนกับกรดซัลฟูริก ปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตบางส่วนจะถูกใช้ไปในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ปริมาณส่วนที่เหลือหลังจากการออกซิไดส์หาได้โดยการไทเทรตย้อนกลับ (Back - titration) กับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ดังสมการ (2.2)

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O \qquad (2.2)$$

โดยใช้เฟอร์โรอีน (Ferroin) เป็นอินดิเคเตอร์ (ปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการออกซิไดส์จะมากน้อยเท่าใดขึ้นกับปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำ) จุดยุติคือ จุดที่เฟอรัส (Fe^{2+}) ทำปฏิกิริยากับเฟอร์โรอีนได้สารประกอบสีน้ำตาลแดง เฟอร์โรอีนคือ สารประกอบเชิงซ้อนของเฟอรัส กับ 1,10 ฟีแนนโทรลีนที่มีคู่ของอิเล็คตรอนอิสระอยู่ สามารถเกิดพันธะกับเฟอรัสไอออนได้โดยใช้ 1, 10 ฟีแนนโทรลีน 3 ตัว และให้สีแดงเข้ม เฟอรัสไอออนสามารถถูกออกซิไดส์เป็นเฟอริกในขณะที่อยู่ในสารประกอบเชิงซ้อนกับ 1, 10 ฟีแนนโทรลีน ดังสมการ (2.3)



$$Ph_3Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Ph_3Fe^{2+} \qquad (2.3)$$

Light blue — dark blue

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ประโยชน์และข้อดีของซีโอดี

1. ทราบผลได้ในเวลาอันรวดเร็ว ประมาณ 3 ชั่วโมง ดังนั้นค่าซีโอดีจึงนิยมใช้มากในการวิเคราะห์น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากทางโรงงานสามารถหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทันที ในขณะที่การหาค่าบีโอดีต้องใช้เวลาถึง 5 วัน
2. ค่าที่ได้มีความน่าเชื่อถือและแน่นอนกว่าค่าบีโอดี เนื่องจากมีตัวแปรผันน้อย
3. สะดวก รวดเร็ว เหมาะสมสำหรับงานประจำ
4. สารพิษในน้ำเสียไม่ขัดขวางในการหาค่าซีโอดี ดังนั้นจึงสามารถนำมาใช้ประเมินหาค่าซีโอดีในน้ำที่มีสารพิษได้
5. ใช้บอกความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือจากบ้านเรือนได้
6. ผลการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าบีโอดี สามารถบอกได้ว่าน้ำนั้นมีสารพิษหรือไม่
7. ถ้าใช้พิจารณาร่วมกับค่าบีโอดี ทำให้บอกได้ว่าน้ำเสียมีแนวโน้มในการย่อยสลายทางชีวภาพได้ยากหรือง่ายเพียงใด
8. ใช้ในการประเมินบีโอดีอย่างคร่าวๆ ถ้ารู้แหล่งกำเนิดหรือที่มาของตัวอย่างน้ำ
9. เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการคำนวณการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียและการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2.2 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาค่าซีโอดี

1. วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันที
2. ตัวอย่างน้ำที่มีของแข็งจมตัวปะปนมากๆ ต้องเขย่าหรือกวน
3. ถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที ให้เก็บรักษาโดยใส่กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.8 มล./ ลิตรของน้ำเสีย หรือปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 2
4. ในกรณีที่น้ำเสียมีความเข้มข้นมากให้ทำการเจือจางเสียก่อน จึงทำการวิเคราะห์ (กรองแก้ว, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีโดยใช้ไดโครเมตเป็นออกซิไดซิงเอเจนต์ มี 2 วิธี

1. วิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Reflux Method)
2. วิธีการรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux Method)

วิธีการรีฟลักซ์แบบเปิดเหมาะสำหรับหาค่าซีโอดีในช่วงกว้างๆต้องใช้ปริมาณสารเคมีมาก ส่วนการรีฟลักซ์แบบปิด จะใช้ปริมาณตัวอย่างน้อยกว่า และประหยัดสารเคมี

2.3.1 การรีฟลักซ์แบบปิด

หลักการของการวิเคราะห์โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิดนั้นเหมือนกับวิธีรีฟลักซ์แบบเปิด ต่างกันตรงที่วิธีการและอุปกรณ์ที่ใช้หลักการคือใช้ตัวเติมออกซิเจนโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)ในน้ำเสียที่ทราบปริมาตรสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่แน่นอน และเติมในปริมาณที่เกินพอในสภาวะที่เป็นกรดอย่างรุนแรงและอุณหภูมิสูงโดยใช้ซิลเวอร์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ (2.4)

$$C_nH_aO_bN_c + dCr_2O_7^{2-} + (8d+c)H^+ \xrightarrow{\Delta} nCO_2 + \frac{(a + 8d - 3c)}{2} H_2O + cNH_4^+ + 2dCr^{3+} \quad (2.4)$$

โดยให้ $d = \frac{2n}{3} + \frac{a}{6} - \frac{b}{3} - \frac{c}{2}$

จากนั้นไทเทรตหาปริมาณสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่มากเกินพอ ด้วยเฟอรัส-แอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอีนเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติจะเปลี่ยนสีจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำตาลอมแดง ดังสมการ (2.5)

$$6Fe^{2+} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 6Fe^{3+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ข้อผิดพลาดและวิธีการแก้ไข

1. สารอินทรีย์บางชนิดไม่สามารถถูกออกซิไดส์ โดยสารโปแตสเซียมไดโครเมต ซึ่งทำให้ค่าที่ได้น้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยใช้ซิลเวอร์ซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
2. ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีการปะปนด้วยคลอไรด์ (ซึ่งจะพบมากในน้ำโสโครก) จะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากคลอไรด์เป็นตัวไปลดออกซิเจน โดยจะไปรีดิวซ์โปแตสเซียมไดโครเมต ดังสมการ (2.6)

$$6Cl^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 3Cl_2 + 2Cr^{3+} + 7\,H_2O \qquad (2.6)$$

สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยการเติมเมอร์คิวริกซัลเฟตในน้ำตัวอย่างก่อนเติมน้ำยาเคมีอื่น โดยเมอร์คิวริกซัลเฟตจะรวมกับคลอไรด์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเมอร์คิว-ริกคลอไรด์ ดังสมการ (2.7)

$$Hg^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow HgCl_2 \qquad (2.7)$$

3. ในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีการปะปนด้วยไนไตรต์ (NO_2^-) ในปริมาณที่มาก สามารถที่จะทำปฏิกิริยากับไดโครเมตได้เป็นไนเตรต (NO_3^-) ทำให้ผลที่ได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง สามารถแก้ไขได้โดยการเติมกรดซัลฟามิกในสารละลายไดโครเมต ดังสมการ (2.8)

$$NO_2^- + NH_2\text{-}SO_3H \longrightarrow N_2 + H_2SO_4 + H_2O \qquad (2.8)$$

2.3.3 ข้อดีของการวิเคราะห์โดยวิธี รีฟลักซ์แบบปิด

1. ประหยัดสารเคมี
2. สะดวกและสามารถทำได้โดยง่ายเหมาะสำหรับงานประจำ
3. สามารถลดผลกระทบที่มีต่อสภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

ต้องทำการผสมตัวอย่างกับสารเคมีให้ผสมเข้ากันอย่างดีก่อนเข้าตู้อบ

2.4 การคำนวณทีเอชโอดี หาได้จากสมการดังนี้

ThOD (Theoretical Oxygen Demand) หมายถึง ค่าของปริมาณ O_2 ที่ต้องการใช้ในการออกซิไดส์สารใดสารหนึ่งตามทฤษฎี โดยคำนวณจากสูตรเคมีของสารประกอบนั้นๆ ดังสมการ (2.9)

$$C_nH_mO_eX_kN_jS_iP_h + bO_2 \longrightarrow nCO_2 + \frac{(m-k-3j-2i-3h)}{4}H_2O + kHX + jNH_3 + iH_2SO_4 + hH_3PO_4 \quad (2.9)$$

$$\text{โดยที่ } b = n + \frac{(m-k-3j-2i-3h)}{4} - \frac{e + 2i + 2h}{2}$$

2.5 วิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีและทีเอชโอดี

1. หาค่าซีโอดีจากการทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหรือข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หาได้
2. คำนวณค่าทีเอชโอดีจากสมการ
3. นำค่าทั้งสองมาเข้าความสัมพันธ์ดังสมการ

$$\boxed{COD = A \times ThOD}$$

4. จะได้ค่า A ซึ่งกำหนดให้เป็นค่าคงที่ของสารเคมีในกลุ่มหนึ่งๆ ที่ทำการทดลอง
5. ค่า A ที่ได้สามารถได้จากการทดลองเป็นค่าคงที่ที่ใช้ในการคูณกับค่าทีเอชโอดี (พีรวัฒน์ และวาปี ,2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิว (surfactant) เป็นสารซึ่งมีคุณสมบัติชอบทั้งน้ำและน้ำมัน (Amphiphilic compounds) เพราะโครงสร้างของสารมีทั้งกลุ่มที่ชอบน้ำ (hydrophilic group) และกลุ่มที่ชอบน้ำมัน (lipophilic group) ในโมเลกุลเดียวกัน ทำให้สามารถเชื่อมรอยต่อระหว่างวัตภาคน้ำ (hydro phase) และวัตภาคน้ำมัน (lipid phase) ได้เป็นอย่างดี จึงทำหน้าที่เป็นตัวอีมัลชันได้

สารลดแรงตึงผิวมีทั้งประจุบวก ประจุลบ และชนิดไม่มีประจุ โดยมีคุณสมบัติและข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวในผลิตภัณฑ์จึงต้องมีการศึกษาเป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อีมัลชันที่มีคุณสมบัติตามต้องการ (อรัญญา , 2533)

สารลดแรงตึงผิว สามารถแบ่งประเภทได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. <u>สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบ</u> (Anionic surfactant) สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีการนิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันหรือประมาณ 70-75% ของการใช้ทั้งหมด สารชนิดนี้มีคุณสมบัติดีกว่าชนิดอื่น คือสามารถทำความสะอาดได้ดี เกิดฟองเร็ว และปริมาณฟองมาก ราคาถูก และนิยมใช้เป็นสารหลักในแชมพู

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณการใช้สารลดแรงตึงผิวประเภทต่างๆในอเมริกา ปี คศ.1982 (Myers,1946)

ประเภทสารลดแรงตึงผิว	ปริมาณ	%ของทั้งหมด
Anionics	3,054.7	64.3
Cationics	380.0	8.0
Nonionics	1,291.4	27.2

สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้ประกอบด้วยประจุลบ เช่น Sulfonate ($RSO_3^-M^+$) , Sulfate ($ROSO_3^-M^+$) ที่นิยมใช้แบ่งได้เป็นกลุ่มดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alkyl sulfate (fatty alcohol sulfates) มีสูตรหลักคือ

$$R\text{-}O\text{-}SO_3^- M^+$$

M คือ sodium , potassium ,ammonium หรือ alkanolamine

R คือ แขนที่ไม่ละลายน้ำของ fatty alcohol มี C 10-18 อะตอม

เกิดจากการรีดิวซ์(reduce) กรดไขมันให้เป็นแอลกอฮอลล์แล้วเติมกลุ่มซัลเฟต (sulfation) โดยใช้ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (sulfur trioxide) กรดไขมันที่นิยมใช้มักมี C12 (Lauryl), C14 (myristyl) และC16 (palmityl) ผสมกันเพราะทำให้เกิดฟองดีแม้ในน้ำกระด้าง ล้างน้ำออกได้ง่าย ไม่นิยมใช้พวกที่มี C8-10 อะตอม เพราะไม่มีอำนาจชำระล้างและทำให้แพ้ได้ อย่างไรก็ตามสารกลุ่มนี้มีข้อเสียคือ อาจขจัดไขมันผิวหนังออกมากเกินไปและถ้าใช้ในความเข้มข้นมากกว่า 5% อาจทำอันตรายต่อม่านตาและกระจกตาได้ ควรใช้รวมกับสารลื่นลดการระคายเคือง เช่น imidozolines , betaines หรืออนุพันธ์ lanolin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2 .2 แสดงตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบ กลุ่มAlkyl sulfate (fatty alcohol sulfates)

สาร	คุณสมบัติ	ชื่อการค้า
1. Sodium lauryl sulfate	ละลายน้ำเย็นได้น้อย ใช้ทำแชมพูผง ครีม และเพสท์	Empicol LZ Texapon K 12 , K Sulfopon WAI , K
2. Alkanolamine lauryl sulfate 2.1 Monoethanolamine lauryl sulfate (MEA lauryl sulfate) 2.2 Diethanolamine lauryl sulfate (DEA lauryl sulfate) 2.3 Triethanolamine lauryl sulfate (TEA lauryl sulfate)	ฤทธิ์อ่อนกว่า ขจัดไขมันน้อยกว่า และละลายน้ำมากกว่าข้อ1 สารกลุ่มนี้สีจะเข้มขึ้นเมื่อเก็บนานโดยเฉพาะเมื่อถูกแสง เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อนความเข้มข้นร้อยละ 33 ของเหลวสีฟางข้าว ความเข้มข้นร้อยละ 33-35 ของเหลวสีเหลืองอ่อน ละลายน้ำได้ดีกว่าตัวอื่น ความเข้มข้นร้อยละ 42	 Empicol LQ 33 Texapon MLS Empicol DLS Empicol TL 40 Texapon TH Texapon T 42, T50,T35
3. Ammonium lauryl sulfate	สารละลายเป็นด่างน้อยกว่าข้อ1และ2 ละลายน้ำดี มีความคงตัวดีแม้อยู่ในพีเอช 4.5 นิยมใช้เตรียมแชมพูที่มีพีเอชต่ำ ข้อเสียคือเก็บไว้นานพีเอชสูงขึ้นเพราะสลายตัวให้แอมโมเนีย	Texapon A 400
4. Calcium and magnesium lauryl sulfate	นิยมใช้เตรียมแชมพูผง เพราะดูดน้ำน้อยกว่าเกลือโซเดียม ทำให้ไม่เกิดการจับเป็นก้อนแข็ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alkyl ether sulfate (alkyl polyethylene glycol sulfates)

