

การศึกษาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง



นางสาวจิรวรรณ นิลนวลอุบล  
นางสาวชริกานต์ รุ่งแสง

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน...43892  
วัน, เดือน, ปี 17 ต.ค. 2545

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

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study the Technique of Determination of Anionic Active  
Surfactant in Wastewater



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 อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ  
ในน้ำทิ้ง

โดย นางสาว จีรวรรณ นิลนวลอุบล

นางสาว ชริกานต์ รุ่งแสง

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



หัวหน้าภาควิชา

( ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย )

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



ประธานกรรมการ

( ผศ.ดร. สุววรรณ ไชยสิทธิ์ )



กรรมการ

( ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย )



กรรมการ

( รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล )

ลิขสิทธิ์ของภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ในน้ำทิ้ง
นักศึกษา	นางสาว จีรวรรณ นิลนวลอุบล นางสาว ชริกานต์ รุ่งแสง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2544

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการวิเคราะห์สองวิธีคือ เทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟส ( two – phase titration ) กับเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน จากการทดลองพบว่าเทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟส สามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ถูก hydrolysed ( sodium lauryl ether sulphate ) และ Non – hydrolysed ( sodium alkyl benzyl sulfinate ) ซึ่งพบว่ามีค่าความผิดพลาด - 4.28 และ - 6.25 % ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์โดยเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน โดยใช้ เมทานอล กับ สารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 3 ( Application Bulletin No. 268 / 1 e ของบริษัท Metrohm) พบว่ามีค่าความผิดพลาด -1.77 และ 13.27 % ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์โดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน โดยใช้ Titron X – 100 กับสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 4 ( ASTM D 6173 – 97 ) มีค่าความผิดพลาด 2.52 และ -18.12 % ดังนั้นจึงนำเทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟสมาวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง ปรากฏว่า มีปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ  $2.81 \times 10^{-4} \text{ mol / l}$

Project Title	Study the Technique of Determination of Anionic Active Surfactant in Wastewater
Author	Miss Jeerawan Ninnaunubol Miss Charikran Rungsang
Advisor	Assoc. Prof. Arunee Kongsakphaisal
Major Program	Environmental Resource Chemistry
Academic	2001

### Abstract

In this project, ionic active matter in wastewater with two – phase titration technique and potentiometric titration technique were determined. From the two – phase titration technique found that error in the hydrolysed anionic active matter ( sodium lauryl ether sulphate ) and non – hydrolysed anionic active matter ( sodium alkyl benzyl sulfonate ) were - 4.28 and – 6.25%, respectively. Error in potentiometric titration in methanol and buffer solution pH 3 ( Application Bulletin No. 268 / 1 e ) were - 1.77 and – 13.27%, respectively and were 2.52 and - 18.12% for potentiometric titration technique using Titron X-100 and buffer solution pH 4 ( ASTM D 6173 – 97 ), respectively. Anionic active matter in wastewater by two – phase titration technique was  $2.81 \times 10^{-4}$  mol / l.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความช่วยเหลือ ในการให้คำปรึกษา แนะนำแนว  
ทางต่างๆ ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่จาก อาจารย์อรุณี คงศักดิ์ไพศาล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
โครงการพิเศษ

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบโครงการพิเศษในครั้งนี้ทุกท่านที่กรุณาเสนอและแนะนำ  
ทางการแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้โครงการพิเศษมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ช่วยเหลือใน  
ด้านการให้คำปรึกษาต่างๆ



ผู้จัดทำ

นางสาวจิรวรรณ นิลนวลอุบล

นางสาวชริกานต์ รุ่งแสง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 องค์ประกอบและชนิดของสารลดแรงตึงผิว	4
2.2 สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลอง	7
2.3 เทคนิคการไทเทรตสองเฟส (Two-phase titration technique)	9
2.4 เทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน (Potentiometric titration technique)	11
2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณ anionic – active matter โดยวิธี acid – hydrolysis	14
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	16
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	16
3.3 การดำเนินการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลอง	22
4.1 การหาปริมาณ anionic – active matter ในสารตัวอย่าง โดยวิธีมาตรฐานสากล ISO 2271 – 1972 ( E )	22
4.2 การหาปริมาณ anionic – active matter ในสารตัวอย่าง โดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน	25
4.3 การหาปริมาณ anionic – active matter ในน้ำทิ้ง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ ( ต่อ )

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	29
ข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
บรรณานุกรม	33
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. การใช้เครื่อง 716	34
ภาคผนวก ข. การคำนวณของเทคนิค การไทเทรต สองเฟส และรูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย	40
ภาคผนวก ค. การคำนวณของวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e และรูปตัวอย่างแสดงผลการทดลอง	50
ภาคผนวก ง. การคำนวณของวิธี ASTM D 6173 – 97 และรูปตัวอย่างแสดงผลการทดลอง	55
ภาคผนวก จ. การคำนวณของการวิเคราะห์ปริมาณ anionic – active matter ในน้ำทิ้ง	60
ภาคผนวก ฉ. การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคต่างๆ	62
ภาคผนวก ช. การทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ จากเทคนิคทั้ง 3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	66
ภาคผนวก ซ. ตารางมาตรฐานน้ำทิ้ง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1	แสดงมวลของสารตัวอย่างที่ใช้ทดสอบโดยประมาณ	19
2	ผลการไทเทรตโซเดียมลอริลซัลเฟตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.91 M	22
3	ผลการเทียบมาตรฐานสารละลาย benzethonium chloride กับสารละลายมาตรฐาน sodium lauryl sulphate	23
4	แสดงปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีไทเทรตแบบสองเฟส	24
5	ผลการทดสอบปริมาตรของสารละลาย sodium lauryl sulphate	25
6	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e ( ของบริษัท Metrohm )	26
7	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธี ASTM D 6173 – 97	27
8	แสดงผลการคำนวณการวิเคราะห์น้ำทิ้ง ด้วยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส	27
9	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของวิธีการวิเคราะห์วิธีต่างๆ	29
10	แสดงผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้ โดยเทคนิคต่างๆ	30
11	แสดงผลการไทเทรตสารละลาย NaOH กับสารละลายมาตรฐาน KHP	41
12	แสดงความแตกต่างของข้อมูลของ ปริมาณ sodium lauryl ether sulphate ที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคต่างๆ	67
13	แสดงความแตกต่างของข้อมูลของ ปริมาณ sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคต่างๆ	68
14	ตารางแสดงมาตรฐานน้ำทิ้ง	71

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 High sense surfactant electrode	13
2 รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย ขณะทำการไทเทรต ด้วยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส	46
3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e ก่อนการ reflux	52
3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e หลังการ reflux	53
4 แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e	54
5 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM D 6173 – 97 ก่อนการ reflux	57
6 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM D 6173 – 97 หลังการ reflux	58
7 แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี ASTM D 6173 – 97	59

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

เมื่อ 50 ปีที่ผ่านมา ได้มีการเสนอผลงานเกี่ยวกับการไทเทรตประจุลบด้วยประจุบวก ในระบบที่เป็นคลอโรฟอร์มกับน้ำ เพื่อจะเห็นจุดยุติได้ชัดเจน

จุดเริ่มแรกของการไทเทรตในระบบสองเฟสนี้ เริ่มมาจากการทดลองของ Epton [1] ที่ใช้ Methylene blue เป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ที่มีประจุบวก แต่ก็เกิดปัญหาขึ้นเนื่องจาก ช่วงระหว่างที่ถึงจุดยุตินั้น เกิดที่อยู่ในรูปแบบของประจุลบในชั้นคลอโรฟอร์ม จะกลับขึ้นไปละลายอยู่ในชั้นของสารละลาย ทำให้อัตราส่วนระหว่างชั้นสารละลายกับชั้นคลอโรฟอร์มเป็น 3:1 ณ จุดยุติ ซึ่งมีผลกับความเข้มของสีของชั้นของคลอโรฟอร์ม ต่อมา Lew [1] ได้ใช้ bromocresol green ในสารละลายเบสเป็นอินดิเคเตอร์ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ประจุลบ ทำให้เมื่อการไทเทรตแล้วผลที่ได้จากการคำนวณคลาดเคลื่อนไป อีกทั้งยังเห็นจุดยุติไม่ชัดเจนอีกด้วย และต่อมาได้มีผู้ทดลองอีกหลายคน ที่เสนอแนะวิธีการต่างๆ เพื่อปรับปรุงการไทเทรตสองเฟสนี้ให้ดีขึ้น จนกระทั่งได้วิธี มาตรฐาน ISO 2271:1989, ISO 2871-1:1988, ISO 2871-2:1990 ซึ่งแต่ละวิธีก็มีวัตถุประสงค์ที่ต่างกันออกไป

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ได้มีการพัฒนาการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวกันมากพอสมควร ทั้งนี้เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมที่นับวันก็จะมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ และอุตสาหกรรมที่ต้องใช้สารลดแรงตึงผิวก็มากขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งสารลดแรงตึงผิวที่มีการใช้มากที่สุดคือ สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ โดยสารลดแรงตึงผิวพวกนี้มักมาจากการสังเคราะห์ ดังนั้นเมื่อถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมก็จะทำให้สารสังเคราะห์พวกนี้เกิดการสะสม เนื่องจากจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายได้ช้ามาก และบางชนิดก็ทำให้ออกซิเจนละลายลงในแหล่งน้ำได้น้อยลง ซึ่งปัญหาต่างๆ เหล่านี้จะไปส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการกักเก็บตะกอน เพื่อการบำบัด BOD ให้น้อยลง ต้องใช้เวลามากขึ้นอีก นอกจากนี้ยังมีสารประกอบในสารลดแรงตึงผิวบางชนิดที่มีพิษต่อสุขภาพด้วย เช่น benzene ใน Linear Alkyl benzene sulphate (Alkyl คือ พวก lauryl) เป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการศึกษาหาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตและเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเทคนิค การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารตัวอย่าง โดยวิธีการไทเทรตสองเฟส (two – phase titration )
2. เพื่อศึกษาเทคนิค การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารตัวอย่าง โดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ( Potentiometric titration )
3. นำมาประยุกต์วิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวในน้ำทิ้ง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการศึกษาหาปริมาณ สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 2271-1972 (E) [2] โดยปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่วิเคราะห์ได้จากสารตัวอย่างจะถูกเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulphate)
2. การวิเคราะห์หาปริมาณ สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธีทางโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน จะทำการศึกษาโดยอาศัยเครื่อง Autotitrator รุ่น 716 DMS Titrino ด้วยวิธีมาตรฐาน ASTM D 6173 – 97 [3] และวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e ของบริษัท Metrohm [4]
3. ศึกษาการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวในน้ำทิ้งโดยใช้เทคนิค การไทเทรตสองเฟส( two-phase titration technique )และวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน (Potentiometric titration technique)

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินการ

1. ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวกับสารลดแรงตึงผิว
2. เลือกชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่จะนำมาทำการวิจัย
3. เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบเป็นองค์ประกอบเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป
4. ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารตัวอย่างตามวิธีมาตรฐาน ISO 2271-1972 (E) [2] เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าจริง
5. ศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่าง ด้วยวิธีทางโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน (Potentiometric titration technique) โดยวิธีมาตรฐาน ASTM D 6173 – 97[3] และวิธี Application Bulletin No. 268/1 e ของบริษัท Metrohm [4]
6. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์ ด้วยวิธีมาตรฐาน ISO 2271-1972 (E)[2] กับวิธีทาง potentiometric titration
7. ศึกษาการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง
8. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดการใช้คลอโรฟอร์มในการวิเคราะห์เนื่องจากคลอโรฟอร์มเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นพิษต่อร่างกาย
2. นำเทคนิคที่เหมาะสมมาใช้ในการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่อยู่ในสารตัวอย่าง และนำทิ้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. สามารถนำวิธีทาง Potentiometric titration ด้วยเครื่อง 716 DMS Titrino นี้ไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดต่างๆ ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 องค์ประกอบและชนิดของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ซึ่งส่วนที่ไม่ชอบน้ำนั้นมักจะเป็นส่วนของสายคาร์บอน ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณ 12-18 อะตอม หรือบางครั้งอาจมีพวกวงอะโรมาติกรวมอยู่ในโครงสร้างด้วย นอกจากนี้ยังมีกลุ่มอื่นๆ ที่สำคัญๆ ในโครงสร้าง ที่เป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ เช่น

1. Long, straight-chain alkyl groups ( $C_8 - C_{20}$ )
2. Branched-chain alkyl groups ( $C_8 - C_{20}$ )
3. Alkylbenzenes ( $C_8 - C_{15}C_6H_4$ )
4. Alkyl naphthalenes ( หมู่ Alkyl มักเป็น  $C_3$  ขึ้นไป )
5. Fluoroalkyl groups
6. Polydimethylsiloxanes ( $-OSi [CH_3]_2O -$ )