สารกลุ่มนี้สังเคราะห์ขึ้น เพื่อแก้ไขข้อเสียในการละลายของ alkyl sulfate จึงละลายน้ำได้ดีกว่า มีฤทธิ์อ่อนกว่า และทนต่อพีเอชได้กว้างกว่า สูตรหลักคือ

$$RO(CH_2CH_2O)_n - SO_3^-M^+$$

M = sodium ,potassium ,ammonium หรือ alkanolamine

R = แขนที่ไม่ละลายน้ำของกรดไขมันที่มี C 10-16 อะตอม

n = 2 หรือ 3

การเพิ่ม ethylene oxide group ลงในสูตร ทำให้คุณสมบัติของการละลายน้ำดีขึ้น มีฟองมาก แต่ฟองเบาและแตกง่าย มีอำนาจการชำระล้างดี แต่มีข้อเสียคือ เก็บไว้นานเกิดไฮโดรไลซิสที่อุณหภูมิห้อง จึงต้องเก็บในที่เย็น นอกจากนี้หากใช้ในอุตสาหกรรมแชมพู สภาพผมหลังสระจะมีประจุมากทำให้หวียาก จึงต้องใช้น้ำยานวดผม (hair rinse) หรือ น้ำยาปรับสภาพเส้นผม (hair conditioner) ร่วมด้วยเสมอ ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้แสดงดังตาราง 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างสารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบ กลุ่ม Alkyl ether sulfate (alkyl polyethylene glycol sulfates)

สาร	คุณสมบัติ	ชื่อการค้า
1. Sodium lauryl ether sulfate (Sodium laureth sulfate)	ละลายน้ำดีมาก กลิ่นอ่อน ความเข้มข้นร้อยละ 50 ทนกรด ด่าง และแคลเซียม อุณหภูมิที่เริ่มขุ่นคือ –5 องศาเซลเซียส เก็บนานจะถูกไฮโดรไลซ์	Texapon N 25 ,N40 (25-28%) Texapon Q (65%) Empicol ES B3 Sipon ES Genapol LR O
2. Ammonium lauryl ether sulfate (Ammonium laureth sulfate)	สารละลายความเข้มข้นร้อยละ 60	Sipon EAY Texapon NA (23-25%)
3.Trietanolamine lauryl ether sulfate (TEA-laureth sulfate)	-	Empicol ETO Texapon NT(34-36%)
4. Sodium lauryl myristyl alcohol ether sulfate	-	Texapon K14 special (29-31%)
5. Magnesium lauryl ether sulfate	-	Texapon MG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alkyl benzene sulfonate (alkyl aryl sulfonate)

สารกลุ่มนี้เป็นกลุ่มแรกที่สังเคราะห์ขึ้นใช้แทนสบู่ สูตรหลักคือ

M = ammonium, sodium หรือ triethanolamine

R = แขน alkyl ที่มี C 10-14

สารกลุ่มนี้มีฟองมากแม้ในน้ำกระด้าง แต่ฟองเบา ความหนาแน่นน้อย สามารถขจัดไขมันได้มาก จึงทำให้ผมแห้ง กระด้าง ฟูฟอง หวียาก อาจทำให้เกิดการแพ้ได้ด้วย จึงไม่ใช้เดี่ยวๆ มักใช้ร่วมกับสารชำระล้างประจุลบอื่น เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพราะราคาถูกมาก นิยมเติมในแชมพูธรรมดาปริมาณร้อยละ 3-5 เพื่อเป็นแชมพูสำหรับผมมัน ที่นิยมใช้มี 2 ตัวคือ

- Sodium dodecyl benzene sulfonate
- Triethanolamine dodecyl benzene sulfonate

2. <u>สารลดแรงตึงผิวที่มีประจุบวก</u> **(Cationic surfactant)** สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้ประกอบด้วยหมู่ที่มีประจุบวก เช่น quaternary ammonium halides ($R_4N^+Cl^-$) สารกลุ่มนี้มีอำนาจในการซักล้างและเกิดฟองน้อยกว่าชนิดประจุลบ มีข้อเสียคือ เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและตา ส่วนใหญ่มีบทบาทในการใช้เป็นสารฆ่าหรือยับยั้งเชื้อโรคนอกจากนี้ยังใช้เป็นน้ำยาปรับผ้านุ่มด้วย (fabric softener) ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ ได้แก่ alkyl trimethyl ammonium , alkyl benzyl dimethyl ammonium , dialkyl dimethyl ammonium , alkyl pyridinium , alkyl imidazolinium , cetyl trimethyl ammonium chloride (Dehyquart A)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. <u>สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ</u> **(Nonionic surfactant)** สารลดแรงตึงผิวกลุ่มนี้ประกอบด้วยหมู่ที่ชอบน้ำ (hydrophilic group) ซึ่งไม่แตกประจุเมื่ออยู่ในน้ำ มีอำนาจในการซักล้างสูงจึงใช้ร่วมกับสารอื่นเพื่อเพิ่มอำนาจการทำความสะอาดและเพิ่มการละลายของสารอื่น เช่นน้ำหอม สารกลุ่มนี้ใช้ได้ดีทั้งในน้ำกระด้างและน้ำทะเล เพราะประสิทธิภาพไม่ขึ้นกับค่าพีเอช ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้เช่น alcohol ethoxylates , alkylphenol ethoxylates , polyoxyethylene esters (พิมพร , 2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 สารลดแรงตึงผิวที่นำมาใช้ในการทดลอง

2.7.1 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (anionic)

1 ชื่อ : โซเดียมลอริลซัลเฟต
(Sodium lauryl sulfate)

ชื่อทางการค้า : Empicol LZ
Texapon K 12 , K
Sulfopon WAI , K

สูตรโมเลกุล : $C_{12}H_{25}SO_4Na$

สูตรโครงสร้าง : $CH_3 (CH_2)_{11}OSO_3Na$

น้ำหนักโมเลกุล (กรัม) : 288.50

2 ชื่อ : โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต
(Sodium lauryl benzyl sulfonate)

ชื่อทางการค้า : Dodecylbenzenesulfonic acid

สูตรโมเลกุล : $C_{18}H_{29}SO_3Na$

สูตรโครงสร้าง : $CH_3 (CH_2)_{11}(C_6H_4) SO_3Na$

น้ำหนักโมเลกุล (กรัม) : 344.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7.2 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (cationic)

ชื่อ : ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์
(Tridecyl benzyl dimethyl ammoniumchloride)

ชื่อทางการค้า : Benzalkonium chloride

สูตรโมเลกุล : $C_{22}H_{40}NCl$

สูตรโครงสร้าง : $C_6H_5(CH_2)N(CH_3)_2C_{13}H_{27}Cl$

น้ำหนักโมเลกุล (กรัม) : 353.50

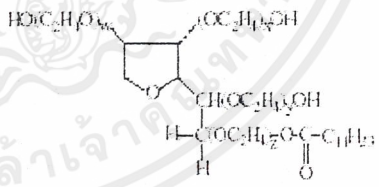
2.7.3 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (nonionic)

ชื่อ : โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท
(Polyoxyethylenesorbitan monolaurate)

ชื่อทางการค้า : Tween 20

สูตรโมเลกุล : $C_{58}H_{114}O_{29}$

สูตรโครงสร้าง :



sum of w, x, y, z = 20

น้ำหนักโมเลกุล (กรัม) : 1225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43909

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มประจุลบ (anionic) กลุ่มประจุบวก (cationic) และกลุ่มไม่มีประจุ (nonionic) ที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ กัน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทีเอชโอดีและค่าซีโอดี

3.2 สารเคมี

- โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium lauryl benzyl sulfonate) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Tridecyl benzyl dimethyl ammoniumchloride) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท (Polyoxyethylenesorbitan monolaurate) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล (Potassium dichromate solution) เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- กรดซัลฟูริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตไทแทรนต์ 0.05 นอร์มัล เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- สารละลายเฟอร์โรอีนอินดิเคเตอร์ เกรดวิเคราะห์ (AR grade)
- สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต เกรดวิเคราะห์ (AR grade)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยบอโรซิลิเกตขนาด 16 x 100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดทีเอฟอี (Tetrafluoroethylene; TFE)
2. ฮีทติ้งบล็อค (Heating block) กล่องอลูมิเนียมลึก 45 – 50 มม. มีรูขนาดพอดีกับหลอดแก้ว
3. บล็อคฮีทเตอร์ (Block heater) หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 150 $\pm$ 2 °C การใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมงที่ 150 °C จะไม่ทำให้ฝาหลอดแก้วถูกทำให้เสียหาย
4. ไมโครปิเปต
5. ไมโครบิวเรตขนาด 10 มล.
6. ขวดรูปกรวยขนาด 25 มล.
7. บิวเรต

3.4 การดำเนินการทดลอง

1. ชั่งโซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate) มา 0.01 0.02 0.03 0.04 และ 0.05 กรัม ละลายน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีค่าความเข้มข้นต่างๆ กัน
2. นำแต่ละความเข้มข้นมาทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีแบบปิด ดังภาคผนวก
3. ทำการทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนสารเป็น
   - โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium lauryl benzyl sulfonate)
   - อัลคิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Trideyl benzyl dimethyl ammoniumchloride)
   - โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท (Polyoxyethylenesorbitan monolaurate)
4. ทำการทดลองเช่นเดิมซ้ำอีก 50 ครั้ง ณ จุดความเข้มข้นที่ค่าซีโอดีและทีเอชโอดีมีค่าใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและค่าทีเอชโอดี

1. การหาค่าทีเอชโอดี ทำได้โดย
   1.1 ต้องทราบสูตรโครงสร้างและปริมาณของสารที่จะทำการศึกษา
   1.2 เขียนสมการเพื่อทำการคำนวณปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการออกซิไดส์ และทำการเทียบหาค่าทีเอชโอดี
2. หาค่าซีโอดีจากการทดลองโดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด
3. นำค่าทีเอชโอดีและซีโอดีที่ได้มาทำการสร้างกราฟด้วยโปรแกรมเอกเซล (Excel) โดยสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดี จะได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง ($y = ax + b$)
4. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของสาร จะได้กราฟเส้นตรงสองเส้นซึ่งเป็นของซีโอดี และทีเอชโอดีตามลำดับ
5. ทำการเลือกค่าความเข้มข้นที่ทำให้ค่าซีโอดีและทีเอชโอดีมีความเบี่ยงเบนจากกันน้อยที่สุด (หรือจุดที่เส้นทั้งสองตัดกัน) นำค่าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวค่านี้ไปทำการทดลองหาค่าซีโอดีซ้ำอีก 50 ครั้ง
6. คำนวณอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี เพื่อหาค่าคงที่ของความสัมพันธ์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

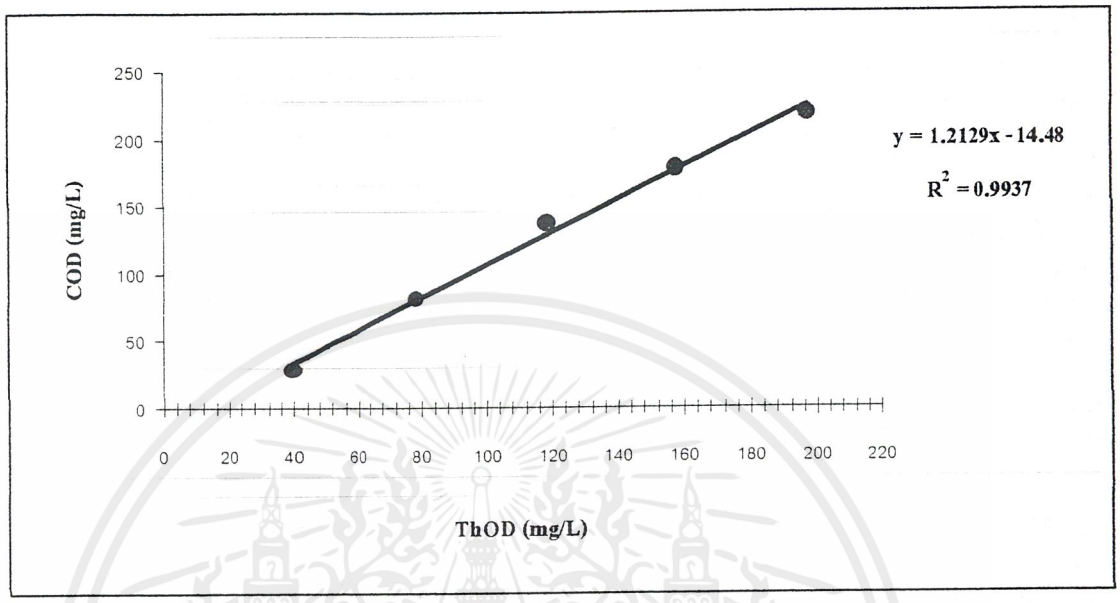
บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic)

โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)

นำค่าซีโอดีที่ได้จากการรีฟลักซ์แบบปิดกับค่าทีเอชโอดีที่ได้จากการคำนวณเมื่อทราบสูตรโมเลกุลและปริมาณสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลซัลเฟตที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ ข-1 ภาคผนวก ข มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของโซเดียมลอริลซัลเฟต ดังแสดงในรูปที่ 4.2

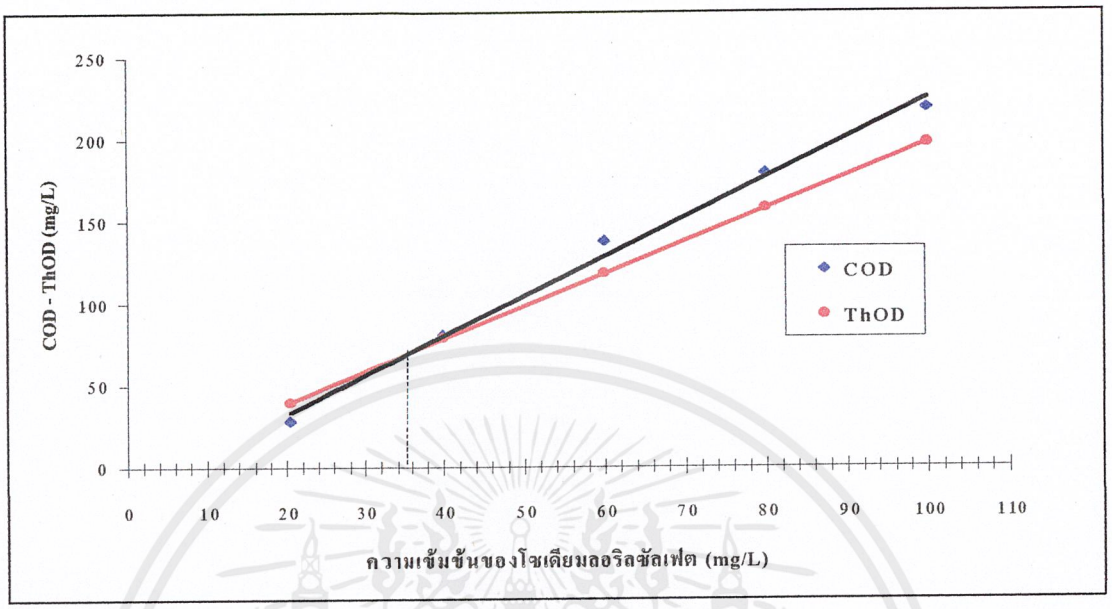
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลซัลเฟต

จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลซัลเฟต ได้สมการเส้นตรง y = 1.2129x - 14.48 โดยมีความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือ R^2 เท่ากับ 0.9937 ซึ่งแสดงว่าค่าซีโอดีและทีเอชโอดี มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลมากหรือมีค่าซีโอดีจากการทดลองกับทีเอชโอดีจากการคำนวณใกล้เคียงกัน ในการนำเอาความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้งานนั้นเพียงทราบสูตรโมเลกุลกับปริมาณของสารแล้วทำการคำนวณออกมาเป็นค่าทีเอชโอดี (การคำนวณค่าทีเอชโอดีแสดงดังภาคผนวก ง) จากนั้นนำค่าทีเอชโอดีที่ได้นั้นแทนลงในสมการเส้นตรงโดยใช้เป็นค่า x จะได้ค่า y หรือค่าซีโอดีที่ต้องการออกมา

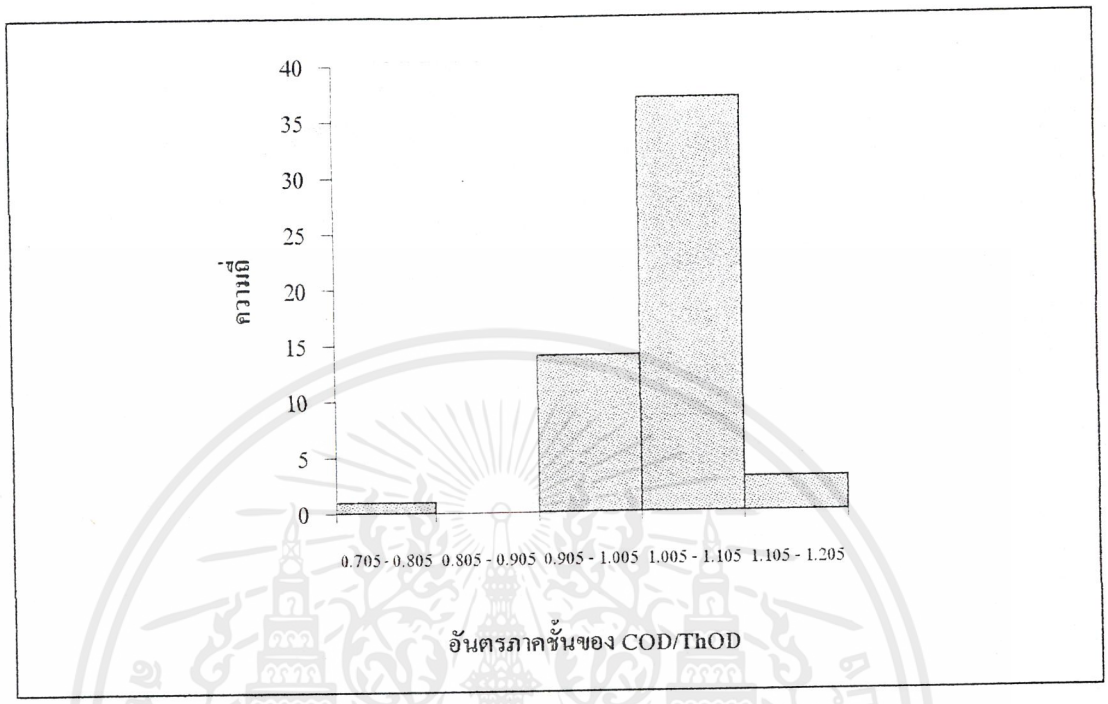
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของโซเดียมลอริลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นซีโอดีกับทีเอชโอดีมีแนวโน้มห่างออกจากกันที่ค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น เหตุผลเนื่องมาจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าความเข้มข้นสูงๆนั้นไม่เหมาะสมกับการทดลองหาค่าซีโอดีแบบปิด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกัน หรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการเลือกค่าความเข้มข้นที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน ในที่นี้จึงเลือกค่าความเข้มข้นเท่ากับ 35มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าซีโอดีแบบปิดของโซเดียมลอริลซัลเฟต มาทำการทดลองหาค่าซีโอดีซ้ำอีก 50 ครั้ง ที่ค่าความเข้มข้นของโซเดียมลอริลซัลเฟต 35 มิลลิกรัมต่อลิตรนี้ มีค่าทีเอชโอดีเท่ากับ 70.88 มิลลิกรัมต่อลิตร (การคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง) เมื่อเราคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี จะได้เป็นค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (ค่า A) โดยค่าซีโอดี และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ทั้ง 55 ครั้ง แสดงดังตารางที่ ข-2 ภาคผนวก ข แล้วนำค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีและความถี่ของจำนวนครั้ง จากตารางที่ ข-3 ภาคผนวก ข มาสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรภาคชั้นของค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีกับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mean = 1.0187 , Mode = 1.02 , Median = 1.02 , SD. = 0.0542

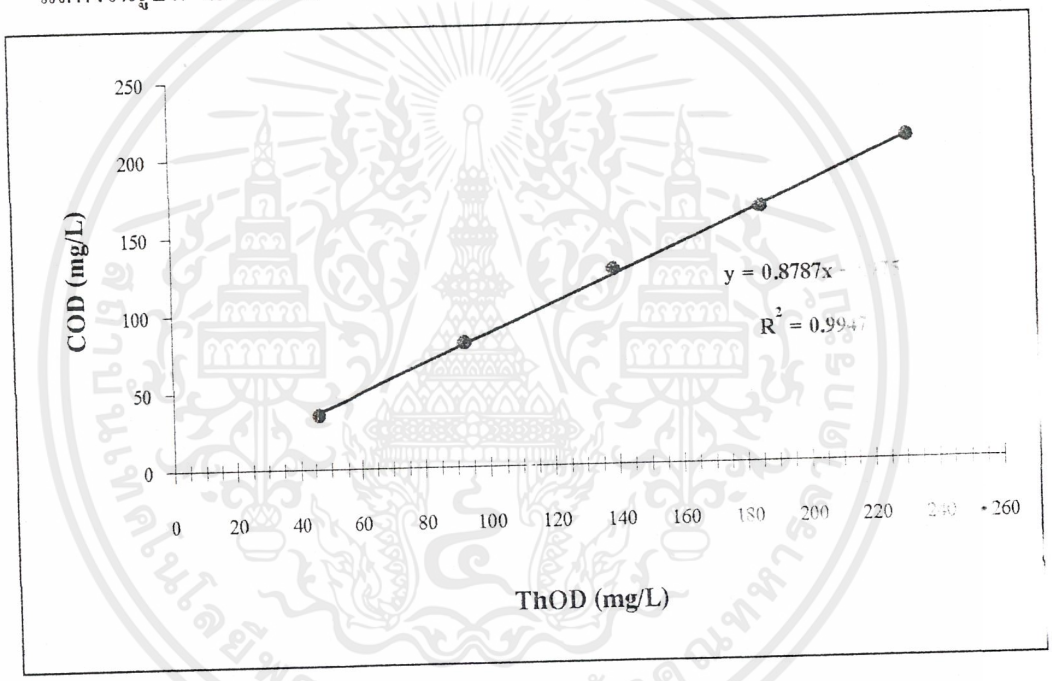
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ความถี่ ของสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลซัลเฟต

นำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก จ พบว่าค่า ซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) สำหรับสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลซัลเฟต อยู่ในช่วง 1.0087 - 1.0257 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งใกล้เคียงตามทฤษฎีที่ว่าค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 แต่ในความเป็นจริง อาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้ค่าเหล่านี้คาดเคลื่อนไปได้ ได้แก่ คุณสมบัติของสาร โครงสร้างของตัวสารเอง เช่น หมู่ฟังก์ชันของสาร หากสารตัวนั้นมีสูตรโมเลกุลที่ประกอบด้วยเพียงคาร์บอนและไฮโดรเจน การออกซิไดซ์จะสามารถออกซิไดซ์ได้มากกว่าทำให้ค่าซีโอดีสูงกว่าสารที่มีหมู่ฟังก์ชันอื่นๆประกอบด้วย นอกจากนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆทางด้านคุณสมบัติของสารเคมี เช่น การระเหย การทำปฏิกิริยา การละลาย ของสาร และเกิดจากการผิดพลาดเนื่องมาจากทางด้านเทคนิคต่างๆจากการทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium lauryl benzyl sulfonate)

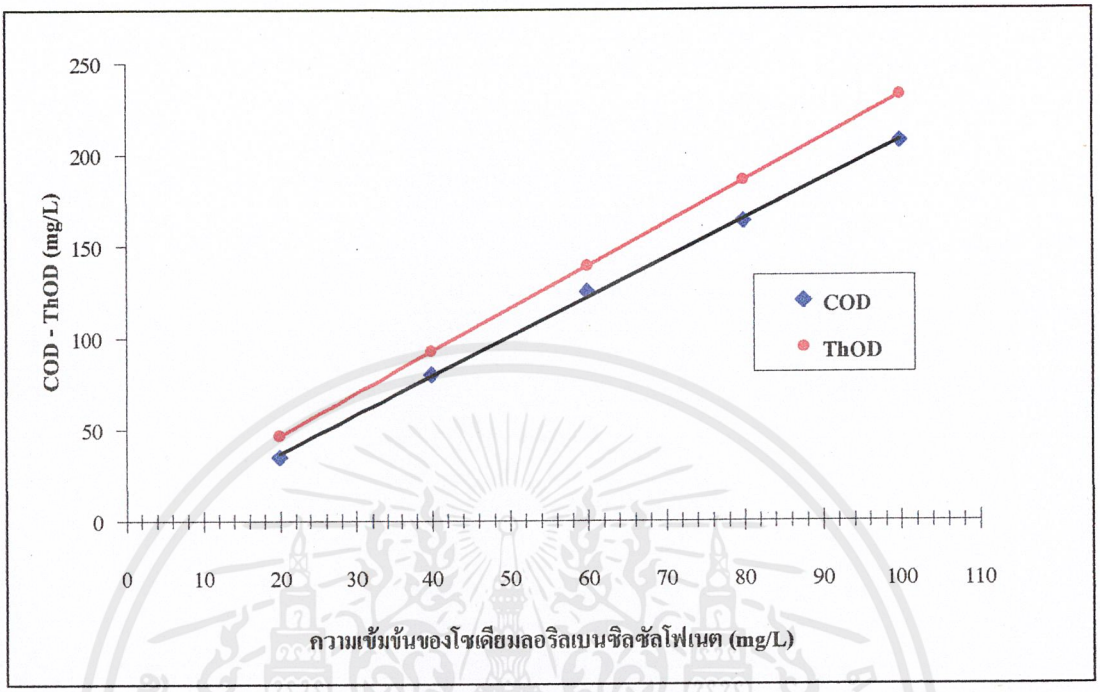
นำค่าซีโอดีที่ได้จากการรีฟลักซ์แบบปิดกับค่าทีเอชโอดีที่ได้จากการคำนวณเมื่อทราบสูตรโมเลกุลและปริมาณสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ ข-4 ภาคผนวก ข มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต

จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ได้สมการเส้นตรง $y = 0.8787x + 0.975$ โดยมีความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือ R^2 เท่ากับ 0.9947 ซึ่งแสดงว่าค่าซีโอดีและทีเอชโอดี มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลมากหรือมีค่าซีโอดีจากการทดลองกับทีเอชโอดีจากการคำนวณใกล้เคียงกัน ในการนำเอาความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้งานนั้น เพียงทราบสูตรโมเลกุลกับปริมาณของสารแล้วทำการคำนวณออกมาเป็นค่าทีเอชโอดี (การคำนวณค่าทีเอชโอดีแสดงดังภาคผนวก ง) จากนั้นนำค่าทีเอชโอดีที่ได้นั้นแทนลงในสมการเส้นตรงโดยใช้เป็นค่า x จะได้ค่า y หรือค่าซีโอดีที่ต้องการออกมา

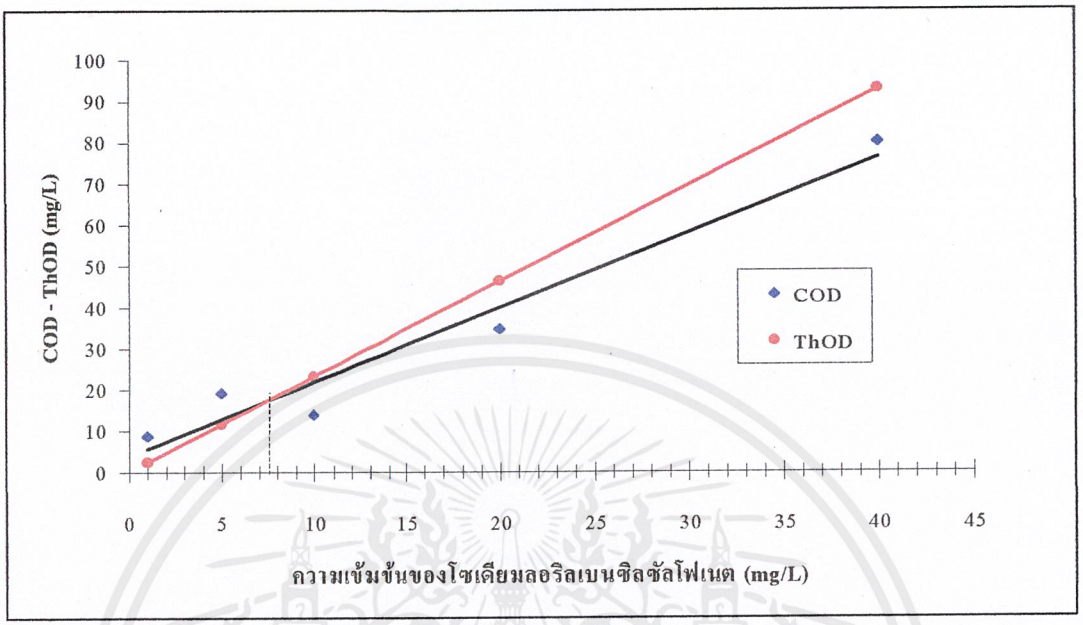
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นซีโอดีกับทีเอชโอดีมีแนวโน้มห่างออกจากกันที่ค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น เหตุผลเนื่องมาจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าความเข้มข้นสูงๆนั้นไม่เหมาะสมกับการทดลองหาค่าซีโอดีแบบปิด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกัน หรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการเลือกค่าความเข้มข้นที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน แต่ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดในการทำการทดลอง คือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าค่าซีโอดีกับค่าทีเอชโอดียังมีแนวโน้มที่จะใกล้เคียงกันได้มากกว่านี้หรือเส้นกราฟสามารถตัดกันได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำการทดลองหาค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นต่ำลงไปเพิ่มเติมอีก คือ 1,5 และ10 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

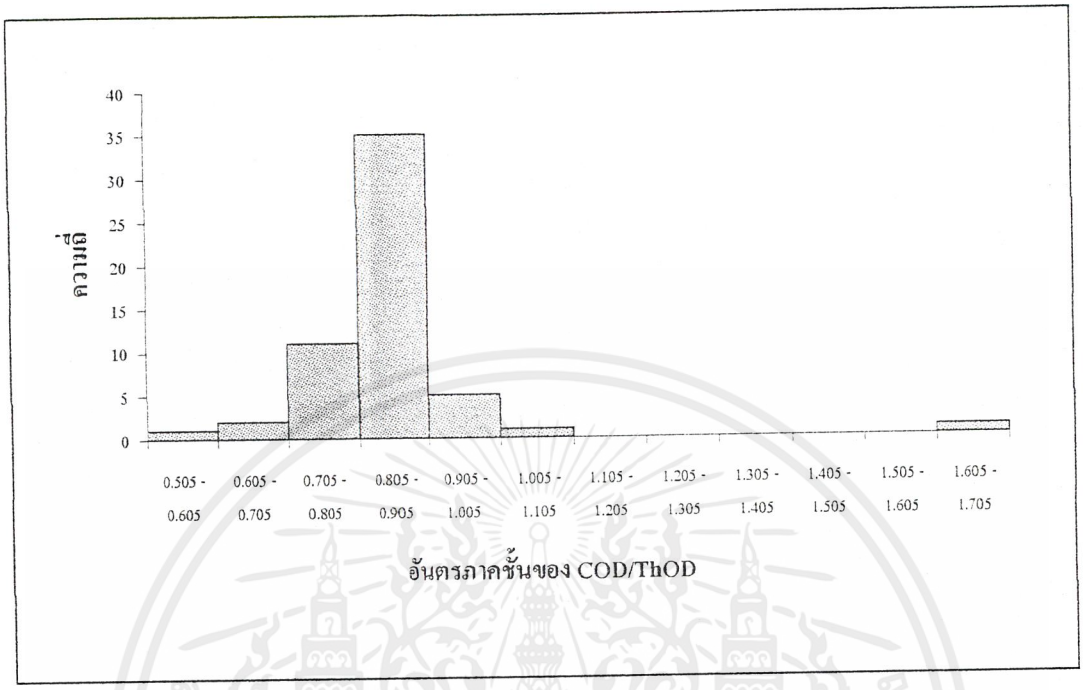


รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ (ขยายรูปที่ 4.5)

จากรูปที่ 4.6 จุดที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน ในที่นี้คือค่าความเข้มข้นเท่ากับ 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ทำให้ค่าซีโอดีและทีเอชโอดีมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด และเป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าซีโอดีแบบปิดของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการทดลองหาค่าซีโอดี ณ จุดความเข้มข้นนี้ซ้ำอีก 50 ครั้ง ที่ค่าความเข้มข้นของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตรนี้ มีค่าทีเอชโอดีเท่ากับ 17.16 มิลลิกรัมต่อลิตร (การคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง)

เมื่อเราคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี จะได้เป็นค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (ค่า A) โดยค่าซีโอดี และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ทั้ง 57 ครั้ง แสดงดังตารางที่ ข-5 ภาคผนวก ข แล้วนำค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีและความถี่ของจำนวนครั้ง จากตารางที่ ข-6 ภาคผนวก ข มาสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีกับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mean = 0.8788 , Mode = 0.89 , Median = 0.89 , SD. = 0.1339

รูปที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ความถี่ ของสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต

นำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก จ พบว่าค่า ซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) สำหรับสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตอยู่ในช่วง 0.8439 - 0.8989 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามทฤษฎีที่ว่าค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 แต่ในความเป็นจริงอาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้ค่าเหล่านี้คาดเคลื่อนไปได้ ได้แก่ คุณสมบัติของสาร โครงสร้างของตัวสาร เช่น หมู่ฟังก์ชันของสาร สำหรับสารลดแรงตึงผิวโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนตที่มีค่าซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) น้อยกว่า 1 นั้น เนื่องมาจากสารตัวนี้มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่เบนซีนทำให้การออกซิไดซ์เกิดได้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆทางด้านคุณสมบัติของสารเคมี เช่น การระเหย การทำปฏิกิริยา การละลายของสาร และเกิดจากการผิดพลาดเนื่องมาจากทางด้านเทคนิคต่างๆจากการทำการทดลอง

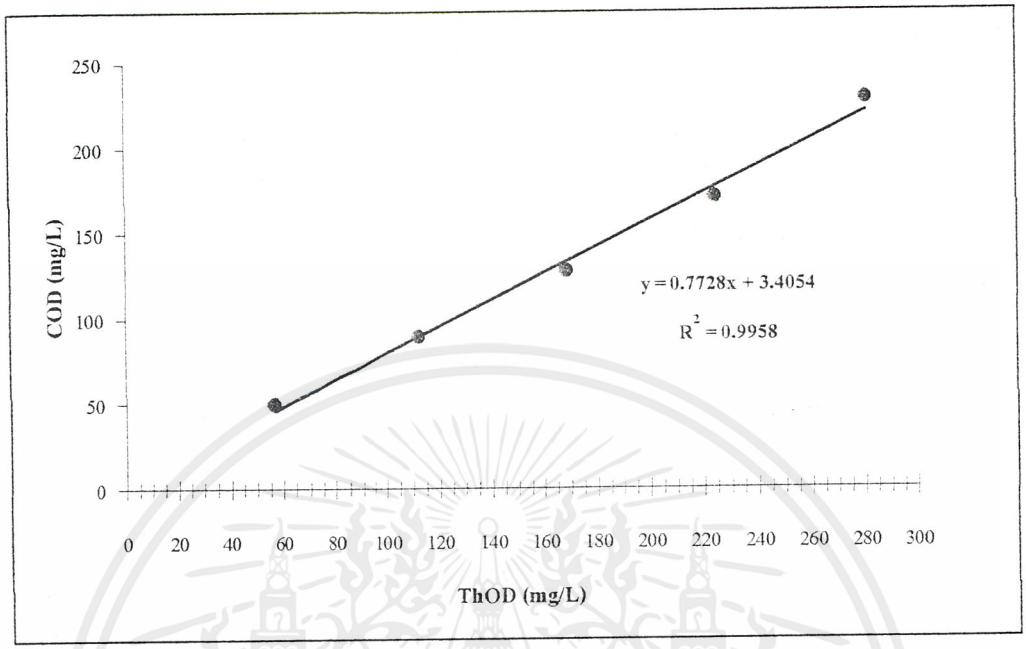
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic)

ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride)

นำค่าซีโอดีที่ได้จากการรีฟลักซ์แบบปิดกับค่าทีเอชโอดีที่ได้จากการคำนวณเมื่อทราบสูตรโมเลกุลและปริมาณสารลดแรงตึงผิวไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ ข-7 ภาคผนวก ข มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10

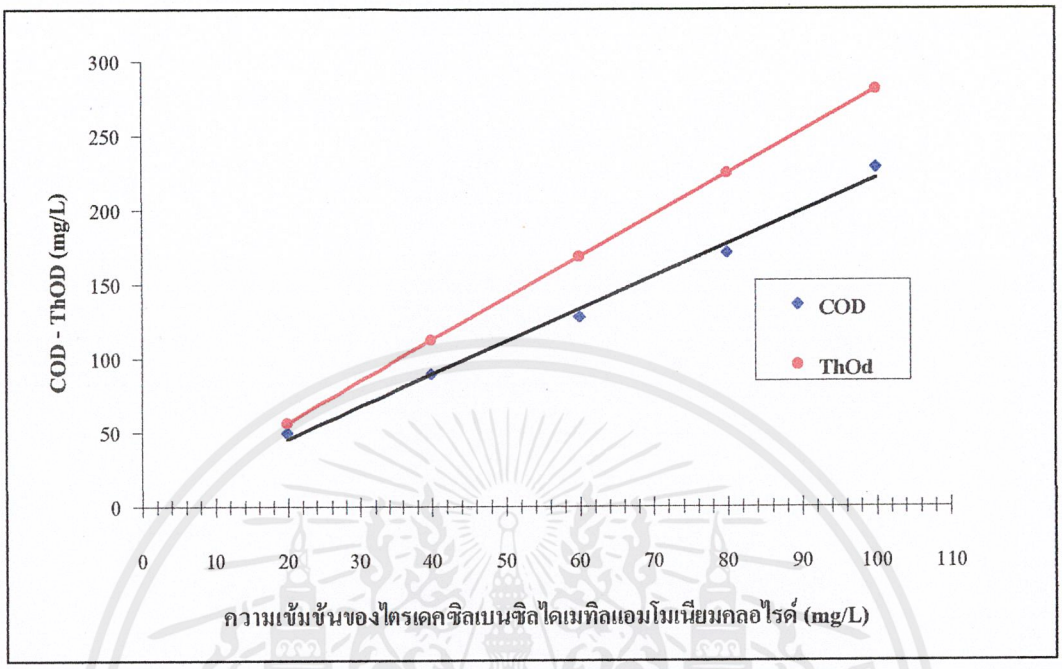
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

จากรูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ได้สมการเส้นตรง $y = 0.7728x + 3.4054$ โดยมีความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือ R^2 เท่ากับ 0.9958 ซึ่งแสดงว่าค่าซีโอดีและทีเอชโอดี มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลมากหรือมีค่าซีโอดีจากการทดลองกับทีเอชโอดีจากการคำนวณใกล้เคียงกัน ในการนำเอาความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้งานนั้น เพียงทราบสูตรโมเลกุลกับปริมาณของสารแล้วทำการคำนวณออกมาเป็นค่าทีเอชโอดี (การคำนวณค่าทีเอชโอดีแสดงดังภาคผนวก ง) จากนั้นนำค่าทีเอชโอดีที่ได้นั้นแทนลงในสมการเส้นตรงโดยใช้เป็นค่า x จะได้ค่า y หรือค่าซีโอดีที่ต้องการออกมา