ส่วนที่ชอบน้ำ ( hydrophilic ) เช่น

- |                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1. Sulfonate             | $R-SO_3^- M^+$                     |
| 2. Sulphate              | $R-SO_4^- M^+$                     |
| 3. Phosphate             | $R-PO_4^- M^+$                     |
| 4. Ammonium              | $R_xH_yN^+ X^- (x=1-3, y=1-3)$     |
| 5. Quaternary            | $R_4N^+ X^-$                       |
| 6. Betaines              | $RN^+(CH_3)_2CH_2COO^-$            |
| 7. Sulfobetaines         | $RN^+(CH_3)_2CH_2CH_2SO_3^-$       |
| 8. Polyoxyethylene (POE) | $R-OCH_2CH_2(OCH_2CH_2)_nOH$       |
| 9. Sucrose               | $R-O-C_6H_7O(OH)_3-O-C_6H_7(OH)_4$ |

\*M คือหมู่โลหะ

R คือหมู่อัลคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญทั้ง 2 ประการนี้ จึงทำให้มันมีคุณสมบัติในการรวมสารที่แยกชั้นกันอยู่ได้ เช่น น้ำมัน / น้ำ, ก๊าซ / สารละลาย เป็นต้น ชนิดของสารลดแรงตึงผิวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามประเภทของส่วน hydrophilic ดังนี้คือ

1. Anionic Surfactant: เป็นสารลดแรงตึงผิวกลุ่มใหญ่ที่สุด และนิยมใช้มากที่สุด เป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีส่วนประกอบของ hydrophilic เป็นประจุลบ เช่น

#### *Sulphates*

Alkyl sulphates	$\text{ROSO}_3^-$
Alkylether sulphates	$\text{R}(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OSO}_3^-$
Sulphated alkanolamides	$\text{RCONHC}_2\text{H}_4\text{OSO}_3^-$
Monoglycerride sulphate	$\text{RCOOCH}_2\text{CHOHCH}_2\text{OSO}_3^-$
Sulphated alkylphenol ethoxylates	$\text{RC}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OSO}_3^-$

#### *Sulphonated hydrocarbons*

Alkylbenzene sulphonate	$\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_3^-$
Alkane sulphonates	$\text{RSO}_3^-$
Alpha-olefin sulphates	$\text{RCH}=\text{CHR}'\text{SO}_3^-$

#### *Sulphonated esters*

Acyl isethionates	$\text{RCOOC}_2\text{H}_4\text{SO}_3^-$
Fatty ester $\alpha$ -sulphonates	$\begin{array}{c} \text{RCHCOOR}' \\   \\ \text{SO}_3^- \end{array}$
Monoalkylsulphosuccinate	$\begin{array}{c} \text{ROOCCHSO}_3^- \\   \\ \text{CH}_2\text{COO}^- \end{array}$
(R มักเป็น $\text{C}_{12}\text{H}_{25}$ หรือมากกว่านั้น)	

#### *Sulphonated amides*

Acyl methyltaurates	$\text{RCON}(\text{CH}_3)\text{C}_2\text{H}_4\text{SO}_3^-$
Alkyl sulphosuccinamates	$\begin{array}{c} \text{RNHCOCHSO}_3^- \\   \\ \text{CH}_2\text{COO}^- \end{array}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*carboxylate*

Soaps	$\text{RCOO}^-$
Alkyl ethoxy carboxylates	$\text{R}(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OCH}_2\text{COO}^-$
Acyl sarcosinates	$\text{RCON}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COO}^-$

สารพวกนี้มักใช้ประจุบวกเป็น  $\text{Na}^+$  หรือ  $\text{NH}_4^+$  ส่วนกลุ่ม Petroleum sulphonate อาจใช้  $\text{Ca}_2^+$  หรือ  $\text{Ba}_2^+$  ก็ได้ สารบางตัวที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ก็อาจใช้ organic cation ก็ได้

2. Nonionic surfactant : สารลดแรงตึงผิวซึ่งส่วนของ hydrophilic นั้นไม่มีประจุ เช่น

*Non-nitrogenous*

Fatty alcohols	$\text{ROH}$
Fatty alcohol ethoxylates	$\text{R}(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$
Alkylphenol ethoxylates	$\text{RC}_6\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$
Polyethylene glycol ester	$\text{RCO}(\text{OC}_2\text{H}_4)_n\text{OH}$

*Alkanolamides*

Monoalkanolamides	$\text{RCONHC}_n\text{H}_{2n}\text{OH}$
Dialkanolamides	$\text{RCON}(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{OH})_2$
Ethoxylated monoalkanolamides	$\text{RCONHC}_n\text{H}_{2n}(\text{OC}_2\text{H}_4)_x\text{OH}$
Ethoxylated dialkanolamides	$\text{RCON}-\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OC}_2\text{H}_4)_x\text{OH}$   $\text{C}_n\text{H}_{2n}(\text{OC}_2\text{H}_4)_y\text{OH}$

3. Cationic surfactant : สารลดแรงตึงผิวที่มีส่วน hydrophilic เป็นประจุบวก เช่น

Monoalkyltrimethylammonium salt	$\text{RN}^+(\text{CH}_3)_3$
Dialkyldimethylammonium salts	$\text{R}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_2$

## 4. Amphoteric surfactants

คือ สารลดแรงตึงผิวที่มีส่วน hydrophilic เป็นทั้ง cation และ anion โดยแยกชนิดของสารลดแรงตึงผิวชนิดนี้ได้ 4 แบบ ตามลักษณะของกรดและเบส ซึ่งกรดและเบสสามารถเป็นได้ทั้ง กรดอ่อน กรดแก่ เบสอ่อนและเบสแก่

จาก 4 กลุ่มนี้ ได้มีการคิดสัญลักษณ์ขึ้นมา เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจถึงการแบ่งเป็นชนิดๆ คือ WW, WS, SW และ SS ซึ่ง W แทนคำว่า weak และ S แทนคำว่า strong โดยตัวแรกจะแทนลักษณะของกรด ตัวที่ 2 แสดงลักษณะของเบส เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Carboxylates กับเบสอ่อน (WW)**

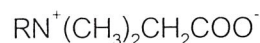
Alkylglycinates



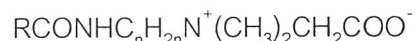
Alkylaminopropionates

**Carboxylates กับ เบสแก่ (WS)**

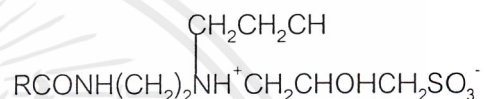
Alkyldimethyl betaines



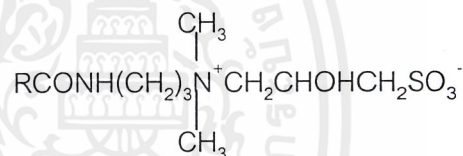
Alkylamidobetaines

**Sulphonates (sulphobetaines) กับ เบสอ่อน (SW)**

Amphopropyl sulphonates

**Sulphonates (sulphobetaines) กับ เบสแก่ (SS)**

Hydroxypropyl sulphonates



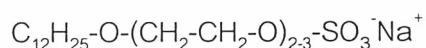
Or hydroxysultaines

**2.2 คุณลักษณะของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลอง**

สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลองคือ สารลดแรงตึงผิวประเภทประจุลบ (anionic) ซึ่งเป็นกลุ่มของสารลดแรงตึงผิวที่ใหญ่ที่สุด และมีจำนวนการใช้มากที่สุด ส่วนชนิดของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่นำมาศึกษาคือ Sodium lauryl ether sulphate และ Sodium Alkyl Benzene Sulfonate

**Sodium lauryl ether sulphate [5]**

สูตรโครงสร้าง



น้ำหนักโมเลกุล

376.507

**คุณสมบัติทางกายภาพ**

จุดเดือด (°F)

200

ความดันไอ (mmHg)

ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

ความสามารถในการละลายน้ำ

ละลายได้สมบูรณ์

ความถ่วงจำเพาะ

1.01

พีเอช (ที่ความเข้มข้นเริ่มแรก)

5.5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สมบัติการติดไฟหรือระเบิด

จุดวาบไฟ (°F)	ไม่มี
ขีดจำกัดล่างที่สามารถติดไฟได้ (LEL)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ขีดจำกัดบนที่สามารถติดไฟได้	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

## คุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยา

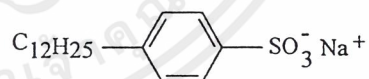
ความคงตัว	เสถียร
สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง	oxidizing agent

## ความอันตรายต่อร่างกาย

ผิวหนัง	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ตา	อาจเกิดการระคายเคืองถ้าไปสัมผัส
ระบบทางเดินหายใจ	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ระบบทางเดินอาหาร	อาจทำให้เกิดการคลื่นไส้ได้
ผลกระทบเรื้อรัง	ไม่เกิด
สารก่อมะเร็ง	ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ทั้งมาตรฐานของ NTP, IARC และ OSHA
อวัยวะเป้าหมาย	ไม่มีอวัยวะเป้าหมาย
LD <sub>50</sub> (Oral-Rat)(mg/kg)	1288
LD <sub>50</sub> (IPR-Rat)(mg/kg)	210
LD <sub>50</sub> (IV-Rat)(mg/kg)	118

## Sodium Alkyl Benzene Sulfonate

สูตรโครงสร้าง



น้ำหนักโมเลกุล

348.484

## คุณสมบัติทางกายภาพ

จุดเดือด (°F)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ความดันไอ (mmHg)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ความสามารถในการละลายน้ำ	ละลายได้พอสมควร
ความถ่วงจำเพาะ	1

## คุณสมบัติในการติดไฟหรือระเบิด

จุดวาบไฟ (°F)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ขีดจำกัดล่างที่สามารถติดไฟได้ (LEL)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้
ขีดจำกัดบนที่สามารถติดไฟได้ (UEL)	ไม่สามารถวิเคราะห์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### คุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยา

ความคงตัว	เสถียร
สิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง	แอมโมเนีย หรือกรด
ผลกระทบต่อร่างกาย	
ผิวหนัง	อาจเกิดการระคายเคืองชั่วคราว
ตา	อาจเกิดการระคายเคืองชั่วคราว
ระบบทางเดินอาหาร	อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้และท้องร่วง

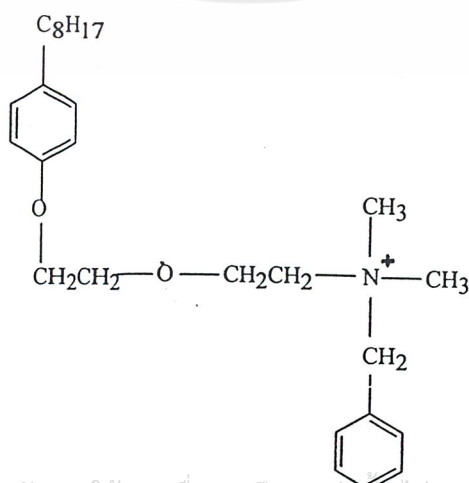
### 2.3 เทคนิคการไทเทรตสองเฟส (Two-phase titration technique) [1]

เป็นการไทเทรตที่อาศัยหลักการทำปฏิกิริยากันระหว่างประจุลบ และประจุบวกเกิดเป็นสารประกอบในรูปของเกลือขึ้นมา ส่วนการไทเทรตสองเฟส (Two-phase titration) ของสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุ นั้น ต้องอาศัยไทเทรนต์ที่เป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุตรงข้ามกัน ซึ่งถ้าทำการไทเทรตในสารละลายที่เป็นน้ำทั้งหมดนั้น จะทำให้ส่วนที่เป็นเกลือละลายได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากพื้นฐานของความสามารถในการละลาย จึงมีการนำเอาคลอโรฟอร์มมาใช้ร่วมด้วย เพื่อสกัดเอาส่วนที่เป็นเกลือละลายแยกออกมา

ดังนั้นจุดยุติ จึงขึ้นอยู่กับความจริงที่ว่า สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบจะทำปฏิกิริยากับสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก เกิดเป็นสารประกอบเกลือ และสารประกอบของเกลือนี้จะไม่ละลายในน้ำ แต่จะถูกสกัดออกมาในชั้นคลอโรฟอร์ม

#### หลักการของวิธีมาตรฐาน ISO 2271

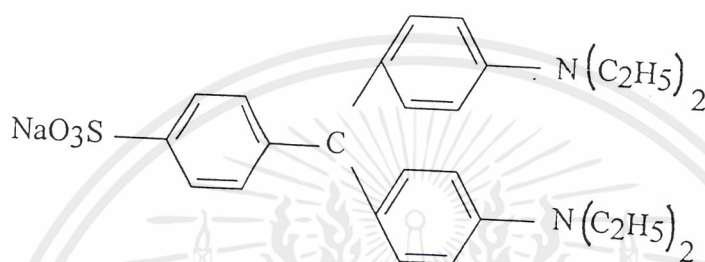
ไทเทรนต์ที่ใช้คือ Benzethonium chloride หรือ Benzyl dimethyl-2- [2-p (1, 1, 3, 3-tetramethyl-butyl) phenoxy-ethyl ammonium chloride, mono-hydrate มีชื่อทางการค้าว่า hyamine 1622 ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก



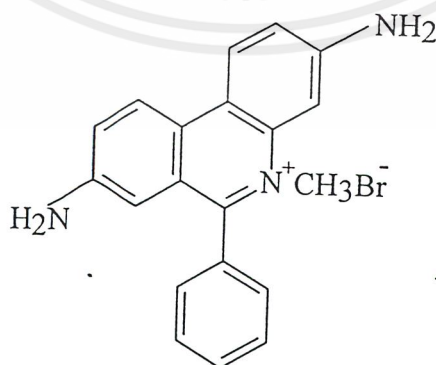
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินดิเคเตอร์ที่ใช้คือ อินดิเคเตอร์ผสมระหว่าง

1. Acid blue หรือ di-sodium 4, 4 diamixnodiethyl triphenylethane-2, 4-disulphonate ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ประจุลบ และมีชื่อทางการค้าว่า Disulplaine Blue VN 150 และ Eriglaucine (Acid blue เป็นกรด-เบสอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะเป็นสีเหลืองเมื่อสารละลายเป็นกรด และเป็นสีฟ้าเมื่อสารละลายเป็นเบส)



2. Dimidium bromide หรือ 3, 8-diamino-5-methyl-6-phenyl – phenanthridinium bromide ซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ชนิดประจุบวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการผสมสารละลายตัวอย่าง อินดิเคเตอร์ผสม คลอโรฟอร์ม และน้ำกลั่นเรียบร้อยแล้ว นำไปเขย่าอย่างแรง จะเห็นสารละลายในชั้นคลอโรฟอร์มเป็นสีชมพู เนื่องจาก ส่วนของประจุบวกของอินดิเคเตอร์ dimidium bromide ( $Dm^+ Br^-$ ) นั้นทำปฏิกิริยากับสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ( $An^-$ )



ส่วนชั้นน้ำจะเป็นสีเหลือง เนื่องจาก Acid Blue I ซึ่งเป็นหนึ่งในอินดิเคเตอร์ผสมนั้น และเป็นกรด-เบสอินดิเคเตอร์ซึ่งจะเป็นสีเหลืองเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด และเป็นสีฟ้าเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นเบส จากนั้นทำการไทเทรตด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก ( $Cat^+$ ) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆตามขั้นตอนดังนี้

1. Benzethonium chloride ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ที่ยังหลงเหลืออยู่ในชั้นน้ำ เกิดเป็นสารประกอบในรูปของเกลือ ในชั้นของคลอโรฟอร์ม



2. เมื่อสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่อยู่ในน้ำถูกไทเทรตไปเกือบหมดแล้ว ก็ทำการเติมไทเทรนต์ลงไปอีก และเติมให้มากเกินไป ในชั้นนี้ประจุบวกของอินดิเคเตอร์ที่อยู่ในรูปเกลือในชั้นของคลอโรฟอร์ม จะถูกแทนที่ด้วยประจุบวกจากสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุบวก (titrant) จึงทำให้สีชมพูในตอนแรกหายไป



3. เมื่อประจุบวกของอินดิเคเตอร์ถูกแทนที่จนหมดแล้ว ในชั้นคลอโรฟอร์มก็จะกลับมาไม่มีสีหรือมีสีเทาเงิน ซึ่ง ณ จุดนี้ก็คือ จุดยุติ

#### 2.4 เทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ( Potentiometric titration technique )

โพเทนชิโอเมตรี ( Potentiometry ) เป็นวิธีวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้า โดยใช้หลักการวัดค่าความต่างศักย์ ระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่จุ่มอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ณ สภาวะสมดุลของการดำเนินปฏิกิริยา โดยขั้วไฟฟ้าหรืออิเล็กโทรดที่ใช้ในการวัดความต่างศักย์นี้ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าของมันจะต้องมีค่าคงที่แน่นอนและต้องไม่มีผลต่อความเข้มข้นของสารละลายที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้วไฟฟ้าชี้บอก ( Indicator electrode ) ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ซึ่งต้องสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอ ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไอออน โดยที่ค่าศักย์ไฟฟ้าของมันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโดยขั้วทั้ง 2 ชนิดนี้จะต้องถูกต่อเข้ากับเครื่องวัดความต่างศักย์ (Potentiometer)

#### 2.4.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์โพเทนชิโอเมตรี

การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโพเทนชิโอเมตรี ทำได้ 2 ลักษณะคือ

1. การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยตรง ( Direct potentiometric measurement )
2. การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรต ( Potentiometric titration )

เนื่องจากการวิจัยนี้ไม่ได้ใช้การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยตรง จึงขอกกล่าวแต่เพียง การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตเท่านั้น

#### 2.4.2 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรต

การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตเป็นการวิเคราะห์ศักย์เซลล์ที่แต่ละปริมาตรของไทเทรนต์ที่ไทเทรตลงในสารละลายตัวอย่าง ค่าศักย์ที่วัดได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตัวอย่างกับไทเทรนต์ ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง จึงถือว่า การวิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยเทคนิคโพเทนชิโอเมตรีแบบนี้ เป็นการวัดค่าศักย์ทางอ้อม (Indirect potentiometric) ในการวัดค่าศักย์ของการไทเทรตการเปลี่ยนแปลงของศักย์บ่งบอกถึงการดำเนินไปของปฏิกิริยา โดยศักย์เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่บริเวณจุดสมมูลของการเกิดปฏิกิริยา และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเกินสมมูล หรือสารตัวอย่างทำปฏิกิริยาจนหมด ดังนั้นค่าศักย์เปรียบเสมือนเป็นอินดิเคเตอร์ของการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารตัวอย่างโดยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตสารละลายไทเทรนต์จากบิวเรตลงสู่สารละลายตัวอย่าง ที่ถูกกวนตลอดเวลาด้วยแท่งแม่เหล็ก เพื่อให้ไทเทรนต์ได้สัมผัสและเกิดปฏิกิริยากับไอออนของสารตัวอย่างได้ทันทีที่หยดลงในสารละลายตัวอย่าง การไทเทรตไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง จนถึงจุดยุติเหมือนการใช้อินดิเคเตอร์เพราะถึงแม้ไทเทรนต์ทำปฏิกิริยากับไอออนสารตัวอย่างได้ทันที แต่การเกิดสมมูลของการตอบสนองของขั้วไฟฟ้าต้องใช้เวลา เพราะฉะนั้นการไทเทรตจึงต้องหยุดเป็นช่วงๆ เพื่อรอให้เกิดสมมูลขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า จึงอ่านค่าศักย์ได้ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการไทเทรตคือ ช่วงปริมาตรไทเทรนต์ที่ไซจากบิวเรตกับค่าศักย์ไฟฟ้า ณ สมมูลของแต่ละช่วงไทเทรตนั้น

การไทเทรตดังกล่าวข้างต้น เป็นการทำการไทเทรตด้วยผู้วิเคราะห์ ถ้าเป็นการใช้อุปกรณ์อัตโนมัติที่สามารถตั้งโปรแกรมการไทเทรตตามต้องการได้ ซึ่งสะดวกรวดเร็วขึ้นมาก บ่อยครั้งในการทำ การวิเคราะห์มักเป็นการลองทำก่อนหนึ่งตัวอย่าง โดยทำการไทเทรตอย่างรวดเร็ว จนถึงสมมูลของ

ปฏิกิริยา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงศักย์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการไทเทรต นำข้อมูลนี้มากำหนดช่วงของการไทเทรตในการวิเคราะห์จริงเป็นการช่วยให้การวิเคราะห์จริงทำได้สะดวกขึ้น

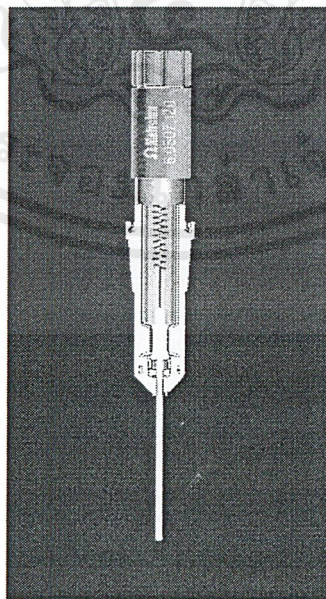
### 2.4.3 ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

1. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่ใช้ คือ Ag / AgCl อิเล็กโทรดซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด ซึ่งสามารถเขียนแทนส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้าอ้างอิงได้ดังนี้



ในการวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้าจำเป็นต้องมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิง เพื่อช่วยให้ครบวงจรของเซลล์เคมีไฟฟ้า ปรกติค่าศักย์ของวงจรที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดสัญญาณไฟฟ้า เป็นค่าที่เกิดจากผลต่างของศักย์จากขั้วไฟฟ้าทั้งสองของวงจร อาจเรียกค่าศักย์ของวงจรที่วัดได้นี้ว่าค่าศักย์สัมพัทธ์ (relative potentials) ถ้าขั้วไฟฟ้าตัวหนึ่งของวงจรเป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่รู้ค่าศักย์แน่นอนยอมทำให้สามารถหาค่าศักย์ของอีกขั้วไฟฟ้าที่ต่อในวงจร ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน นั่นคือการมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิงต่ออยู่ในวงจรเซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่งๆ ทำให้สามารถรู้ผลการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับขั้วไฟฟ้าที่ใช้งาน อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารตัวอย่าง ทำให้วิเคราะห์หาปริมาณสารตัวอย่างได้

1. ขั้วไฟฟ้าทำงานที่ใช้ในการทดลอง คือ High sense surfactant electrode ( ดังแสดงในรูปที่ 1 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเอกสารเรียนการสอนเท่านั้น โดยผู้จัดทำมีลิขสิทธิ์ไว้ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High sense surfactant electrode เป็น PVC membrane electrode ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีประจุ ได้โดยกระบวนการทาง โฟเทนซิโอเมตริกไทเทรชัน โดยช่วงของพีเอช ที่อิเล็กโทรดสามารถทำงานได้คือพีเอช 1 – 13 และอุณหภูมิในช่วง 0–40 °C

#### การเก็บและดูแลรักษา surfactant electrode

1. ควรเก็บในที่แห้ง
2. อายุการใช้งานประมาณ 1 ปี แต่หลังจาก 1 ปีไปแล้วยังใช้งานได้อยู่
3. เนื่องจากอิเล็กโทรด มีส่วนประกอบเป็น PVC membrane ดังนั้นจึงไม่ทนทานต่อ organic solvents เช่น acetone , tetrahydrofuran , chloroform หรือสารที่มีสัดส่วนของ methanol 30 – 40% หรือ ethanol 20% ใน solvent ซึ่งมันจะไปมีผลทำให้ PVC membrane หรือ ส่วนประกอบบางส่วนถูกละลายออกมาได้

#### 2.4.4 ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยวิธีโฟเทนซิโอเมตริกไทเทรชัน

- 1 ลดการใช้คลอโรฟอร์มที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
- 2 เครื่องสามารถอ่านค่าที่จุดยุติได้ทันทีและรวดเร็ว