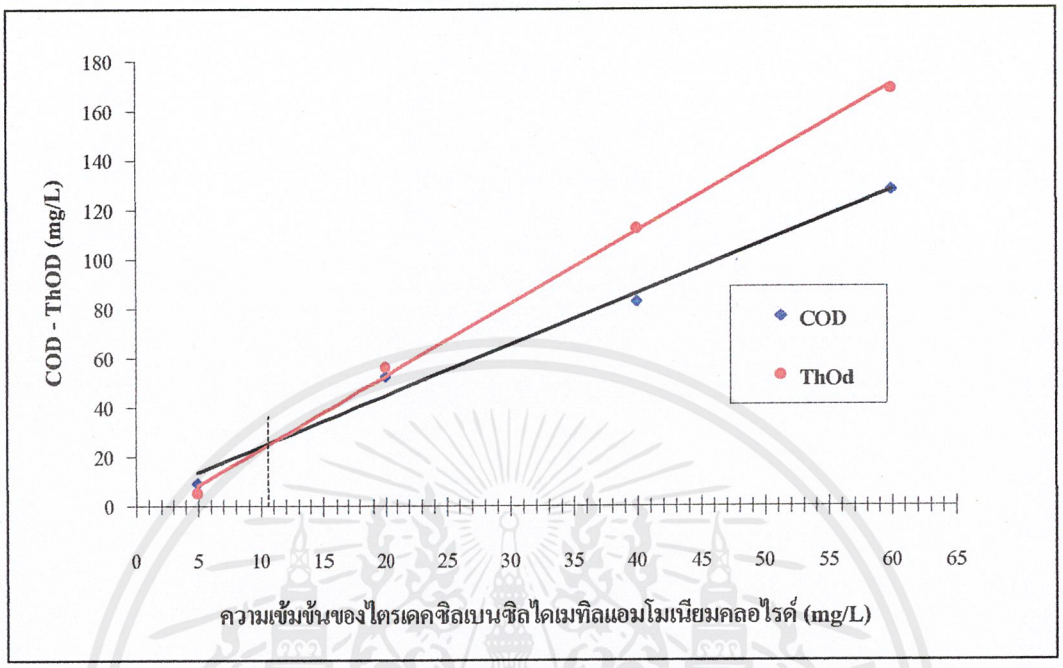
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นซีโอดีกับทีเอชโอดีมีแนวโน้มห่างออกจากกันที่ค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น เหตุผลเนื่องมาจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าความเข้มข้นสูงๆนั้นไม่เหมาะสมกับการทดลองหาค่าซีโอดีแบบปิด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการเลือกค่าความเข้มข้นที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน แต่ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดในการทำการทดลองคือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรพบว่าค่าซีโอดีกับค่าทีเอชโอดียังมีแนวโน้มที่จะใกล้เคียงกันได้มากกว่าหรือเส้นกราฟสามารถตัดกันได้ที่ค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำการทดลองหาค่าซีโอดีที่ความเข้มข้นต่ำลงไปเพิ่มเติมอีก คือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

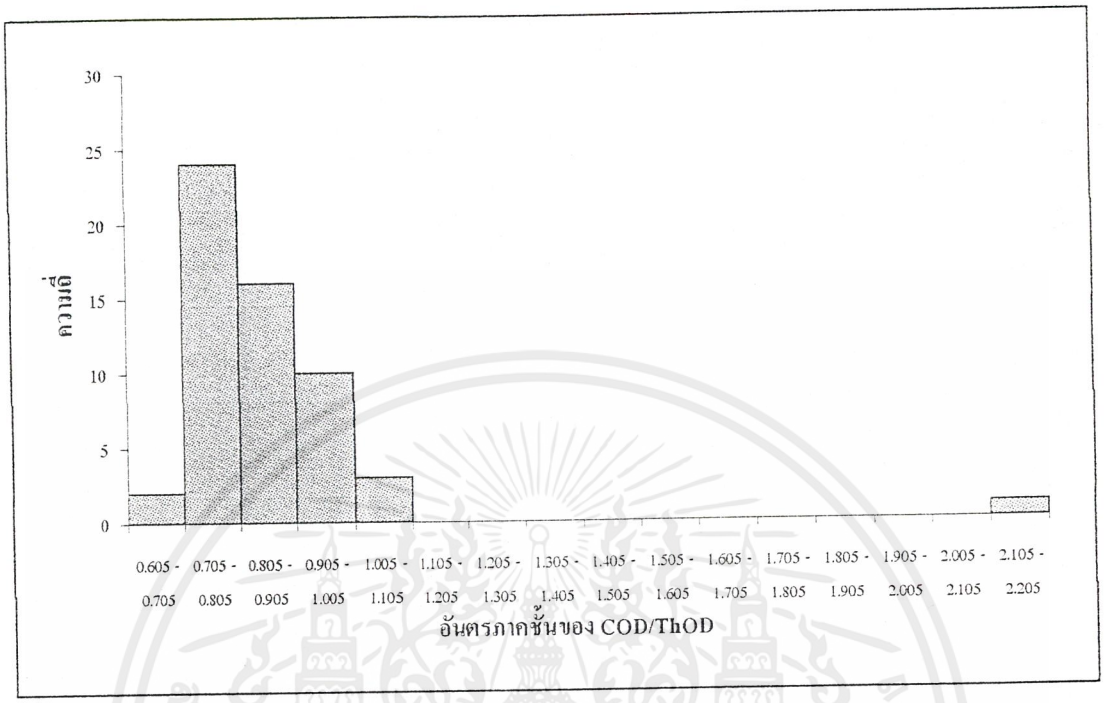


รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ (ขยายรูปที่ 4.9)

จากรูปที่ 4.10 จุดที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน ในที่นี้คือค่าความเข้มข้นเท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ทำให้ค่าซีโอดีและทีเอชโอดีมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด และเป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าซีโอดีแบบปิดของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการทดลองหาค่าซีโอดี ณ จุดความเข้มข้นนี้ซ้ำอีก 50 ครั้ง ที่ค่าความเข้มข้นของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ 11 มิลลิกรัมต่อลิตรนี้ มีค่าทีเอชโอดีเท่ากับ 30.87 มิลลิกรัม ต่อลิตร (การคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง)

เมื่อเราคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี จะได้เป็นค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (ค่า A) โดยค่าซีโอดี และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ทั้ง 56 ครั้ง แสดงดังตารางที่ ข-8 ภาคผนวก ข แล้วนำค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีและความถี่ของจำนวนครั้ง จากตารางที่ ข-9 ภาคผนวก ข มาสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีกับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mean = 0.8843 , Mode = 0.86 , Median = 0.86 , SD. = 0.1950

รูปที่ 4.11 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ความถี่ ของสารลดแรงตึงผิวไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

นำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก จ พบว่าค่า ซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) สำหรับสารลดแรงตึงผิวไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์อยู่ในช่วง 0.8363 - 0.8973 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามทฤษฎีที่ว่าค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่า เข้าใกล้ 1 แต่ในความเป็นจริงอาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้ค่าเหล่านี้คาดเคลื่อนไปได้ ได้แก่ คุณสมบัติของสาร โครงสร้างของตัวสาร เช่น หมู่ฟังก์ชันของสาร สำหรับสารลดแรงตึงผิวไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีค่าซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) น้อยกว่า 1 นั้น เนื่องมาจากสารตัวนี้มีหมู่ฟังก์ชันเป็นหมู่เบนซีนทำให้การออกซิไดซ์เกิดได้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆทางด้านคุณสมบัติของสารเคมี เช่น การระเหย การทำปฏิกิริยา การละลายของสาร และเกิดจากการผิดพลาดเนื่องมาจากทางด้านเทคนิคต่างๆจากการทำการทดลอง

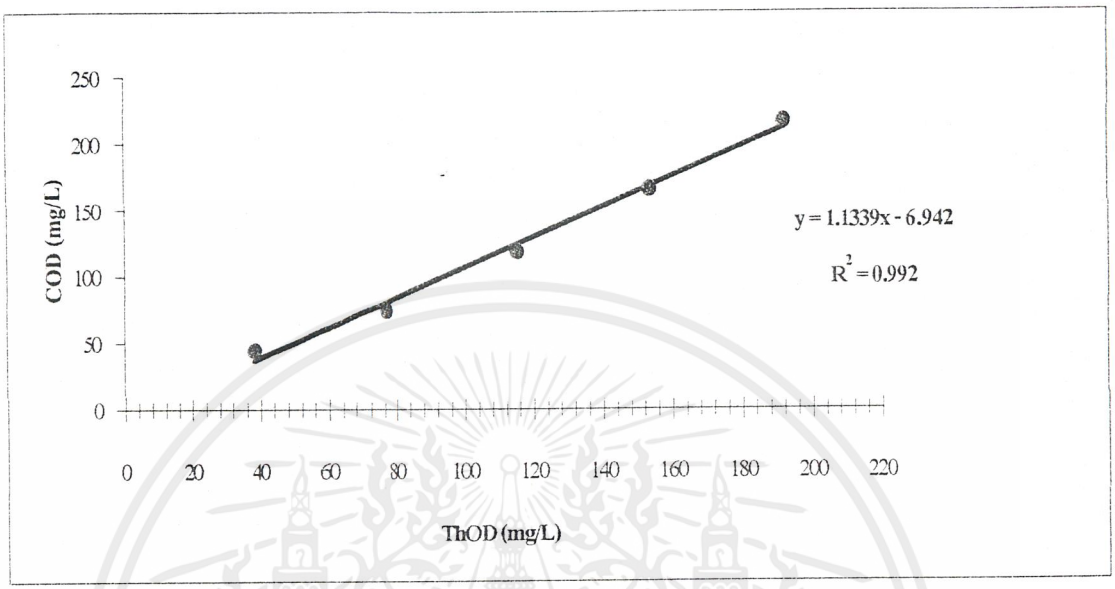
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic)

โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท (Polyoxyethylenesorbitan-monolaurate)

นำค่าซีโอดีที่ได้จากการรีฟลักซ์แบบปิดกับค่าทีเอชโอดีที่ได้จากการคำนวณเมื่อทราบสูตรโมเลกุลและปริมาณสารลดแรงตึงผิวโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตารางที่ ข-10 ภาคผนวก ข มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดี-ทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของโพลีออกซีเอทิลลีน-ซอร์บิแทนโมโนลอเรท ดังแสดงในรูปที่ 4.13

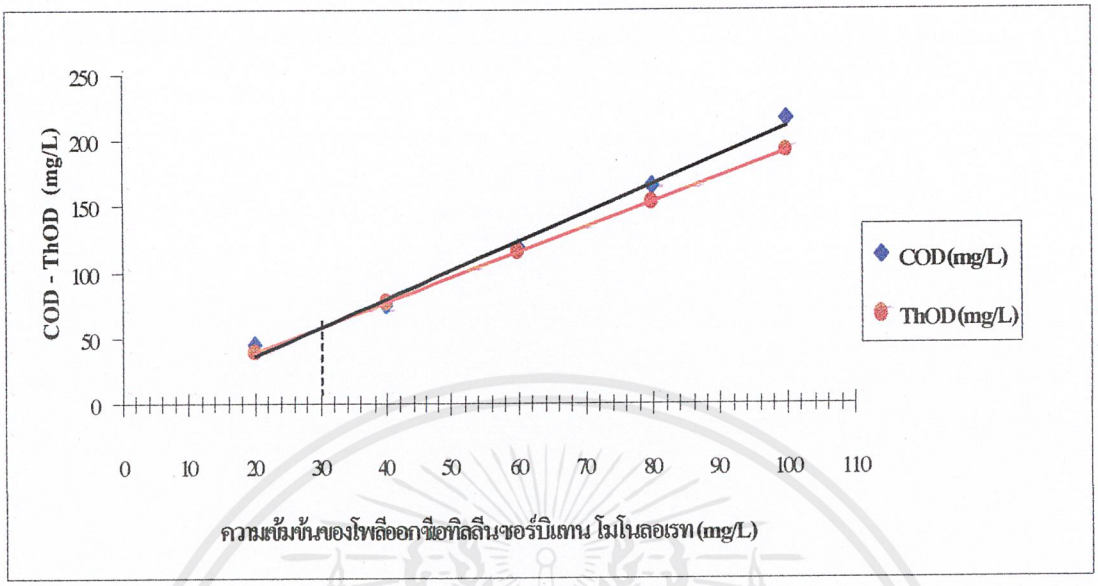
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท

จากรูปที่ 4.12 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท ได้สมการเส้นตรง $y = 1.1339x - 6.942$ โดยมีความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือ R^2 เท่ากับ 0.992 ซึ่งแสดงว่าค่าซีโอดีและทีเอชโอดี มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลมากหรือมีค่าซีโอดีจากการทดลองกับทีเอชโอดีจากการคำนวณใกล้เคียงกัน ในการนำเอาความสัมพันธ์ที่ได้ไปใช้งานนั้น เพียงทราบสูตรโมเลกุลกับปริมาณของสารแล้วทำการคำนวณออกมาเป็นค่าทีเอชโอดี (การคำนวณค่าทีเอชโอดีแสดงดังภาคผนวก ง) จากนั้นนำค่าทีเอชโอดีที่ได้นั้นแทนลงในสมการเส้นตรงโดยใช้เป็นค่า x จะได้ค่า y หรือค่าซีโอดีที่ต้องการออกมา