#### 2.4.5 การวิเคราะห์หาปริมาณ anionic – active matter โดยวิธี acid – hydrolysis

เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมักเกิดจากการผสมสารลดแรงตึงผิวชนิดต่างๆลงไป ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เช่น สารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยกันเอง หรือสารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบกับสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ปริมาณของสารแต่ละชนิดออกมาและวิธีที่นิยมใช้วิธีหนึ่ง คือ acid - hydrolysis ซึ่งวิธีนี้มักจะทำโดยการรีฟลักซ์สารลดแรงตึงผิว ในสารละลายกรด เช่น กรดไฮโดรคลอริก หรือ กรดซัลฟูริก เป็นต้น ซึ่งจะทำการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 – 3 ชั่วโมง ซึ่งสารลดแรงตึงผิวที่สามารถถูก hydrolysed ได้มักเป็นกลุ่มของ Alkyl sulphates , Alkylether sulphates , sulphated alkylphenol ethoxylates เป็นต้น เมื่อสารพวกนี้ถูก hydrolysed ด้วยกรดจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนพวกที่ไม่ถูก hydrolysed ได้แก่พวก sulfonated hydrocarbons , Alkyl phosphates และ Alkylether phosphates เป็นต้น ซึ่งสารกลุ่มนี้จะไม่ถูก hydrolysed ทั้งสภาวะที่เป็นกรดและเบส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. โซเดียม ลอริลซัลเฟต (Sodium Laurylsulphate) ,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$  , fw 288.49  
บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
2. เบนซาโทเนียม คลอไรด์ (Benzethonium Chloride) ,  $\text{C}_{27}\text{H}_{42}\text{NO}_2\text{Cl}$  , fw 448.10  
บริษัท SIGMA
3. คลอโรฟอร์ม (Chloroform) ,  $\text{CHCl}_3$  , fw 119.37  
บริษัท LAB-SCAN ANALYTICAL SCIENCES
4. กรดซัลฟูริก (Sulphuric Acid) ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  , fw 96.372 บริษัท CARLO ERBA
5. Patent Blue Indicator ,  $\text{C}_{27}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{NaO}_6\text{S}_2$  , fw 566.68 บริษัท ALDRICH
6. Daimidium Bromide Indicator ,  $\text{C}_{20}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{Br}$  , fw 380.3 บริษัท sigma
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) ,  $\text{NaOH}$  , fw 40.00 บริษัท AKZO NOBEL
8. เอทิล แอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) ,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$  , fw 46.07 บริษัท CARLO ERBA
9. โพแทสเซียมไฮโดรเจนเฟทาเลต (Potassium Hydrogen Phthalate) ,  $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$   
fw 204.23 บริษัท CARLO ERBA
10. ฟีนอลทาลิน อินดิเคเตอร์ ,  $\text{C}_6\text{H}_4\text{COOC}(\text{C}_6\text{H}_4\text{-C-OH})_2$  , fw 318.32 บริษัท CARLO ERBA
11. โซเดียมลอริลอีเธอร์ซัลเฟต (Sodium Lauryl Ether Sulfate) , fw 382
12. โซเดียมแอลคิลเบนซิลซัลโฟเนต (Sodium Alkyl Benzyl Sulfonate) ,  $\text{C}_{18}\text{H}_{29}\text{NaO}_3\text{S}$  , fw 348.4 บริษัท Across organics
13. Titron X -100 ,  $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{C}_6\text{H}_4(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$  , fw 602.806
14. กรดไฮโดรคลอริก ,  $\text{HCl}$  . fw 36.5
15. เมทานอล ,  $\text{CH}_3\text{OH}$  , fw 32.042 บริษัท CARLO ERBA
16. น้ำปราศจากไอออน

#### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดรีฟลักซ์
2. ขวดวัดปริมาตร
3. บีกเกอร์
4. กระจกบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปิเปต
6. บิวเรต
7. ขวดรูปกรวย
8. ขวดขนาด 200 ml ซึ่งมี glass stoppered
9. เครื่อง Autotitrator รุ่น 716 DMS Titrino ของบริษัท Metrohm
10. Magnetic bar
11. Surfactant electrode
12. Reference electrode

### 3.3 การดำเนินการทดลอง

#### 3.3.1 การหาปริมาณ anionic active matter ในสารตัวอย่าง ด้วยวิธีมาตรฐานสากล Internation Standard (ISO 2271-1972 (E) )

##### 1.เตรียม Phenolphthalene indicator

ซึ่ง Phenolphthalene 1 กรัม ละลายในเอทานอล 95% v/v 100 ml

##### 2.หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ 1 N NaOH ด้วยสารมาตรฐาน KHP

นำ KHP ไปอบที่ อุณหภูมิ  $\approx 120^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นในเดซิเตอร์ ซึ่ง KHP อย่างละเอียด 20.00-24.00 กรัม (ละเอียด 4 ตำแหน่ง) จากนั้นปิเปตมา 10.0 ml หยด Phenolphthalene indicator 2-3 หยดแล้วไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อน

##### 3. หาความบริสุทธิ์ของ sodium lauryl sulphate

ซึ่งน้ำหนัก sodium lauryl sulphate มาอย่างละเอียด  $5 \pm 0.2$  กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในขวดก้นกลมที่มี ground glass neck แล้วเติม 1 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ลงไป 25 ml นำไปรีฟลักซ์ โดยคอนเดนเซอร์น้ำประมาณ 100 นาที ระหว่าง 5-10 นาทีแรก สารละลายจะเหนียวและมีฟองมาก ควบคุมได้โดยการเอาความร้อนออก และแกว่งสารละลายภายในขวดทรงกลม หรืออาจจุ่มสารละลายในน้ำเดือดเป็นเวลา 60 นาทีแทนการรีฟลักซ์ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟอง หลังจากให้ความร้อนแล้ว 10 นาที สารละลายจะใส ให้รีฟลักซ์ต่อไปอีก 90 นาที ตั้งเอาความร้อนออก แล้วทำขวดก้นกลมให้เย็น ล้างภายในคอนเดนเซอร์ด้วยเอทานอล 30 ml แล้วตามด้วยน้ำ 30 ml เติมฟีนอล์ฟทาลินอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไทเทรตสารละลายด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 1.0 M ทดสอบแบลงค์โดยการไทเทรต 25 ml กรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1.0 M ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 1.0 M

#### 4. เตรียมสารละลายมาตรฐาน 0.004 M sodium lauryl sulphate

ชั่งน้ำหนัก sodium lauryl sulphate ระหว่าง 1.14 -1.16 กรัม ละเอียด 3 ตำแหน่ง ละลายในน้ำกลั่น 200 ml แล้วถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร

#### 5.เตรียมสารละลายมาตรฐาน Benzethonium Chloride 0.004 M

อบ Benzethonium Chloride ที่ 105 °C ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วชั่งอย่างละเอียด 1.792 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและเจือจางให้ครบ 1 ลิตร

#### 6.เตรียมสารละลายสต็อก อินดิเคเตอร์ผสม

ชั่ง Dimidium Bromide อย่างละเอียด  $0.5 \pm 0.005$  กรัม ละเอียด 4 ตำแหน่งใส่ในบีกเกอร์และ ชั่ง Acid Blue อย่างละเอียด  $0.25 \pm 0.005$  กรัม ละเอียด 4 ตำแหน่ง ใส่ในบีกเกอร์อีกใบหนึ่ง เติม 10% v/v เอทานอลที่ร้อน ประมาณ 20-30 ml ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ คนจนกระทั่งละลายและถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ml ฉีดบีกเกอร์ด้วยเอทานอล แล้วถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร เจือจางด้วย 10% v/v เอทานอลจนครบ 250 ml

#### 7.เตรียมสารละลายผสม Mixed Acid Indicator

ปิเปตสารละลายในข้อ 6 มา 20.0 ml เติมน้ำกลั่น 200 ml จากนั้นเติม 5 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 20 ml ลงไป ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนครบ 500 ml แล้วเก็บในที่ไม่มีแสง

#### วิธีการทดลอง

##### 1. การเทียบมาตรฐานสารละลาย Benzethonium Chloride

ปิเปตสารละลาย 0.004 M Sodium Lauryl Sulphate ปริมาตร 25.0 ml ใส่ขวดที่มีฝาสนิทแล้วเติมน้ำกลั่น 10 ml คลอโรฟอร์ม 15 ml และอินดิเคเตอร์ผสม 10 ml นำไปไทเทรตกับสารละลาย 0.004 M Benzethonium Chloride ปิดจุกขวดภายหลังจากการเติมสารละลาย และเขย่าอย่างแรงเพื่อให้สารละลายเข้ากันดี จะเห็นสารละลายชั้นล่างเป็นสีชมพู ทำการไทเทรตต่อไป พร้อมกับเขย่าอย่างแรง เมื่อใกล้ถึงจุดยุติชั้นอิมัลชันที่เกิดขึ้นระหว่างเขย่าจะแยกจากกันได้ง่าย ทำการไทเทรตต่อไปทีละหยด พร้อมกับเขย่า หลังจากเติมไทเทรนต์แต่ละครั้งเมื่อถึงจุดยุติ สีชมพูจะหายไปจากชั้นคลอโรฟอร์ม และเกิดเป็นสีเทาเงินอ่อน

2. ทำการทดสอบหาปริมาณสารที่เหมาะสมในการวิเคราะห์  
ซึ่งนำหนักสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ โดยใช้ตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงมวลของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ใช้ทดสอบโดยประมาณ

ปริมาณ Active Matter ในสารตัว อย่าง (% w / w)	มวลที่ใช้ทดสอบ (กรัม)
15	10.00
30	5.00
45	3.20
60	2.40
80	1.80
100	1.40

หมายเหตุ ตารางต่อไปนี้ได้คำนวณจากมวลโมลาร์สัมพัทธ์ = 360 (Relative Molar Mass of 360)  
เป็นน้ำหนักคร่าวๆที่ใช้

ซึ่งนำหนักสารละลายตัวอย่าง อย่างละเจียด 4 ตำแหน่ง ละลายสารตัวอย่างในน้ำ  
กลั่น เติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยดสะเทินด้วยสาร ละลาย NaOH 1.0 N จนเกิดเป็นสีชมพู  
อ่อนถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตรปิเปตสารละลาย  
มา 25.0 ml ถ่ายใส่ขวดที่มีฝาปิดสนิท เติมน้ำกลั่น 10 ml คลอโรฟอร์ม 15 ml และอินดิเคเตอร์ผสม  
10 ml ไทเทรตด้วยสารละลาย Benzethonium Chloride ตามวิธีการเทียบมาตรฐาน สารละลาย  
Benzethonium Chloride

### 3.4.2 การวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบแบบ แยกวิเคราะห์ โดยวิธี hydrolysis ด้วยกรดตามวิธี ISO 2870 – 1986 (E) [6]

#### 1. การเตรียมสารตัวอย่าง

ซึ่งนำหนักตัวอย่างละเจียด 4 ตำแหน่ง ละลายในน้ำกลั่น 100 ml จากนั้นเจือจางให้  
ครบ 1 ลิตร

#### 2. การวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ แบบรวม

ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากข้อ 1 มา 25.0 ml ทำการทดสอบเช่นเดียวกันกับ วิธี  
มาตรฐาน ISO 2271 – 1972 (E) [2]

### 3. การวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ถูก hydrolysed ( sodium lauryl ether sulphate )

ปิเปตสารละลายตัวอย่างจากข้อ 1 มา 25.0 ml ใส่ในขวดก้นกลม เติม 5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ลงไป 5 ml และเติม anti-bumping granules นำไปรีฟลักซ์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และระวังการให้ความร้อน เนื่องจากสารละลายจะเกิดฟองอย่างมาก เมื่อครบ 3 ชั่วโมง นำขวดก้นกลมออกจากที่ให้ความร้อน แล้วทำให้เย็น ล้างคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำอย่างน้อย 5 ml เติม ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด แล้วสะเทินด้วย 10 M และ 0.1 M NaOH จนเป็นกลาง เติมคลอโรฟอร์ม 15 ml และ อินดิเคเตอร์ผสม 10 ml ปิดฝาและเขย่าอย่างแรง ไทเทรตกับ Benzethonium Chloride ตามวิธีของ ISO 2271 – 1972 ( E ) [2]

#### 3.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบ ด้วยวิธี Potentiometric titration ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino

##### 3.4.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธีของ Application Bulletin No. 268/1 e ของบริษัท Metrohm [4]

###### 1. การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 3

ปิเปตสารละลาย 0.1 M KHP มา 50 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml

###### วิธีการทดลอง

ปิเปตสารละลายมา 25.0 ml เติมสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 3 จำนวน 10 ml และ เมทานอล 5 ml เติมน้ำกลั่น 75 ml ตั้งโปรแกรมของเครื่อง Autotitrator ตาม Bulletin No. 268/1 e เปิดเครื่องปั่นกววน และให้หัวอิเล็กโทรดทั้ง 2 จุ่มอยู่ในสารละลาย กดปุ่มเริ่ม เพื่อเริ่มทำการไทเทรตกับสารละลาย benzethonium chloride เมื่อถึงจุดยุติ และเครื่องหยุดทำงานสั่ง print ผลการทดลองออกมา ทำแบลนด์ โดยใช้ น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง แล้วทำการทดลองซ้ำ  
หมายเหตุ นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการรีฟลักซ์แล้ว ตามวิธี ISO 2870 – 1986 (E) [7] มาทำการทดลอง เช่นเดียวกับ สารละลายที่ยังไม่ผ่านการรีฟลักซ์

#### 3.4.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธีของ Standard Test Method for Determination of various Anionic Surfactant Actives by Potentiometric titration (ASTM Designation : D 6173 – 97 ) [3]

##### 1 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 4

ปิเปต 0.1 M KHP มาจำนวน 50.0 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml เติม 0.1 M HCl จำนวน 0.1 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นแล้วเขย่าให้เข้ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2 การเตรียม titron X – 100 1%

ซึ่ง titron X - 100 มา 1.0229 กรัมอย่างละเอียด เติมน้ำปราศจากไอออน จนมีปริมาตรครบ 100 ml

### วิธีการทดลอง

ปิเปตสารละลายตัวอย่างตัวอย่างที่ยังไม่ได้ผ่านการรีฟลักซ์มา 25.0 ml เติมสารละลายบัพเฟอร์พีเอช 4 จำนวน 1 ml เติมน้ำปราศจากไอออน 70 ml ตั้งโปรแกรมของเครื่อง Autotitrator ตามเดิม ( Bulletin 268/1 e ) เปิดเครื่องปั่นกววนและให้ขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 2 จุ่มอยู่ในสารละลาย ปิเปตสารละลาย titron X – 100 1% ลงไป 1.0 ml ขณะทำการปั่นกววน แล้วกดปุ่ม เริ่มเพื่อเริ่มทำการไทเทรตกับสารละลาย benzethonium chloride เมื่อถึงจุดยุติ และเครื่องหยุดทำงาน สั่ง print ผลการทดลองออกมา ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง แล้วทำการทดลองซ้ำ

หมายเหตุ นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการรีฟลักซ์แล้ว ตามวิธี ISO 2870 – 1986 (E) [6] มาทำการทดลองซ้ำ เช่นเดียวกับ สารละลายที่ยังไม่ได้ผ่านการรีฟลักซ์



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

4.1 การหาปริมาณ anionic – active matter ในสารละลายตัวอย่าง ด้วยวิธีมาตรฐานสากล ISO 2271 – 1972 ( E ) [2]

4.1.1 การหาความบริสุทธิ์ของ sodium lauryl sulphate

ครั้งที่ 1 น้ำหนักของ sodium lauryl sulphate 5.1205 กรัม

ครั้งที่ 2 น้ำหนักของ sodium lauryl sulphate 5.1282 กรัม

ครั้งที่ 3 น้ำหนักของ sodium lauryl sulphate 5.1436 กรัม

ตารางที่ 2 ผลการไทเทรต sodium lauryl sulphate กับสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.91 M ( ภาคผนวก ข.)