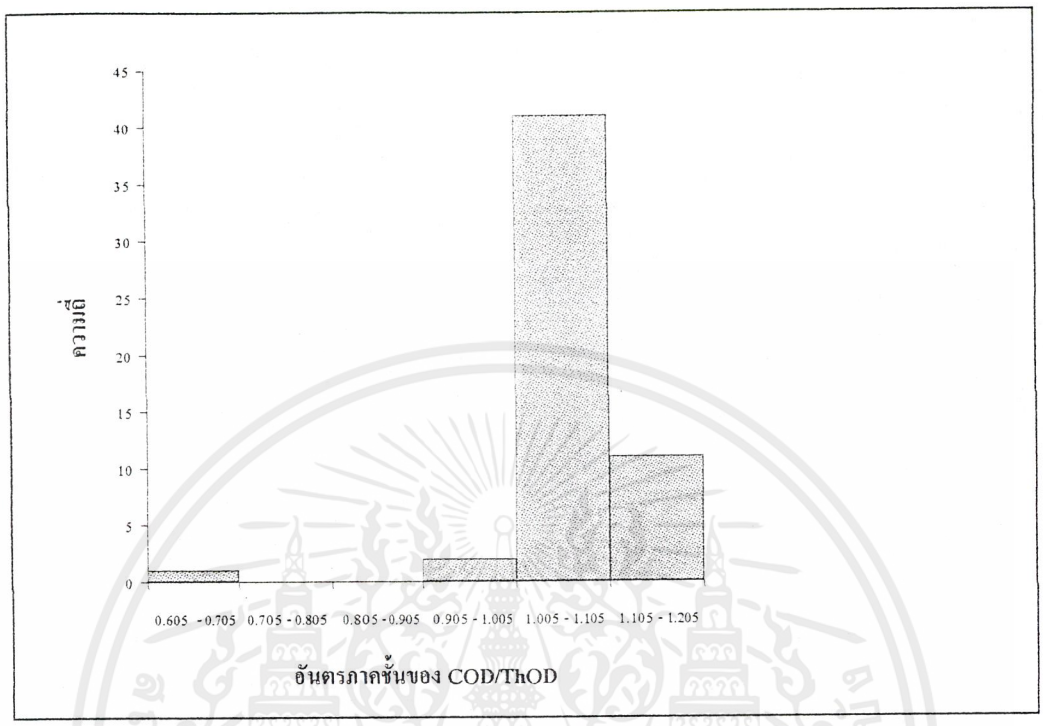
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับความเข้มข้นของโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรทที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นซีโอดีกับทีเอชโอดีมีแนวโน้มห่างออกจากกันที่ค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น เหตุผลเนื่องมาจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าความเข้มข้นสูงๆนั้นไม่เหมาะสมกับการทดลองหาค่าซีโอดีแบบปิด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกัน หรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 เพื่อยืนยันความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีที่หามาได้ จึงทำการเลือกค่าความเข้มข้นที่มีค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีใกล้เคียงกันมากที่สุด หรือ ณ จุดที่เส้นกราฟมีการตัดกัน ในที่นี้จึงเลือกค่าความเข้มข้นเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าซีโอดีแบบปิดของโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท มาทำการทดลองหาค่าซีโอดีซ้ำอีก 50 ครั้ง ที่ค่าความเข้มข้นของโพลีออกซี-เอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท 30 มิลลิกรัมต่อลิตรนี้ มีค่าทีเอชโอดีเท่ากับ 57.6 มิลลิกรัมต่อลิตร (การคำนวณแสดงดังภาคผนวก ง) เมื่อเราคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีจะได้เป็นค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (ค่า A) โดยค่าซีโอดีและค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีทั้ง 55 ครั้ง แสดงดังตารางที่ ข-11 ภาคผนวก ข แล้วนำค่าอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีและความถี่ของจำนวนครั้ง จากตารางที่ข-12 ภาคผนวก ข มาสร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรภาคชั้นของค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีกับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Mean = 1.0649 , Mode = 1.06 , Median = 1.06 , SD. = 0.0743

รูปที่ 4.14 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันตรภาคชั้นของอัตราส่วนค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ความถี่ ของสารลดแรงตึงผิวโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท

นำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ดังแสดงในภาคผนวก จ พบว่าค่า ซีโอดี/ทีเอชโอดี (ค่าA) สำหรับสารลดแรงตึงผิวโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรทอยู่ในช่วง 1.0578 - 1.0850 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งใกล้เคียงตามทฤษฎีที่ว่าค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 แต่ในความเป็นจริงอาจมีหลายปัจจัยที่ทำให้ค่าเหล่านี้คาดเคลื่อนไปได้ ได้แก่ คุณสมบัติของสาร โครงสร้างของตัวสารเอง เช่น หมู่ฟังก์ชันของสาร หากสารตัวนั้นมีสูตรโมเลกุลที่ประกอบด้วยเพียงคาร์บอนและไฮโดรเจน การออกซิไดซ์จะสามารถออกซิไดซ์ได้มากกว่าทำให้ค่าซีโอดีสูงกว่าสารที่มีหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ ประกอบด้วย นอกจากนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆทางด้านคุณสมบัติของสารเคมี เช่น การระเหย การทำปฏิกิริยา การละลายของสาร และเกิดจากการผิดพลาดเนื่องมาจากทางด้านเทคนิคต่างๆจากการทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิว ซึ่งจะทำให้ทราบความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง $y = ax + b$ และค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (A) ที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาค่าซีโอดีจาก COD = A x ThOD ผลการทดลองที่ได้ทั้งสมการเส้นตรงและค่าคงที่ของความสัมพันธ์ (A) สามารถนำไปหาค่าซีโอดีได้เมื่อเราทราบค่าทีเอชโอดีของสารที่จะทำการวิเคราะห์

จากการทดลองหาค่าซีโอดีของสารลดแรงตึงผิวที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร นำค่าซีโอดีที่ได้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี ได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง $y = ax + b$ ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5.1 จากนั้นสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีกับค่าความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว จะพบว่าที่ความเข้มข้นสูงขึ้นเส้นกราฟมีแนวโน้มห่างออกจากกัน อาจมีเหตุผลมาจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ค่าความเข้มข้นสูงๆนั้นไม่เหมาะสมกับการทดลองหาค่าซีโอดีแบบปิด ซึ่งตามทฤษฎีแล้วซีโอดีกับทีเอชโอดีควรมีค่าใกล้เคียงกันหรืออัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อทีเอชโอดีควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ดังนั้นจึงทำการทดลองหาค่าซีโอดีซ้ำอีก 50 ครั้ง ณ ความเข้มข้นที่ซีโอดีกับทีเอชโอดีมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุดหรือตรงบริเวณจุดตัดของเส้นกราฟซีโอดีและทีเอชโอดี ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าซีโอดีแบบปิด เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับค่าทีเอชโอดี พบว่าค่าคงที่ของความสัมพันธ์ของสารลดแรงตึงผิวแต่ละตัวที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เป็นดังแสดงในตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิจัยการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดี

กลุ่มของสารลดแรงตึงผิว	ชื่อสารลดแรงตึงผิว	สมการเส้นตรง	ช่วงค่าคงที่ของความสัมพันธ์
1. กลุ่มที่มีประจุลบ (anionic)	โซเดียมลอริลซัลเฟต	y = 1.2129x - 14.48	1.0087 – 1.0257
	โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต	y = 0.8787x + 0.975	0.8439 – 0.8989
2. กลุ่มที่มีประจุบวก (cationic)	ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิล แอมโมเนียมคลอไรด์	y = 0.7728x+3.4054	0.8363 – 0.8973
3. กลุ่มที่ไม่มีประจุ (nonionic)	โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท	y = 1.1339x + 6.942	1.0578 – 1.0850

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ของความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองมาทำการทดสอบสมมติฐานของข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ ได้ผลการทดสอบออกมาว่า ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎีซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 เนื่องมาจากปัจจัยที่ทำให้ค่าเหล่านี้คาดเคลื่อนไปได้ ได้แก่ คุณสมบัติของสาร โครงสร้างของตัวสารเอง เช่น หมู่ฟังก์ชันของสาร หากสารตัวนั้นมีสูตรโมเลกุลที่ประกอบด้วยเพียงคาร์บอนและไฮโดรเจน การออกซิไดซ์จะสามารถออกซิไดซ์ได้มากกว่าทำให้ค่าซีโอดีสูงกว่าสารที่มีหมู่ฟังก์ชันอื่นๆประกอบด้วย นอกจากนี้ยังอาจมีปัจจัยอื่นๆทางด้านคุณสมบัติของสารเคมี เช่น การระเหย การทำปฏิกิริยา การละลายของสาร และเกิดจากการผิดพลาดเนื่องมาจากทางด้านเทคนิคต่างๆจากการทำการทดลอง

ค่าซีโอดีเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการบ่งบอกคุณภาพน้ำ ในโรงงานหรือห้องปฏิบัติการทั่วไปจึงต้องมีการทดลองหาค่าซีโอดีเพื่อประเมินคุณภาพของน้ำ หากเราทราบค่าความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีกับทีเอชโอดีแล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาค่าซีโอดีได้ ทำให้ลดปริมาณน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารเคมี ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายจากการทำการทดลองที่น้อยลง ช่วยในการตัดสินใจด้านการเลือกใช้วิธีในการหาค่าซีโอดีที่เหมาะสมให้ได้ค่าที่ถูกต้อง และเป็นเครื่องมือช่วยในการเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมหรือหาวิธีที่จะลดค่าซีโอดีของน้ำเสียก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม กรณีที่ค่าซีโอดีที่คำนวณได้มีค่าเกินระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในกรณีของสารที่มีค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น อาจทำการทดลองหาค่าซีโอดีของสารโดยใช้วิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด (Open reflux) เนื่องจากวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed reflux) ในการวิเคราะห์ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างน้อยมาก ดังนั้นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงๆ จึงต้องทำการเจือจางมากขึ้น
2. ควรทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีกับทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวอื่นๆ เพิ่มเติม
3. ควรทำการทดลองกับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิวจากโรงงานที่ใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรองแก้ว ทิพยศักดิ์ และพิสมัย ชัยรัตน์อุทัย.ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม1 ,ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2541.

พิมพร ศรีฉัตราภิมุข.เครื่องสำอางเพื่อความสะอาด ตำราเครื่องสำอางสำหรับผิวหนัง เล่ม 2,ภาควิชา เภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัช, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2529.

พีรวัฒน์ ฤดีสวัสดิ์ และวาปี จันทร์จรุงภักดิ์.ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซีโอดีและค่าทีเอชโอดี, โครงงานพิเศษ วท.บ. :สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2543.

อุดม ก๊กผล, โสภณ เริงสำราญ และอมร เพชรสม.อินทรีย์เคมี 1, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

Myers,Drew. **Surfactant science and technology**, New York:VCH Publishers,1946.

www0.sial.com/toppage.nsf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux Method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยสลาย (Digestion vessels) ใช้แก้วที่ทำด้วยพอโรซิลิเกตขนาด 16 x 100 มม. ที่มีฝาเกลียวชนิดทีเอฟอี (Tetrafluoroethylene; TFE)
2. ฮีทติ้งบล็อค (Heating block) กล่องอลูมิเนียมลึก 45 – 50 มม. มีรูขนาดพอดีกับหลอดแก้ว
3. บล็อคฮีทเตอร์ (Block heater) หรือตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 150 $\pm$ 2 °C การใช้ตู้อบต้องแน่ใจว่าการอบ 2 ชั่วโมงที่150°C จะไม่ทำให้ฝาหลอดแก้วถูกทำให้เสียหาย
4. ไมโครบิวเรตขนาด 10 มล.
5. ไมโครปิเปต
6. ขวดรูปกรวยขนาด 25 มล.

สารเคมี

1. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (Standard potassium dichromate solution) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล
   - ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (มาตรฐานปฐมภูมิ) ซึ่งอบแห้งที่ 103 ° ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หนัก 12.259 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. ในขวดวัดปริมาตร เติมกรดซัลฟามิก 120 มก. แล้วทำให้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น
2. กรดซัลฟูริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Conc.sulfuric acid with silver sulfate)
   - ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 – 2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายน้ำได้ทั้งหมดก่อนนำไปใช้ต่อไป
3. สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate titrant) เข้มข้นโดยประมาณ 0.05 นอร์มัล
   - ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] ชนิดเอ.อาร์. (Analytical grade crystal) ประมาณ 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. ทำให้เย็นแล้วเจือจาง 1000 มล.
   - สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (Standardize) ก่อนใช้ทุกครั้งด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตทำได้ดังนี้คือนำสารละลายโพแทสเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไดโครเมต 5 มล. มาเติมน้ำ 50 มล. แล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มล. ทิ้งให้เย็นแล้วนำมาไทเทรตกับสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตโดยใช้เฟอโรอิน (Ferroin) จำนวน 2 – 3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นน้ำตาลแดง

4. สารละลายเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator)
   - ละลาย 1,10 – ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต (1,10 – Phenanthroline Monohydrate , $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 1.485 กรัม และเฟอรัสซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต (Ferrous sulfate Heptahydrate, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 0.695 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 100 มล.
5. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (Potassium hydrogen phathalate หรือ KHP)
   - ชั่ง KHP จำนวน 425 มก. ที่บดแห้งและอบที่อุณหภูมิ 103 $^{\circ}$ ซ ในน้ำกลั่น เจือจางเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้มีซีโอดีเท่ากับ 500 มก./ล. (ปกติเก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 3 เดือน)

วิธีการวิเคราะห์

1. ล้างหลอดแก้วและฝาด้วยกรดซัลฟูริก 20% ก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
2. หลอดแก้วที่ใช้หาค่าซีโอดีมีหลายขนาด การเลือกใช้ขึ้นกับค่าซีโอดีที่มีในตัวอย่างน้ำ ในกรณีที่ค่าซีโอดีต่ำๆ (< 50 มก./ล.)ให้ใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มม. ถ้าค่าซีโอดีสูงใช้ตัวอย่างน้ำปริมาณน้อยจึงใช้หลอดแก้วขนาดเล็ก 16 x 100 มม.โดยปกติจะใช้หลอดมาตรฐานที่มีความจุสูงสุด 10 มล. (หรือขนาด 16 x 100 มม.) เพราะใช้สารเคมีน้อยที่สุด ดังนั้นตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำมากๆ ค่ามักจะผิดพลาดเนื่องจากตัวอย่างน้ำน้อยเกินไป
3. เมื่อเลือกขนาดหลอดแก้วได้แล้วให้ใช้ปริมาตรตัวอย่างน้ำ และสารเคมีตามตารางที่ ก-1 โดยเติมตัวอย่างน้ำลงในหลอดแก้วแล้วเติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมตสำหรับย่อยสลาย แล้วค่อยๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริกให้เกิดชั้นกรดอยู่ที่ก้นแก้ว จากนั้นปิดฝาให้แน่นพอดี แล้วกลับไปมาเพื่อให้สารละลายผสมกันดี

   <u>ข้อควรระวัง</u> ควรสวมถุงมือเพื่อป้องกันความร้อนขณะกลับหลอดแก้วไปมา และควรผสมสารละลายให้เข้ากันก่อนเพื่อป้องกันการระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีสำหรับหลอดแก้วขนาดต่างๆ

หลอดย่อยสลาย	ปริมาตรน้ำ (มล.)	ปริมาตรสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (มล.)	สารละลายกรดซัลฟูริก (มล.)	ปริมาตรรวม (มล.)
หลอดแก้ว				
16 x 100 มม.	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150 มม.	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150 มม.	10.0	6.0	14.0	30.0
หลอดมาตรฐาน 10 มล.	2.5	1.5	3.5	7.5

4. นำหลอดแก้วใส่ในฮีทติ้งบล็อคหรือตู้อบที่ 150 $^{\circ}$ ซ แล้วต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำหลอดแก้ววางลงในขาตั้ง
5. เปิดฝาหลอดแก้วแล้วใส่แท่งแม่เหล็กกวนขนาดเล็กๆที่หุ้มTFE แล้วเติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 1 – 2 หยด คนอย่างเร็วบนเครื่องกวนแม่เหล็ก แล้วไทเทรตกับ FAS 0.05 นอร์มัล จนกระทั่งสีเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแดง หรือเทสารละลายจากหลอดแก้วลงขวดรูปกรวยก็ได้เพื่อความสะดวกในการไทเทรต แต่ต้องใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด
6. ทำแบลงค์ด้วยทุกครั้ง โดยใช้สารเคมีและน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากับตัวอย่างน้ำ

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี (มก./ล.)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มล.)}}$$

เมื่อ A = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบลงค์ (มล.)

B = ปริมาณของ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มล.)

N = ความเข้มข้นของ FAS (นอร์มัล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการวิจัย

1. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic)

โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulfate)

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลซัลเฟต ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าซีโอดี (mg/L)	ค่าทีเอชโอดี (mg/L)	COD/ThOD
20	28.62	39.37	0.73
40	80.50	78.75	1.02
60	137.74	118.13	1.17
80	178.88	157.5	1.14
100	218.23	196.88	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลซัลเฟต

ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD
1	74.26	1.05	19	72.35	1.02	37	74.26	1.05
2	72.35	1.02	20	72.35	1.02	38	72.35	1.02
3	72.35	1.02	21	68.54	0.97	39	70.50	0.99
4	70.50	0.99	22	70.50	0.99	40	74.26	1.05
5	74.26	1.05	23	74.26	1.05	41	74.26	1.05
6	74.26	1.05	24	74.26	1.05	42	72.35	1.02
7	72.35	1.02	25	72.35	1.02	43	70.50	0.99
8	72.35	1.02	26	72.35	1.02	44	74.26	1.05
9	74.26	1.05	27	70.50	0.99	45	70.50	0.99
10	70.50	0.99	28	72.35	1.02	46	72.35	1.02
11	68.54	0.97	29	68.54	0.97	47	72.35	1.02
12	72.35	1.02	30	72.35	1.02	48	72.35	1.02
13	72.35	1.02	31	74.26	1.05	49	70.50	0.99
14	72.35	1.02	32	72.35	1.02	50	70.50	0.99
15	68.54	0.97	33	72.35	1.02	51	28.62	0.73
16	70.50	0.99	34	74.26	1.05	52	80.50	1.02
17	72.35	1.02	35	72.35	1.02	53	137.74	1.17
18	72.35	1.02	36	72.35	1.02	54	178.88	1.14
						55	218.23	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-3 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดี ของโซเดียมลอริลซัลเฟต

อันตรภาคชั้นของ COD/ThOD (mg/L)	ความถี่	%ความถี่
0.705 - 0.805	1	1.83
0.805 - 0.905	0	0
0.905 - 1.005	14	25.45
1.005 - 1.105	37	67.27
1.105 - 1.205	3	5.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium lauryl benzyl sulfonate)

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าซีโอดี (mg/L)	ค่าทีเอชโอดี (mg/L)	COD/ThOD
1	8.69	2.32	3.75
5	19.11	11.59	1.65
10	13.90	23.19	0.60
20	34.75	46.37	0.75
40	79.93	92.75	0.85
60	125.11	139.12	0.90
80	163.33	185.49	0.88
100	206.77	231.86	0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-5 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต

ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD
1	17.13	0.99	20	13.33	0.78	39	13.33	0.78
2	15.23	0.89	21	17.13	0.99	40	13.33	0.78
3	17.13	0.99	22	15.23	0.89	41	15.23	0.89
4	13.33	0.78	23	13.33	0.78	42	15.23	0.89
5	15.23	0.89	24	17.13	0.99	43	15.23	0.89
6	19.04	1.11	25	13.33	0.78	44	15.23	0.89
7	15.23	0.89	26	11.42	0.67	45	15.23	0.89
8	15.23	0.89	27	15.23	0.89	46	15.23	0.89
9	17.13	0.99	28	15.23	0.89	47	15.23	0.89
10	15.23	0.89	29	13.33	0.78	48	15.23	0.89
11	13.33	0.78	30	15.23	0.89	49	15.23	0.89
12	15.23	0.89	31	11.42	0.67	50	15.23	0.89
13	15.23	0.89	32	15.23	0.89	51	19.11	1.65
14	13.33	0.78	33	15.23	0.89	52	13.90	0.60
15	13.33	0.78	34	15.23	0.89	53	34.75	0.75
16	15.23	0.89	35	15.23	0.89	54	79.93	0.85
17	15.23	0.89	36	13.33	0.78	55	125.11	0.90
18	15.23	0.89	37	15.23	0.89	56	163.33	0.88
19	15.23	0.89	38	15.23	0.89	57	206.77	0.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-6 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของโซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต

อันตรภาคชั้นของCOD/ThOD (mg/L)	ความถี่	% ความถี่
0.505 – 0.605	1	1.75
0.605 – 0.705	2	3.52
0.705 – 0.805	11	19.30
0.805 – 0.905	36	63.16
0.905 – 1.005	5	8.77
1.005 – 1.105	1	1.75
1.105 – 1.205	0	0
1.205 –1.305	0	0
1.305 – 1.405	0	0
1.405 – 1.505	0	0
1.505 – 1.605	0	0
1.605 – 1.705	1	1.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic)

ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

(Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride)

ตารางที่ ข-7 แสดงการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของไตรเดคซิลเบลซิลแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าซีโอดี (mg/L)	ค่าทีเอชโอดี (mg/L)	COD/ThOD
5	11.18	5.15	2.17
20	49.50	56.25	0.88
40	89.42	112.25	0.80
60	127.74	168.47	0.76
80	170.86	224.50	0.76
100	228.34	280.62	0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-8 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD	ครั้งที่	COD	COD/ThOD
1	26.66	0.86	20	30.46	0.99	39	21.30	0.69
2	26.66	0.86	21	24.75	0.80	40	24.75	0.80
3	24.75	0.80	22	24.75	0.80	41	30.46	0.99
4	24.75	0.80	23	28.56	0.93	42	26.66	0.86
5	24.39	0.79	24	26.66	0.86	43	26.66	0.86
6	24.75	0.80	25	24.75	0.80	44	24.75	0.80
7	26.66	0.86	26	26.66	0.86	45	24.75	0.80
8	26.66	0.86	27	28.56	0.93	46	24.75	0.80
9	28.56	0.93	28	24.75	0.80	47	24.39	0.79
10	30.46	0.99	29	30.46	0.99	48	28.56	0.93
11	24.75	0.80	30	34.27	1.11	49	24.75	0.80
12	24.75	0.80	31	26.66	0.86	50	21.30	0.69
13	26.66	0.86	32	26.66	0.86	51	11.18	2.17
14	24.75	0.80	33	24.75	0.80	52	49.50	0.88
15	24.75	0.80	34	24.39	0.79	53	89.42	0.80
16	26.66	0.86	35	34.27	1.11	54	127.74	0.76
17	34.27	1.11	36	24.75	0.80	55	170.86	0.76
18	26.66	0.86	37	30.46	0.99	56	228.34	0.81
19	26.66	0.86	38	28.56	0.93			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-9 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

อันตรภาคชั้นของ COD/ThOD (mg/L)	ความถี่	% ความถี่
0.605 – 0.705	2	3.57
0.705 – 0.805	24	42.86
0.805 – 0.905	16	28.57
0.905 – 1.005	10	17.85
1.005 – 1.105	3	5.36
1.105 – 1.205	0	0
1.205 – 1.305	0	0
1.305 – 1.405	0	0
1.405 – 1.505	0	0
1.505 – 1.605	0	0
1.605 – 1.705	0	0
1.705 – 1.805	0	0
1.805 – 1.905	0	0
1.905 – 2.005	0	0
2.005 – 2.105	0	0
2.105 – 2.205	1	1.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic)

โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท (Polyoxyethylenesorbitan monolaurate)

ตารางที่ ข-10 แสดงผลการวิเคราะห์ซีโอดีและค่าทีเอชโอดีของโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรทที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าซีโอดี (mg/L)	ค่าทีเอชโอดี (mg/L)	COD / ThOD
20	44.17	38.40	1.15
40	47.15	76.80	0.61
60	118.32	115.20	1.03
80	165.65	153.60	1.08
100	216.13	192.00	1.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-11 แสดงอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีและทีเอชโอดีของโพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทนโมโนลอเรท

ความถี่	COD	COD/ThOD	ความถี่	COD	COD/ThOD	ความถี่	COD	COD/ThOD
1	64.74	1.12	19	60.93	1.06	37	60.93	1.06
2	61.83	1.09	20	64.74	1.12	38	60.93	1.06
3	60.93	1.06	21	66.64	1.16	39	59.02	1.02
4	60.93	1.06	22	59.02	1.02	40	64.74	1.12
5	60.93	1.06	23	60.93	1.06	41	66.64	1.16
6	61.83	1.09	24	61.83	1.09	42	59.02	1.02
7	61.83	1.09	25	59.02	1.02	43	60.93	1.06
8	60.93	1.06	26	64.74	1.12	44	60.93	1.06
9	60.93	1.06	27	61.83	1.09	45	61.83	1.09
10	60.93	1.06	28	60.93	1.06	46	59.02	1.02
11	59.02	1.02	29	60.93	1.06	47	61.83	1.09
12	59.02	1.02	30	60.93	1.06	48	61.83	1.09
13	61.83	0.99	31	61.83	1.09	49	60.93	1.06
14	64.74	1.12	32	57.12	0.99	50	60.93	1.06
15	60.93	1.06	33	60.93	1.06	51	44.17	1.15
16	61.83	1.09	34	66.64	1.16	52	47.15	0.61
17	60.93	1.06	35	64.74	1.12	53	118.32	1.03
18	60.93	1.06	36	61.38	1.09	54	165.65	1.08
						55	216.13	1.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-12 ตารางแจกแจงความถี่ของอัตราส่วนระหว่างค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีของโพลีออกซี-เอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท

อันตรภาคชั้นของ COD/ThOD (mg/L)	ความถี่	% ความถี่
0.605 – 0.705	1	1.82
0.705 – 0.805	0	0
0.805 – 0.905	0	0
0.905 – 1.005	2	3.64
1.005 – 1.105	41	74.54
1.105 – 1.205	11	20.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การคำนวณค่าซีโอดี

การคำนวณค่าซีโอดี

ซีโอดี(มิลลิกรัม/ลิตร) = (A – B) × N ×8000 / ปริมาณตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

เมื่อ A = ปริมาณ FAS ที่ใช้ไทเทรตแบลงค์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของ FAS

การคำนวณค่าซีโอดีของ Sodium lauryl sulfate

ตารางที่ ค-1 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ Sodium lauryl sulfate (mg / L)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต (mL)			ปริมาณ FAS เฉลี่ย (mL)
20	2.98	2.96	2.96	2.97
40	2.68	2.68	2.68	2.68
60	2.36	2.36	2.35	2.36
80	2.12	2.14	2.12	2.13
100	1.91	1.91	1.90	1.91

หมายเหตุ : แบลงค์ = 3.13 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 20 mg/L

$$COD = \frac{(3.13 - 2.97) \times 0.0559 \times 8000}{2.5}$$

COD = 28.62 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 40 mg/L

$$COD = \frac{(3.13 - 2.68) \times 0.0559 \times 8000}{2.5}$$

COD = 80.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 60 mg/L

$$COD = \frac{(3.13 - 2.36) \times 0.0559 \times 8000}{2.5}$$

COD = 137.74 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 80 mg/L

$$COD = \frac{(3.13 - 2.13) \times 0.0559 \times 8000}{2.5}$$

COD = 178.88 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 100 mg/L

$$COD = \frac{(3.13 - 1.91) \times 0.0559 \times 8000}{2.5}$$

COD = 218.23 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าซีโอดีของ Sodium lauryl benzyl sulfonate

ตารางที่ ค-2 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ Sodium lauryl benzyl sulfonate (mg / L)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต (mL)			ปริมาณ FAS เฉลี่ย (mL)
1	2.79	2.79	2.78	2.79
5	2.74	2.74	2.74	2.74
10	2.78	2.77	2.77	2.77
20	2.67	2.64	2.64	2.65
40	2.39	2.38	2.39	2.39
60	2.14	2.13	2.12	2.13
80	1.90	1.91	1.92	1.91
100	1.66	1.66	1.66	1.66

หมายเหตุ : แบลงค์ = 2.85 มล.