ครั้งที่	ปริมาตรของ NaOH ( ml )			ความบริสุทธิ์ของ sodium lauryl sulphate ( % w / w )
	เริ่มต้น	จุดยุติ	ใช้ไป	
1	0.00	41.50	41.50	91.08
2	0.00	40.80	40.80	87.36
3	0.00	42.00	42.00	93.22
เบลงค์	0.00	23.73	23.73	-

จากการไทเทรต sodium lauryl sulphate กับสารละลายมาตรฐาน NaOH พบว่า sodium lauryl sulphate มีความบริสุทธิ์เฉลี่ย 90.55 % w / w

4.1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน sodium lauryl sulphate

ชั่ง sodium lauryl sulphate 1.1407 กรัม

$$T_2 = \frac{[m_2 \times \text{purity} (\%)]}{288.4 \times 100}$$

$$= \frac{[1.1407 \times 90.55]}{288.4 \times 100}$$

ความเข้มข้นของสารละลาย sodium lauryl sulphate = 0.0036 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.3 การเทียบมาตรฐานสารละลาย benzethonium chloride

จากการนำสารละลาย benzethonium chloride มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน soduim lauryl sulphate ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเทียบมาตรฐานสารละลาย benzethonium chloride กับสารละลายมาตรฐาน soduim lauryl sulphate

ครั้งที่	ปริมาตร benzethonium chloride ( ml )			ความเข้มข้นที่แน่นอนของ benzethonium chloride ( M )
	เริ่มต้น	จุดยุติ	ใช้ไป	
1	1.00	24.40	23.40	0.0038
2	1.00	24.00	23.00	0.0039
3	1.00	24.10	23.10	0.0037
4	1.00	24.55	23.55	0.0038

จากการเทียบมาตรฐานสารละลาย benzethonium chloride กับสารละลายมาตรฐาน soduim lauryl sulphate พบว่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย benzethonium chloride = 0.0038 M

#### 4.1.4 การทดสอบสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบโดยวิธี two – phase titration (ISO 2271 – 1972 (E ))

ทำการเตรียมสารละลายผสมประกอบด้วย

sodium lauryl ether sulphate 6.96 % w / w

sodium alkyl benzyl sulfonate 8.61 % w / w

จากการทดสอบสารละลายผสมโดยวิธี two – phase titration ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมที่วิเคราะห์  
ได้โดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส

ครั้งที่	ปริมาตรของ benzethonium chloride ( ml )			ปริมาณสาร ( % w / w )	
	ก่อนรีฟลักซ์	หลังรีฟลักซ์	ที่นำไป	Sodium lauryl sulphate	Sodium alkyl benzyl sulfonate
1	27.00	15.30	11.70	6.78	8.09
2	16.95	15.30	11.65	6.75	8.09
3	27.00	15.20	11.85	6.48	8.03
			เฉลี่ย	6.67 ± 0.13	8.07 ± 0.03
			ความผิดพลาด	- 4.17%	- 6.28%

จากการทดสอบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมที่วิเคราะห์  
ได้โดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟสพบว่ามีปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate อยู่  
6.67 % w / w และ sodium alkyl benzyl sulfonate อยู่ 8.07 % w / w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การหาปริมาณ anionic – active matter ในสารละลายผสม โดยวิธี โพเทนซีโอเมตริกไทเทรชัน ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino

4.2.1 การทดสอบปริมาตรของสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาตรที่มีผลต่อการวิเคราะห์ ( titrand ที่ใช้ทดสอบคือ สารละลาย sodium lauryl sulphate ) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบปริมาตรของ sodium lauryl sulphate

ปริมาตร (ml)	ครั้งที่	จุดยุติ (ml)	ความเข้มข้นที่คำนวณได้ (M)	เฉลี่ย
5	1	5.051	0.0036	0.0036
	2	5.051	0.0036	
	3	5.073	0.0036	
10	1	9.995	0.0036	0.0036
	2	9.984	0.0036	
	3	9.989	0.0036	
20	1	20.111	0.0036	0.0036
	2	20.031	0.0036	
	3	20.295	0.0036	
25	1	24.791	0.0036	0.0036
	2	24.880	0.0036	
	3	24.970	0.0036	
30	1	29.644	0.0036	0.0036
	2	29.636	0.0036	
	3	29.699	0.0036	
40	1	40.894	0.0036	0.0036
	2	40.057	0.0036	
	3	40.363	0.0036	

4.2.2 การทดสอบสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมโดยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e [4] ( ผลการทดลองดังรูปที่ 3 , 4 ภาคผนวก ค. )

จากการทดสอบสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมโดยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e [4] ได้ผลดังตารางที่ 6  
ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบโดยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e

ครั้งที่	ปริมาตรของ benzethonium chloride ( ml )			ปริมาณสาร ( % w / w )	
	ก่อนรีฟลักซ์	หลังรีฟลักซ์	ที่ใช้ไป	Sodium lauryl sulphate	Sodium alkyl benzyl sulfonate
1	23.25	12.49	10.76	6.94	7.35
2	23.18	11.85	11.33	7.31	6.93
3	23.44	13.71	9.73	6.27	8.07
			เฉลี่ย	6.84 ± 0.43	7.45 ± 0.47
			ความผิดพลาด	- 1.72%	- 13.47%

จากการทดสอบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีโดยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e พบว่ามีปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate อยู่ 6.84 % w / w และ sodium alkyl benzyl sulfonate อยู่ 7.45 % w / w

4.2.3 การทดสอบสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมโดยวิธี ASTM D 6173 – 97 [3] ( ผลการทดลองดังรูปที่ 6 , 7 ภาคผนวก ง. )

จากผลการทดสอบสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบโดยวิธี ASTM D 6173 – 97 ได้ผลดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบโดยวิธี ASTM D 6173 – 97

ครั้งที่	ปริมาตรของ benzethonium chloride ( ml )			ปริมาณสาร ( % w / w )	
	ก่อนรีฟลักซ์	หลังรีฟลักซ์	ที่ใช้ไป	Sodium lauryl sulphate	Sodium alkyl benzyl sulfonate
1	27.14	14.26	12.88	7.07	6.94
2	27.43	14.41	13.02	7.15	7.02
3	27.48	14.35	13.13	7.21	7.18
			เฉลี่ย	7.14 ± 0.23	7.05 ± 0.33
			ความผิดพลาด	2.52%	- 18.12%

จากการทดสอบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในสารละลายผสมที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีโดยวิธี ASTM D 6173 - 97 พบว่ามีปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate อยู่ 7.14 % w/w และ sodium alkyl benzyl sulfonate อยู่ 7.05 % w/w

#### 4.3 การหาปริมาณ anionic – active matter ในน้ำทิ้ง โดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส ( two – phase titration )

จากการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้งโดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟสได้ผลการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง ด้วยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส

ครั้งที่	ปริมาตรของ benzethonium chloride ( ml )			ปริมาณสาร ( mol / l )	
	ก่อนรีฟลักซ์	หลังรีฟลักซ์	ที่ใช้ไป	hydrolysed	Non - hydrolysed
1	1.95	1.95	0.00	0.00	2.81 X 10 <sup>-4</sup>
2	1.90	1.90	0.00	0.00	2.74 X 10 <sup>-4</sup>
3	2.00	2.00	0.00	0.00	2.88 X 10 <sup>-4</sup>
				เฉลี่ย	2.81 X 10 <sup>-4</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้งโดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟสพบว่าในน้ำทิ้งไม่มีสารประเภทที่สามารถถูก hydrolysed ได้ แต่มีเฉพาะสารประเภท non – hydrolysed  $2.81 \times 10^{-4}$  mol / l



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบในน้ำทิ้ง โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ทั้งสาม คือ เทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟส (two – phase titration) เทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันโดยใช้เมทานอล กับสารละลายบัพเฟอร์พีเอช 3 (Appllication Bulletin No. 268 / 1e) และเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันแบบที่ใช้ Titron X – 100 กับสารละลายบัพเฟอร์พีเอช 4( ASTM D 6173 – 97) จากการทดลองพบว่า เทคนิคแต่ละเทคนิคมีความสามารถในการวิเคราะห์สารได้แตกต่างกันไป ซึ่งผลการทดลองเป็นดังตารางต่อไปนี้

สารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ คือสารผสมระหว่าง

Sodium lauryl ether sulphate	6.97%
Sodium alkyl benzyl sulfonate	8.61%

ตารางที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของวิธีการวิเคราะห์ วิธีต่างๆ

เทคนิคการวิเคราะห์	ปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้ ( % w / w )		ค่าความผิดพลาด ( % )	
	hydrolysed	Non - hydrolysed	hydrolysed	Non - hydrolysed
Two – phase titration	6.67	8.07	- 4.17	- 6.28
Appllication Bulletin No. 268 / 1 e	6.84	7.45	- 1.72	- 13.47
ASTM D 6173 - 97	7.14	7.05	2.52	- 18.12

จากการทดลองจะเห็นว่าเทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟส สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ไม่ถูก hydrolysed ได้ดีพิจารณาจากค่าความผิดพลาด - 6.28% ส่วนเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันด้วยวิธี Appllication Bulletin No. 268 / 1 e สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบที่ถูก hydrolysed ได้ดี ซึ่งมีค่าความผิดพลาด - 1.72% ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งจึงใช้วิธีการไทเทรตแบบสองเฟสเนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความผิดพลาดน้อย

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ผ่านขั้นตอนการล้างลูกกอล์ฟด้วยผงซักฟอกชนิดหนึ่งพบว่า ในขั้นแรกของการวิเคราะห์แบบหยาดๆ ในน้ำทิ้งมีเพียงสารลดแรงตึงผิวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดประจุลบที่ไม่ถูก hydrolysed ประปนอยู่ ดังนั้นจึงเลือกวิธีวิเคราะห์โดยเทคนิค การไทเทรตแบบสองเฟส พบว่า ในน้ำทิ้งจากสนามกอล์ฟมีปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบเท่ากับ  $2.81 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$

ส่วนการทดสอบปริมาตรของ sodium lauryl sulphate ที่ใช้วิเคราะห์โดยเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ sodium lauryl sulphate ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์โดยเทคนิคโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino

จากการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate และ sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคต่าง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ดังตารางที่ 10

sodium lauryl ether sulphate ที่เตรียมไว้ = 6.96 %w/w (ค่ามาตรฐาน)

sodium alkyl benzyl sulfonate ที่เตรียมไว้ = 8.61 %w/w (ค่ามาตรฐาน)

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคต่างๆ

เทคนิค	ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้เทียบกับค่ามาตรฐาน	
	sodium lauryl ether sulphate	sodium alkyl benzyl sulfonate
Two – phase titration	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน
Application Bulletin No. 268 / 1 e	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน
ASTM D 6173 - 97	ไม่แตกต่างกัน	ไม่แตกต่างกัน

จากการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคต่างๆพบว่า ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคทั้ง 3 ให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ด้วยเทคนิคทั้ง 3 พบว่า ให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้เช่นกัน

จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคทั้ง 3 ที่ใช้ในการหาปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate และ sodium alkyl benzyl sulfonate พบว่าให้ผลการเอกสารถัดลงที่ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการปรับเทียบเครื่อง Autotitrator ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์พีเอช 4 และ 7 ทุกครั้งก่อนทำการทดลอง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากเครื่องที่ใช้
2. ควรมีการติดตามผลสารเคมีที่บรรจุอยู่ใน exchange unit ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนสารเคมีเนื่องจากป้องกันการใช้สารเคมีผิดพลาด
3. ควรทำการรีนส์ high sense surfactant electrode ด้วยเมทานอล กับ สารละลาย sodium lauryl sulphate เมื่อทำการทดลองไปสักระยะหนึ่ง โดยการจุ่มอิเล็กโทรด ในเมทานอลสักพัก แล้วล้างน้ำกลั่นให้สะอาด จากนั้นนำมาจุ่มในสารละลาย sodium lauryl sulphate สักครู่หนึ่ง แล้วค่อยนำไปทดลองต่อ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดจาก electrode ได้
4. ควรนำน้ำทิ้งมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทั้ง 3 เทคนิค เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลอง
5. ควรทำการทดสอบค่าพีเอช ของสารละลายขณะทำการทดลองทุกครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. Cullum D.C.C ,1994. Introduction to Surfactant Analysis. England: Blackie Academic & Professional.
2. International Standard ISO 2271-1972 (E). Surface active agents-Detergents-Determination of anionic-active-matter (direct two-phase titration procedure)
3. ASTM Designational: D 6173-97. Standard Test Method for Determination of Various Anionic Surfactant Actives by Potentiometric Titration
4. Metrohm, Ltd. Applcation Bulletin No. 268/1 e. Switzerland.
5. [www.google.com](http://www.google.com) ( <http://www.sanitarysupplyco.com/m74610275.txt> )
6. [www.Metrohm.com](http://www.metrohm.com) ( <http://www.metrohm.ch/docs/cat/electrode/drowings/60507120.gif> )
7. International Standard ISO 2870-1986 (E). Surface active agents-Detergents-Determination of anionic-active-matter hydrolyzable and non-hydrolyzable under acid conditions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. คณิตา ตั้งคณานุรักษ์, 2542. เคมีไฟฟ้าวิเคราะห์. โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
2. ชมพูนุท ไชยรักษ์, มปป. เอกสารประกอบการสอน วิชา การวิจัยทางสิ่งแวดล้อม. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
3. เพ็ญศรี ทองนพเนื้อ, 2542. เคมีวิเคราะห์ไฟฟ้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
4. วรรัตน์ เรื่องรัตนเมธี,มปป. เอกสารประกอบการสอนวิชา สถิติวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. สุจิตรา สุคนธบัณฑิต,มปป. เอกสารประกอบการสอนวิชา สถิติเบื้องต้น. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล,รศ.2536. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. คณะวิทยาศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
7. ASTM Designational: D1681-92 (Reapproved 1997). Standard Test Method for Active Matter in Anionic Active Ingradient in Detergents by Cationic Titration Procedure.
8. ASTM Designational: D 4251-89 (Reapproved 1995). Standard Test Method for Active Matter in Anionic Surfactants by Potentiometric Titration.
9. Drew Myers. Surfactant Science and Technology. New York: VCH Publishers, Inc, 1998
10. Sisley J.P., Ch.E. Encyclopedia of Surface – Active Agent , New York : Chemical Publishing Co.,Inc.
11. Metrohm, Ltd. Application Bulletin No. 230/1 e. Switzerland.
12. Metrohm, Ltd. Application Bulletin No. 233/2 e.Switzerland.
13. Metrohm, Ltd. . Application Bulletin No. 269/2 e. Switzerland.
14. Michael and Irere Ash . The Condensed Encyclopedia of Surfactants, New york : Chemical Publishing Co ., Inc.
15. Porter M.R.. Recent Developments in the Analysis of Surfactants, London and New York : Published for Science.
- 16.Reiner Schulz,1994. Determination of Ionic Surfactants in Cosmetic Products. Switzerland.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การใช้เครื่อง 716

1. นำสารเคมีที่เป็นตัวไทเทรตใส่ลงในส่วนที่เรียกว่า Exchange Unit นำส่วนที่เป็น Exchange Unit ไปวางไว้บนเครื่อง 716 ให้ใบพัดที่อยู่บน Exchange Unit พัดกลับไปกลับมา
2. กดปุ่ม DOS ค้างไว้จนกว่าหน้าจอขึ้น cylinder empty กดปุ่ม stop/fill สารเคมีที่อยู่ในขวดก็จะไหลลงกระบอกสูบ (ช่วงนี้อาจปรับปุ่ม  $dv/dt$  ให้อยู่ที่เลขน้อยๆ ก็ได้เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ) ทำซ้ำจนกว่าสารเคมีเต็มกระบอกสูบ
3. Mode ที่ใช้งาน
  - DET (Dynamic Endpoint Titration) ไทเทรตโดยหาจุดยุติด้วยวิธีไดนามิกส์ คือ การไทเทรตจะช้าลงอย่างอัตโนมัติเมื่อใกล้จุดยุติ
  - MET (Monotic Endpoint Titration) ไทเทรตด้วยปริมาณการเติมที่คงที่ในการหาจุดยุติตลอดการไทเทรต
  - SET (Set Endpoint Titration) ไทเทรตโดยกำหนดจุดยุติไว้
  - MEAS จะทำหน้าที่เป็น Meter สำหรับการวัด pH / mv / Temperature
  - CAL ใช้สำหรับการ Calibrate ค่า pH
4. เลือก Mode ที่จะใช้งานให้เหมาะสมโดยการกดปุ่ม mode หน้าจอตรงบรรทัดกลางจะขึ้น mode ที่ จะทำการไทเทรต ถ้าไม่ต้องการให้กด mode ซ้ำ mode ใหม่ก็ขึ้นมา ถ้าพบ Mode ที่จะทำการ ไทเทรตตามที่ต้องการกด enter จากนั้นให้เลือก Function ในการวัดของเครื่องโดยกด select เพื่อ เลือกว่าจะเป็น pH หรือ U กด enter ↵ เพื่อให้เครื่องรับ Mode ที่เรากำหนด
5. การตั้ง Parameter สำหรับ Mode DET กับ MET
 

กดปุ่ม Parameters หน้าจอขึ้น > titration parameter กด enter ↵

  - หน้าจอขึ้น meas pt. Density เป็นช่วงความหนาแน่นที่ใช้ในการวัดให้ป้อน 4 enter ↵
  - หน้าจอขึ้น min. incr เป็น ml ต่ำสุดที่ใช้ในการไทเทรต ป้อนตัวเลข  $\mu$  enter ↵
  - หน้าจอขึ้น titr. Rate เป็น rate ที่ใช้ในการไทเทรตป้อนตัวเลขหรือ max enter ↵
  - หน้าจอขึ้น signal drift กระแสคงที่ที่  $mv$  ก่อนที่จะไทเทรตต่อป้อน 50 mv enter ↵
  - หน้าจอขึ้น equilibr. Time เวลาที่จะให้แต่ละหยดห่างกันกี่วินาที ป้อนตัวเลขตามต้องการ (โดยทั่วไปจะตั้งไว้ 26 S) enter ↵
  - หน้าจอขึ้น start V OFF ในกรณีที่ไม่ add volume (ถ้าต้องการที่จะ add ml ก่อนทำการ ไทเทรตกด select) หน้าจอขึ้น absolute กด enter ↵
  - หน้าจอขึ้น start V ป้อน ml ที่จะ add ก่อนการไทเทรต กด enter ↵
  - หน้าจอขึ้น dos rate rate ที่จะ start V เป็น max กด enter ↵

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้ใช้ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าจอขึ้น pause เป็นเวลาที่รอให้ stirrer ทำงานก่อนทำการไทเทรต ป้อนตัวเลข .. S เป็นวินาที enter↵
- หน้าจอขึ้น meas input เป็น input ที่เสียบ electrode กด select เพื่อเลือก 1, 2, diff กด enter↵
- หน้าจอขึ้น temperature 25°C กด enter↵

หน้าจอขึ้น > stop conditions enter↵

- หน้าจอขึ้น stop V abs กด enter↵
- หน้าจอขึ้น stop V ป้อนค่า ml กด enter↵
- หน้าจอขึ้น stop pH ถ้าต้องการตั้งจุด end point ที่ pH ป้อนค่า pH ถ้าไม่ต้องการให้เลือก off กด enter↵
- หน้าจอขึ้น stop EP ป้อนจุด end point ที่จะสั่งให้เครื่องหยุดเมื่อเจอ end point (ตั้งค่าได้ 1 ถึง 9) กด enter↵

หน้าจอขึ้น > statistics กด enter↵

- หน้าจอขึ้น status ถ้าต้องการหาค่าเฉลี่ย กด select เลือก on ถ้าไม่ต้องการหาค่าเฉลี่ย เลือก off ถ้าเลือก on กด enter↵
- หน้าจอขึ้น mean n= ป้อนตัวเลขที่จะทำซ้ำ กด enter↵
- หน้าจอขึ้น res. Tab เลือก original ต้องการให้นำค่าเฉลี่ยทุกค่าที่ทำซ้ำกด enter↵

หน้าจอขึ้น > evaluation กด enter↵

- หน้าจอขึ้น EPC ค่ามาตรฐานของจุดยุติ อยู่ในช่วง 5...30 ให้ป้อนตัวเลข กด enter↵
- หน้าจอขึ้น EP recognition การสั่ง print กราฟ จะมีกราฟให้เลือก all, greatest last, window, OFF โดยการกด select เมื่อเลือก กด enter↵
- หน้าจอขึ้น fix EP<sub>1</sub> at ... กด enter↵
- หน้าจอขึ้น pK / HNP กด enter↵

หน้าจอขึ้น > preselections กด enter↵

- หน้าจอขึ้น req. Ident การตั้งชื่อของ Sample โดยการเลือก id, id1& 2 all, OFF กด enter↵
- หน้าจอขึ้น req. Smpl size เป็นการป้อนน้ำหนักและหน่วยของ sample หลังจากที่เกิด start แล้ว โดยการกด select เพื่อเลือก value, unit, all off กด enter↵
- หน้าจอขึ้น activate pulse OFF กด enter↵

## 6. การตั้ง parameter สำหรับ Mode Set

เอกสารนี้ กด parameter หน้าจอขึ้น > SET 1 กด enter↵ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าจอขึ้น EP at pH ป้อนค่า pH ที่ต้องการให้เป็นจุดยุติ กด enter↵
- หน้าจอขึ้น dynamics OFF กด enter↵
- หน้าจอขึ้น max rate อัตราสูงสุดที่ใช้ในการไทเทรต max กด enter↵
- หน้าจอขึ้น min rate อัตราสุดที่ใช้ในการไทเทรต  $\mu\text{L}/\text{min}$  กด enter↵
- หน้าจอขึ้น Stop crit กด select เพื่อเลือกมาตรฐานในการ stop มี drift, time กด enter↵

หน้าจอขึ้น > SET 2 กด enter↵

- หน้าจอขึ้น EP at pH ถ้าต้องการกำหนดจุดยุติ 2 จุดก็ให้ป้อนค่าของ endpoint ที่ 2 กด enter↵ (parameter จะเหมือนกับข้างบน)

หมายเหตุ parameter ที่เหลือจะเหมือนกับ mode DET

## 7. การตั้ง parameter สำหรับ Mode CAL

กด parameter หน้าจอขึ้น > Calibration parameter กด enter↵

- หน้าจอขึ้น meas. Input 1 electrode เลือกอยู่ที่ input อะไร (1, 2, diff) กด enter↵
- หน้าจอขึ้น cal. Tamp  $25^{\circ}\text{C}$  ทำการ Calibration ที่อุณหภูมิเท่าไร ป้อนตัวเลข กด enter↵
- หน้าจอขึ้น buffer 1 pH ... ให้ป้อนค่าของบัฟเฟอร์ที่จะทำการ Cal ในจุดแรก กด enter↵
- หน้าจอขึ้น buffer 2 pH ... ให้ป้อนค่าของบัฟเฟอร์ที่จะทำการ Cal ในจุดที่สอง กด enter↵
- หน้าจอขึ้น buffer 3 pH non กด enter↵
- หน้าจอขึ้น Signal drift  $2\text{ mV}/\text{min}$  กด enter↵
- หน้าจอขึ้น equilibr time 110S กด enter↵
- หน้าจอขึ้น electr id ชนิดของอิเล็กโทรด กด enter↵
- หน้าจอขึ้น Sample changer cal : OFF กด enter↵
- หน้าจอขึ้น activate pulse : OFF กด enter↵
- หน้าจอขึ้น > statistics OFF กด enter↵

## 8. การสร้างสูตร

กด 

2
de

 หน้าจอขึ้น > formula กด enter↵

- หน้าจอขึ้น RS? Result ที่เท่าไรให้ป้อนตัวเลข 1...9 กด enter↵

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$EP_1$  = ml ที่ใช้ไปจนถึง endpoint ที่ 1