ความเข้มข้น 1 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.79) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 8.69 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 5 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.74) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 19.11 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 10 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.77) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 13.90 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 20 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.65) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 34.75 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 40 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.39) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 79.93 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 60 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 2.13) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 125.17 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 80 mg/L

$$COD = \frac{(2.85 - 1.91) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 163.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 100 mg/L

$$\text{COD} = \frac{(2.85 - 1.66) \times 0.0543 \times 8000}{2.5}$$

COD = 206.77 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าซีโอดีของ Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride

ตารางที่ ค-3 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ Tridecyl benzyl ammonium chloride (mg / L)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต (mL)			ปริมาณ FAS เฉลี่ย (mL)
5	3.00	2.98	3.02	3.00
20	2.76	2.77	2.76	2.76
40	2.51	2.51	2.50	2.51
60	2.28	2.27	2.27	2.27
80	1.99	2.00	2.02	2.00
100	1.64	1.64	1.64	1.64

หมายเหตุ : แบลงค์ = 3.07 มล.

ความเข้มข้น 5 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 3.00) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 11.18 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 20 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 2.76) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 49.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 40 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 2.51) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 89.42 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 60 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 2.27) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 127.74 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 80 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 2.00) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 170.86 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 100 mg/L

$$COD = \frac{(3.07 - 1.64) \times 0.0499 \times 8000}{2.5}$$

COD = 228.34 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าซีโอดีของ Polyoxyethylenesorbitan monolaurate

ตารางที่ ค-4 แสดงปริมาณการใช้ FAS ที่ไทเทรต ณ ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ Polyoxyethylenesorbitan monolaurate (mg / L)	ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต (mL)			ปริมาณ FAS เฉลี่ย (mL)
20	2.82	2.82	2.82	2.82
40	2.64	2.62	2.62	2.63
60	2.35	2.34	2.36	2.35
80	2.04	2.06	2.04	2.05
100	1.72	1.73	1.73	1.73

หมายเหตุ : แบลงค์ = 3.10 มิลลิลิตร

ความเข้มข้น 20 mg/L

$$COD = \frac{(3.10 - 2.82) \times 0.0493 \times 8000}{2.5}$$

COD = 44.17 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 40 mg/L

$$COD = \frac{(3.10 - 2.63) \times 0.0493 \times 8000}{2.5}$$

COD = 74.15 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้น 60 mg/L

$$COD = \frac{(3.10 - 2.35) \times 0.0493 \times 8000}{2.5}$$

COD = 118.32 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 80 mg/L

$$COD = \frac{(3.10 - 2.05) \times 0.0493 \times 8000}{2.5}$$

COD = 165.65 มิลลิกรัมต่อลิตร

ความเข้มข้น 100 mg/L

$$COD = \frac{(3.10 - 1.73) \times 0.0493 \times 8000}{2.5}$$

COD = 216.13 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณค่าทีเอชโอดี

1. การคำนวณค่าทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic)

Sodium lauryl sulfate (น้ำหนักโมเลกุล = 288.5 กรัม)

$$C_{12}H_{25}OSO_3Na + 17.75\ O_2 \longrightarrow 12CO_2 + 11.5H_2O + H_2SO_4$$

ปริมาณสาร 1 โมล ใช้ O_2 17.75 โมล

ปริมาณสาร 288.50 กรัม ใช้ O_2 17.75×32 กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ใช้ O_2 $\frac{17.75 \times 32 \times 0.01}{288.5}$ กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ในสารละลาย 500 มล. ใช้ O_2 $\frac{17.75 \times 32 \times 0.01}{288.5}$ กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ในสารละลาย 1000 มล. ใช้ O_2 39.37 มก./ล

การคำนวณที่ค่าความเข้มข้น 40, 60, 80, 100 และ 35 มก./ล. ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน แสดงผลการคำนวณตามตาราง ดังนี้

ความเข้มข้น (มก. / ล.)	ค่าทีเอชโอดี (มก./ล.)
20	39.37
40	78.75
60	118.13
80	157.50
100	196.88
35	70.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

☐ **Sodium lauryl benzyl sulfonate** (น้ำหนักโมเลกุล = 344.48 กรัม)

$$2\ C_{18}H_{29}SO_3Na + 50.5\ O_2 \longrightarrow 36CO_2 + 27\ H_2O + 2H_2SO_4$$

ปริมาณสาร	2	โมล	ใช้ O_2	50.50	โมล
ปริมาณสาร	1	โมล	ใช้ O_2	25.25	โมล
ปริมาณสาร	348.48	กรัม	ใช้ O_2	25.25×32	กรัม
ปริมาณสาร	0.01	กรัม	ใช้ O_2	$\frac{25.25 \times 32 \times 0.01}{348.48}$	กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม อยู่ในสารละลาย 500 มล. ใช้ O_2 $\frac{25.25 \times 32 \times 0.01}{348.48}$ กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม อยู่ในสารละลาย 1000 มล. ใช้ O_2 46.37 มก./ล.

การคำนวณที่ค่าความเข้มข้น 40, 60, 80, 100 และ 7.4 มก./ล. ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน แสดงผลการคำนวณตามตาราง ดังนี้

ความเข้มข้น (มก. / ล.)	ค่าทีเอชโอดี (มก./ล.)
20	46.37
40	92.75
60	139.12
80	185.49
100	231.86
7.40	17.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณค่าทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic)

Tridecyl benzyl dimethylammonium chloride (น้ำหนักโมเลกุล = 353.50 กรัม)

$$C_{22}H_{40}NCl + 31\ O_2 \longrightarrow 22CO_2 + 18H_2O + HCl + NH_3$$

ปริมาณสาร 1 โมล ใช้ O_2 31 โมล

ปริมาณสาร 353.50 กรัม ใช้ O_2 31×32 กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ใช้ O_2 $\frac{31 \times 32 \times 0.01}{353.5} = 0.028$ กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ในสารละลาย 500 มล. ใช้ O_2 0.028 กรัม

ปริมาณสาร 0.01 กรัม ในสารละลาย 1000 มล. ใช้ O_2 56 มก./ล.

การคำนวณที่ค่าความเข้มข้น 40, 60, 80, 100 และ 11 มก./ล. ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน แสดงผลการคำนวณตามตาราง ดังนี้

ความเข้มข้น (มก./ล.)	ค่าทีเอชโอดี (มก./ล.)
20	56.00
40	112.25
60	168.47
80	224.50
100	280.62
11	30.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณค่าทีเอชโอดีของสารลดแรงตึงผิวกลุ่มไม่มีประจุ (Nonionic)

Polyoxyethylenesorbitan monolaurate (น้ำหนักโมเลกุล = 1225 กรัม)

$$C_{18}H_{31}O_3(OH)_3(C_2H_4O)_{20} + 73.5\ O_2 \longrightarrow 58CO_2 + 57H_2O$$

ปริมาณสาร	1	โมล	ใช้	O_2	73. 5		โมล
ปริมาณสาร	1225	กรัม	ใช้	O_2	73.5 ×32		กรัม
ปริมาณสาร	0.01	กรัม	ใช้	O_2	$\frac{73.5 \times 32 \times 0.01}{1225}$	= 0.0192	กรัม
ปริมาณสาร	0.01	กรัม	ในสารละลาย	500 มล.	ใช้ O_2	0.0192	กรัม
ปริมาณสาร	0.01	กรัม	ในสารละลาย	1000 มล.	ใช้ O_2	38.4	มก./ล.

การคำนวณที่ค่าความเข้มข้น 40, 60, 80, 100 และ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน แสดงผลการคำนวณตามตาราง ดังนี้

ความเข้มข้น (มก. / ล.)	ค่าทีเอชโอดี (มก./ล.)
20	38.40
40	76.80
60	115.20
80	153.60
100	192.00
30	57.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีทางสถิติ

การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร

ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ μ คือ

$$\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} * \sigma / \sqrt{n} \quad < \quad \mu \quad < \quad \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} * \sigma / \sqrt{n}$$

โดยที่ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

Z = ค่า Z

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล = S

n = จำนวนข้อมูล

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

โดยที่

μ_0 = ค่าทางทฤษฎี (ซึ่งในการทดลองนี้ค่าซีโอดีต่อทีเอชโอดีตามทฤษฎี มีค่าเท่ากับ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุลบ (Anionic)

☐ โซเดียมลอริลซัลเฟต

(Sodium lauryl sulfate)

- การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนดให้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96$$

และ $\overline{X} = 1.0187$, $\sigma = 0.0542$, $n = 50$

$$\overline{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n} < \mu < \overline{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

$$1.0187 - (1.96)(0.0542 / \sqrt{50}) < \mu < 1.0187 + (1.96)(0.0542 / \sqrt{50})$$

$$1.0037 < \mu < 1.0337$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่า COD / ThOD จะอยู่ในช่วง 1.0037 ถึง 1.0337

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย

H_0 : ค่าที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างจากทฤษฎี

H_1 : ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

โดยที่

$\bar{X} = 1.0187$, $\mu_0 = 1$, $S = 0.0542$, $n = 50$ และ $\alpha = 0.05$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$Z = \frac{1.0187 - 1}{0.0542/\sqrt{50}}$$

$$Z = 2.43$$

$$\pm Z_{\frac{\alpha}{2}} = \pm Z_{0.025} = \pm 1.96$$

ดังนั้น $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ อยู่ในเขตวิกฤติจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายความว่า ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

☐ โซเดียมลอริลเบนซิลซัลโฟเนต

(Sodium lauryl benzyl sulfonate)

- การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนดให้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96$$

และ $\overline{X} = 0.8788$, $\sigma = 0.1339$, $n = 50$

$$\overline{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n} < \mu < \overline{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

$$0.8788 - (1.96)(0.1339 / \sqrt{50}) < \mu < 0.8788 + (1.96)(0.1339 / \sqrt{50})$$

$$0.8417 < \mu < 0.9159$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่า COD / ThOD จะอยู่ในช่วง 0.8417 ถึง 0.9159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย

H_0 : ค่าที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างจากทฤษฎี

H_1 : ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

โดยที่

$\bar{X} = 0.8788$, $\mu_0 = 1$, $S = 0.1339$, $n = 50$ และ $\alpha = 0.05$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$Z = \frac{0.8788 - 1}{0.1339/\sqrt{50}}$$

$$Z = -6.12$$

$$\pm Z_{\frac{\alpha}{2}} = \pm Z_{0.025} = \pm 1.96$$

ดังนั้น $Z < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$ อยู่ในเขตวิกฤติจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายความว่า ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่มีประจุบวก (Cationic)

☐ ไตรเดคซิลเบนซิลไดเมทิลแอมโมเนียมคลอไรด์

(Tridecyl benzyl dimethyl ammonium chloride)

- การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนดให้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96$$

และ $\bar{X} = 0.8843$, $\sigma = 0.1950$, $n = 50$

$$\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n} < \mu < \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

$$0.8843 - (1.96)(0.1950 / \sqrt{50}) < \mu < 0.8843 + (1.96)(0.1950 / \sqrt{50})$$

$$0.8303 < \mu < 0.9383$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่า COD / ThOD จะอยู่ในช่วง 0.8303 ถึง 0.9383

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย**

H_0 : ค่าที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างจากทฤษฎี

H_1 : ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

โดยที่

$\bar{X} = 0.8843$, $\mu_0 = 1$, $S = 0.1950$, $n = 50$ และ $\alpha = 0.05$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$Z = \frac{0.8843 - 1}{0.1950/\sqrt{50}}$$

$$Z = -4.19$$

$$\pm Z_{\frac{\alpha}{2}} = \pm Z_{0.025} = \pm 1.96$$

ดังนั้น $Z < -Z_{\frac{\alpha}{2}}$ อยู่ในเขตวิกฤติจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายความว่า ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารลดแรงตึงผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ (Nonionic)

☐ โพลีออกซีเอทิลลีนซอร์บิแทน โมโนลอเรท

(Polyoxyethylenesorbitan monolaurate)

- การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนดให้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$)

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = Z_{0.025} = 1.96$$

และ $\overline{X} = 1.0649$, $\sigma = 0.0743$, $n = 50$

$$\overline{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n} < \mu < \overline{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma / \sqrt{n}$$

$$1.0649 - (1.96)(0.0743 / \sqrt{50}) < \mu < 1.0649 + (1.96)(0.0743 / \sqrt{50})$$

$$1.0443 < \mu < 1.0855$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น 95 % ของค่า COD / ThOD จะอยู่ในช่วง 1.0443 ถึง 1.0855

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ย

H_0 : ค่าที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างจากทฤษฎี

H_1 : ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

โดยที่

$\bar{X} = 1.0649$, $\mu_0 = 1$, $S = 0.0743$, $n = 50$ และ $\alpha = 0.05$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

$$Z = \frac{1.0649 - 1}{0.0743/\sqrt{50}}$$

$$Z = 6.18$$

$$\pm Z_{\frac{\alpha}{2}} = \pm Z_{0.025} = \pm 1.96$$

ดังนั้น $Z > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ อยู่ในเขตวิกฤติจึงปฏิเสธ H_0 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายความว่า ค่าที่ได้จากการทดลองแตกต่างจากทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้