CO1...CO2 = ค่าคงที่ต่างๆ

CO0 = น้ำหนักของสารตัวอย่าง

\* = เครื่องหมายคูณ

/ = เครื่องหมายหาร

เมื่อสร้างสูตรเสร็จเรียบร้อยแล้ว กด enter ↵

- หน้าจอขึ้น RS 1 text RS 1 ให้ป้อนชื่อของสูตร โดยกด  หรือ  ค้างไว้ตัวหนังสือจะวิ่ง

ถ้าต้องการตัวอักษรใด ให้กด enter ↵ และถ้าต้องการตัวอักษรตัวต่อไป กด  ตัวอักษรก็จะเลื่อน

ถ้าต้องการ กด enter ↵ ทำซ้ำแบบนี้จนครบตามจำนวนตัวอักษรที่ต้องการ กด QUIT เพื่อให้เหลือแต่ชื่อที่ต้องการ กด enter ↵

- หน้าจอขึ้น RS 1 decimal places ให้ป้อนตัวเลขที่ต้องการเป็นจุดทศนิยม กด enter ↵
- หน้าจอขึ้น RS 1 Unit กด Select เพื่อเลือกหน่วย กด enter ↵
- หน้าจอขึ้น RS? หมายถึง ถ้าต้องการสร้างสูตรที่ใช้ในการคำนวณสูตรที่ 2 ให้ป้อนหมายเลข (ทำตามขั้นตอนเดียวกับการสร้างสูตรที่ 1) กด Quit 2 ครั้ง

9. กด  ซ้ำ 2 ครั้ง หน้าจอขึ้น > report กด enter ↵ หน้าจอขึ้น report : กด select เพื่อเลือก def report ถ้าต้องการ report 2 อย่างให้กด Select เลือกอย่างที่ 1 ตามด้วยเครื่องหมาย ; และกด select เลือกตัวที่ 2 ตามต้องการ กด enter ↵ กด Quit ซ้ำ 2 ครั้ง

#### 10. การป้อนค่าคงที่ (CO1...CO9)

กด  หน้าจอขึ้น  ให้ป้อนตัวเลข กด enter ↵ ป้อนค่าคงที่จนครบ กด enter ↵

#### 11. การเก็บ Method

กด  user meth หน้าจอขึ้น > store method กด enter ↵ < . ;

- หน้าจอขึ้น method name : ให้ป้อนชื่อของ method โดยกด reports หรือ -7 ตัว

Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรขึ้นที่หน้าจอจะวิ่งเลือกตัวอักษร กด enter↵ ทำซ้ำแบบนี้จนเลือกตัวอักษรครบตามต้องการ กด enter↵

- หน้าจอขึ้น Mode ที่เลือก และชื่อของ method

## 12. การใช้งาน

3

กด user meth หน้าจอขึ้น > store method กด enter↵

- หน้าจอขึ้น method name : กด select จนกว่าจะพบชื่อของ method ที่ต้องการ กด enter↵

13. เตรียม sample ให้พร้อมก่อนจะทำการไทเทรต เลือก electrode ให้เหมาะสมกับงานที่จะไทเทรต กด start



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การคำนวณของเทคนิคการไทเทรตแบบสองเฟส( ISO 2271 – 1972 ( E ))

### 1.1 การคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH

ชั่ง KHP มา 21.112 กรัม

$$M = \frac{21.112 \times 1000}{204.23 \times 100}$$

$$\text{ความเข้มข้นของ KHP} = 0.88 \text{ M}$$

นำสารละลาย NaOH ไปไทเทรตกับสารละลาย KHP ได้ผลการทดลองดังตาราง

ตารางที่ 11 แสดงผลการไทเทรตสารละลาย NaOH กับสารละลายมาตรฐาน KHP

ครั้งที่	ปริมาตรของสารละลาย KHP ( ml )		
	เริ่มต้น	ยุติ	ใช้ไป
1	0.00	9.68	9.68
2	0.00	9.66	9.66
3	0.00	9.67	9.67

จากการไทเทรต คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH ได้ดังนี้

$$M = \frac{0.88 \times 10}{9.68}$$

$$\text{ความเข้มข้นของ NaOH} = 0.91 \text{ M}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 0.91$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 0.91$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 0.91$$

$$\text{เฉลี่ย} = 0.91 \text{ M}$$

### 1.2 การคำนวณหาความบริสุทธิ์ของ sodium lauryl sulphate ในหน่วย % w/w

$$\% \text{ w/w} = \frac{28.84 (v_1 - v_0) T_0}{m_1}$$

$v_0$  = ปริมาตร (ml) ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

ที่ใช้ในการทำแบลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$v_1$  = ปริมาตร (ml) ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์  
ในการไทเทรตสารตัวอย่าง

$m_1$  = มวล (g) ของ sodium lauryl sulphate ที่ใช้ทดสอบ

$T_0$  = ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย NaOH

$$\begin{aligned} \% \text{ w/w} &= \frac{28.84 (41.43 - 23.73) 0.91}{5.1308} \\ &= 90.58 \end{aligned}$$

1.3 คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน sodium lauryl sulphate  
ซึ่ง sodium lauryl sulphate มา 1.1407 กรัม

$$\begin{aligned} T_2 &= \frac{m_2 \times \text{purity} (\%)}{288.4 \times 100} \\ M_2 &= \text{มวลในหน่วยกรัมของ sodium lauryl sulphate ที่ใช้} \\ T_2 &= \frac{1.1407 \times 90.58}{288.4 \times 100} \\ &= 0.0036 \text{ M} \end{aligned}$$

1.4 คำนวณ Molarity  $T_1$  ของสารละลาย benzethonium Chloride

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{T_2 \times 25.0}{V_2} \\ T_2 &= \text{โมลาริตีของสารละลาย sodium Lauryl Sulfate} \\ V_2 &= \text{ปริมาตร (ml) ของ benzethonium chloride ที่ใช้ไป} \\ T_1 &= \frac{0.0036 \times 25.0}{23.51} \\ &= 0.0038 \text{ M} \end{aligned}$$

1.5 เตรียมสารละลายตัวอย่าง 500 ml

ซึ่งสาร Sodium Alkyl Benzene Sulfonate = 50.0903 g

ซึ่งสาร Sodium Lauryl Ether Sulfate = 50.5346 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้เป็น % W / W

โดยการหาความหนาแน่นของสารละลายตัวอย่าง ด้วย viscometer ขนาด 10 ml

น้ำหนักของสารตัวอย่างครั้งที่ 1 = 10.2312 กรัม

น้ำหนักของสารตัวอย่างครั้งที่ 2 = 10.1959 กรัม

น้ำหนักของสารตัวอย่างครั้งที่ 3 = 10.3071 กรัม

ปริมาตรสารตัวอย่าง 10 ml มีน้ำหนัก 10.2312 กรัม

ปริมาตรสารตัวอย่าง 500 ml มีน้ำหนัก ( 10.2312 x 500 )

10

= 511.56 กรัม

ครั้งที่ 1 = 511.56 กรัม

ครั้งที่ 2 = 509.80 กรัม

ครั้งที่ 3 = 515.36 กรัม

$X = 512.24 \pm 2.84$

ดังนั้น

- มี Sodium Alkyl Benzene Sulfonate

$$= 50.0903 \times \left[ \frac{88}{100} \right] \times \left[ \frac{100}{512.24} \right]$$

= 8.61% w / w

- มี Sodium Lauryl Ether Sulfate

$$= 50.5346 \times \left[ \frac{70.6}{100} \right] \times \left[ \frac{100}{512.24} \right]$$

= 6.96 % w / w

∴ ในสารละลายผสมมี Sodium Alkyl Benzene Sulfonate = 8.61 % w / w

Sodium Lauryl Ether Sulfate = 6.96 % w / w

Total = 15.57 % w / w

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 การคำนวณผลการทดลอง

### 1.6.1 hydrolyzable

$$\% w/w = \frac{[(v_0 - v_1) \times C \times M r_1 \times 4]}{m}$$

เมื่อ  $v_0$  = ปริมาตร Titrant ที่ใช้ในการหา total

$v_1$  = ปริมาตร Titrant ที่ใช้เมื่อสารละลาย reflux เรียบร้อยแล้ว

$c$  = ความเข้มข้นที่แน่นอนของ Titrant

$M r_1$  = มวลโมเลกุล

$m$  = น้ำหนักของสาร

ซึ่งสารละลายตัวอย่างมา 10.0236 กรัม มาเจือจางเป็น 1 ลิตร

$$\% w/w = \frac{[(27.00 - 15.30) \times 0.0038 \times 382 \times 4]}{10.0236}$$

$$= 6.78$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 6.777$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 6.75$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 6.48$$

$$\bar{X} = 6.667\% \pm 0.166$$

$$\% \text{ error} = \frac{[6.67 - 6.96]}{6.96} \times 100$$

$$= -4.17 \%$$

### 1.6.2 Non – hydrolyzable

$$\% w/w = \frac{[v_1 \times C \times M r_2 \times 4]}{m}$$

$$\% w/w = \frac{[15.30 \times 0.0038 \times 348.48 \times 4]}{10.0236}$$

$$= 8.09$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ครั้งที่ } 1 = 8.09$$

$$\text{ครั้งที่ } 2 = 8.09$$

$$\text{ครั้งที่ } 3 = 8.03$$

$$\bar{X} = 8.07\% \pm 0.03$$

$$\% \text{ error} = \frac{[8.07 - 8.61]}{8.61} \times 100$$

$$= -6.28 \%$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. รูปแสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย ขณะทำการไทเทรต



รูปที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อสารละลายถูกเติมอยู่ในขวดเดียวกัน



รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อสารละลายถูกเขย่ารวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อวางสารละลายทิ้งไว้  
 สักพักจะเห็นเป็นชั้นสีชมพู ซึ่งเป็นชั้นของคลอโรฟอร์ม



รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อสารละลายถูกไทเทรตกับ  
 benzethoniumchloride จะเห็นการแยกชั้นของชั้นคลอโรฟอร์มชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

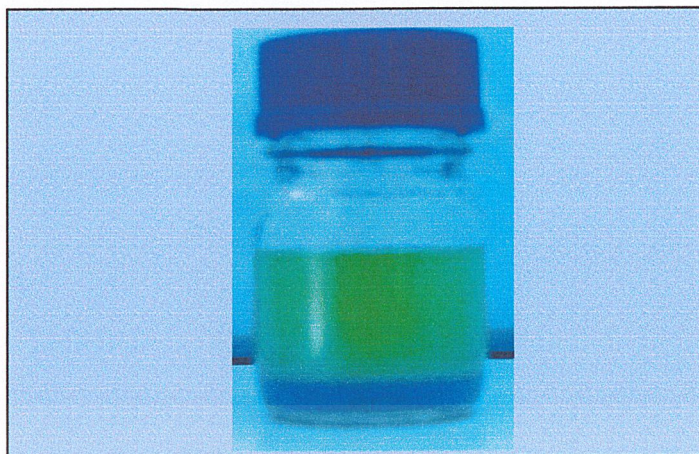


รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ ชั้นสีชมพู จะหายไป



รูปที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย เมื่อถึงจุดยุติ สีของชั้น คลอโรฟอร์มจะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเทาน้ำเงินอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเมื่อเลขจุดยุติไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การคำนวณของวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e ( ของบริษัท metrohm )

### 2.1 Hydrolyzable

$$\begin{aligned} \% w / w &= \frac{[23.250 - 12.491 \times 0.0036 \times 382 \times 4]}{8.528} \\ &= 6.94 \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 6.94$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 7.31$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 6.27$$

$$X = 6.842\% \pm 0.43$$

$$\begin{aligned} \% \text{ error} &= \frac{[6.84 - 6.965]}{6.96} \times 100 \\ &= -1.72 \% \end{aligned}$$

### 2.4 Non - Hydrolyzable

$$\begin{aligned} \% w / w &= \frac{[12.491 \times 0.0036 \times 348.48 \times 4]}{8.528} \\ &= 7.35 \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 7.35$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 6.93$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 8.07$$

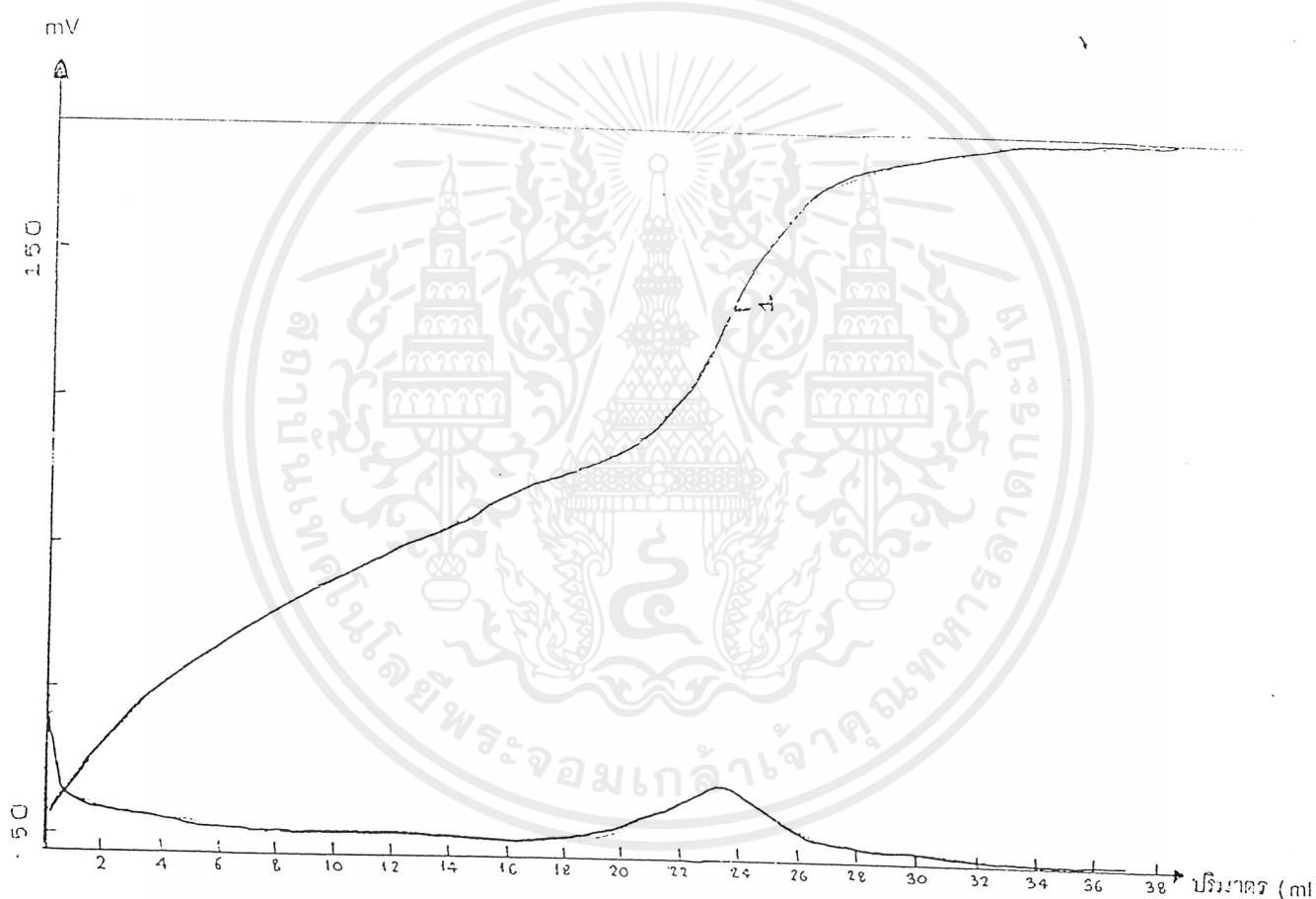
$$X = 7.45\% \pm 0.47$$

$$\begin{aligned} \% \text{ error} &= \frac{[7.45 - 8.61]}{8.61} \times 100 \\ &= -13.47 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No. 268/ 1 e ก่อนการ reflux

716 DMS Titrimo 716.0020  
 date 01 - 11 - 30 Time 05 :02 7  
 U (mit) -43 mV DET U A 2  
 EP 1 23.319 ml 134 mV

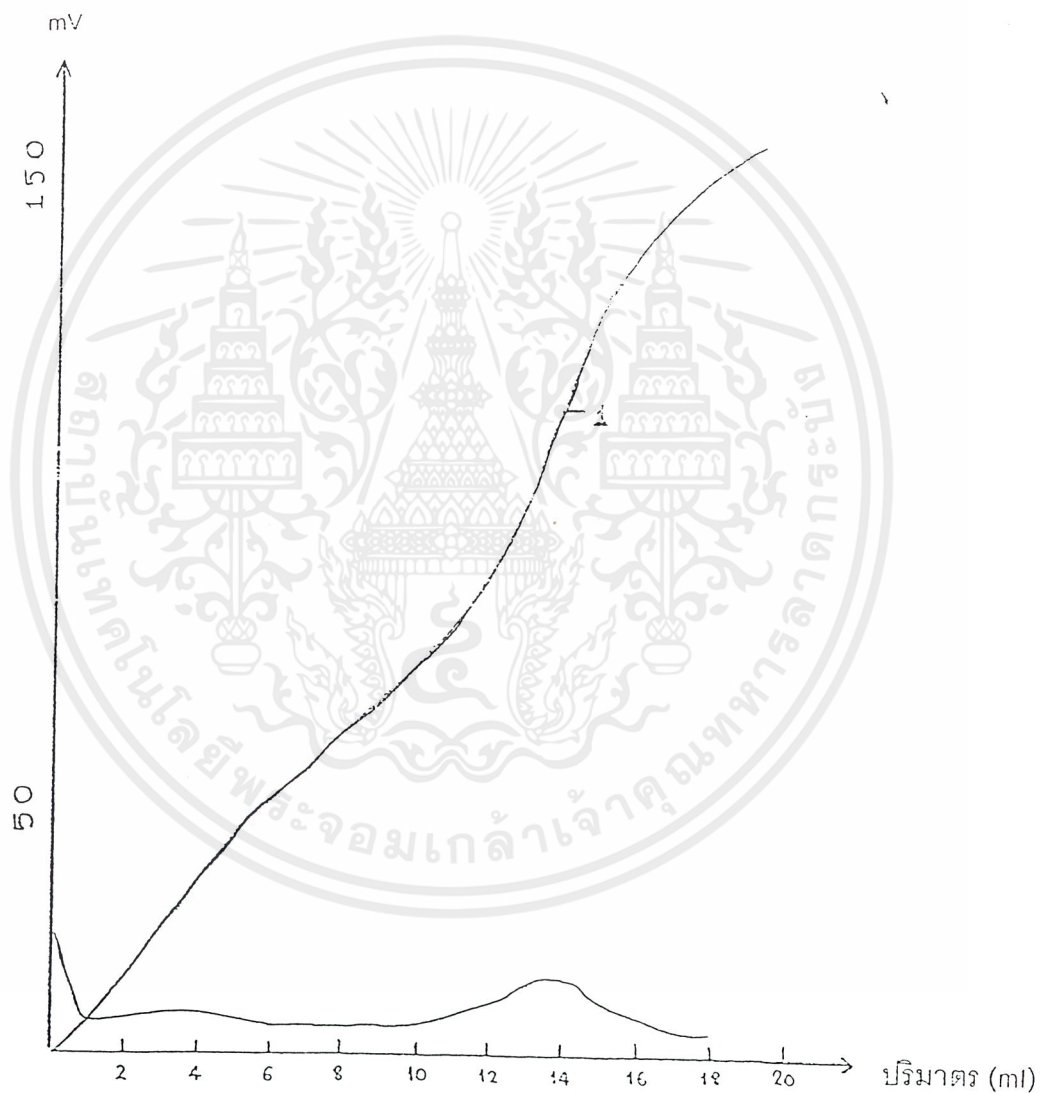


รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No. 268/ 1 e ก่อนการ reflux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No.268/1e หลังการ reflux

716 DMS Titrimo		716.0020	
date 01 - 11 - 29	Time 05 : 12		10
U (init)	38 mV	DET U	A 2
E <sub>1</sub> :	13.702 ml		113 mV



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี Application Bulletin No.268/1e หลังการ reflux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี Application Bulletin No.268/1e

716 DMS Titanc                      716.0020  
 date 01 - 11 - 16      Time 05 :20      7  
 start V      0.0000 ml                      DET pH  
 2.0 ml / div                      dpH=0.1 / div



รูปที่ 5      แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี Application Bulletin No.268/1e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การคำนวณของวิธี ASTM D 6173 – 97

#### 3.1 Hydrolyzable

$$\begin{aligned} \% w / w &= \frac{[ 27.137 - 14.256 \times 0.0036 \times 382 \times 4 ]}{10.0236} \\ &= 7.07 \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 7.07$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 7.15$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 7.21$$

$$X = 7.14\% \pm 0.23$$

$$\begin{aligned} \% \text{ error} &= \frac{[ 7.14 - 6.96 ]}{6.96} \times 100 \\ &= 2.52 \% \end{aligned}$$

#### 3.2 Non – hydrolyzable

$$\begin{aligned} \% w / w &= \frac{14.256 \times 0.0036 \times 348.48 \times 4}{10.0236} \\ &= 6.94 \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 6.94$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 7.02$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 7.18$$

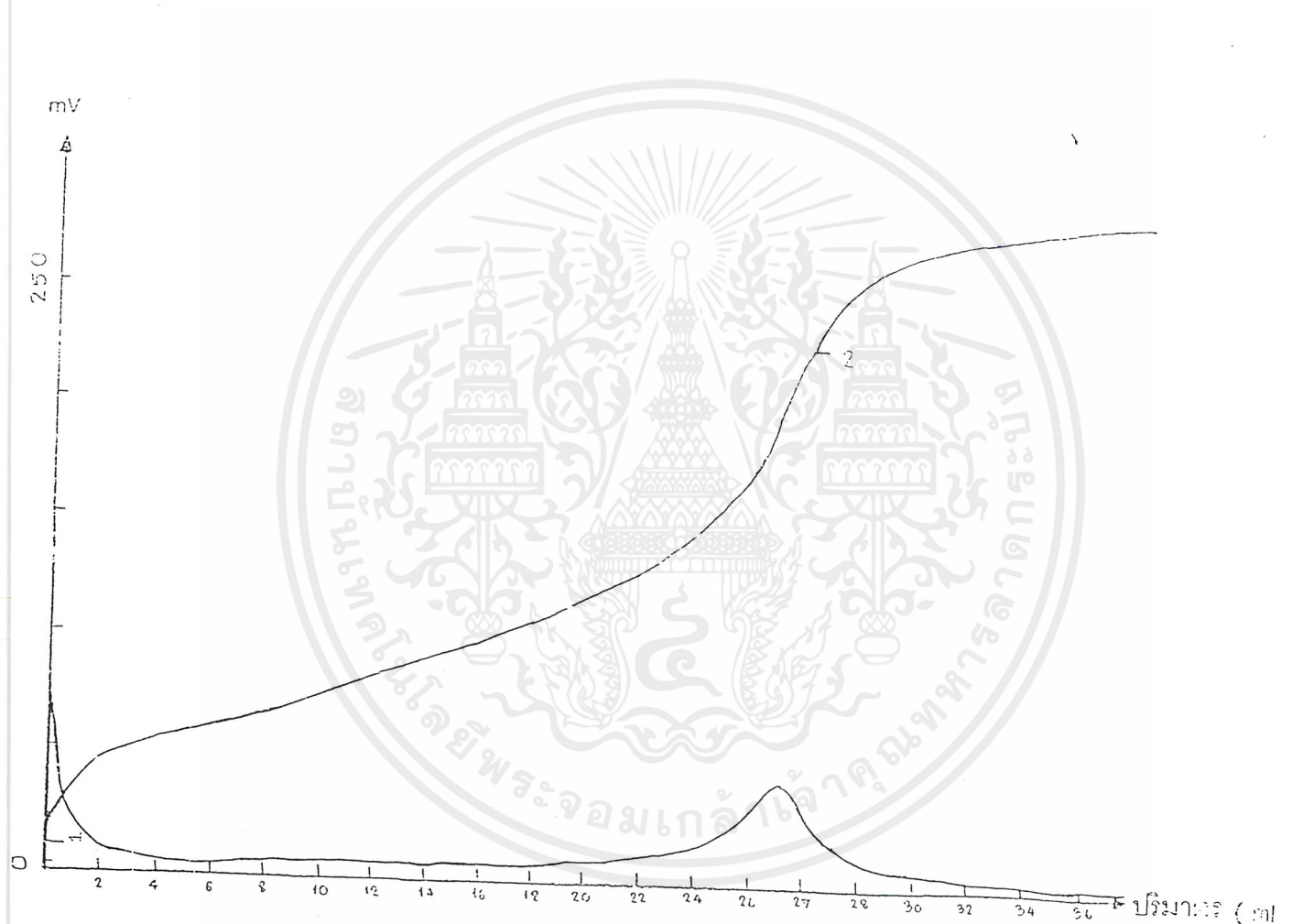
$$X = 7.05\% \pm 0.33$$

$$\begin{aligned} \% \text{ error} &= \frac{[ 7.05 - 8.61 ]}{8.61} \times 100 \\ &= - 18.12 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM 6173-97 ก่อนการ reflux

716 DMS Titrimo	716.0020
date 02 - 03 - 05	Time 01 :27 7
U (init) -16 mV	DET U A 2
EP 2 27.137 ml	211 mV

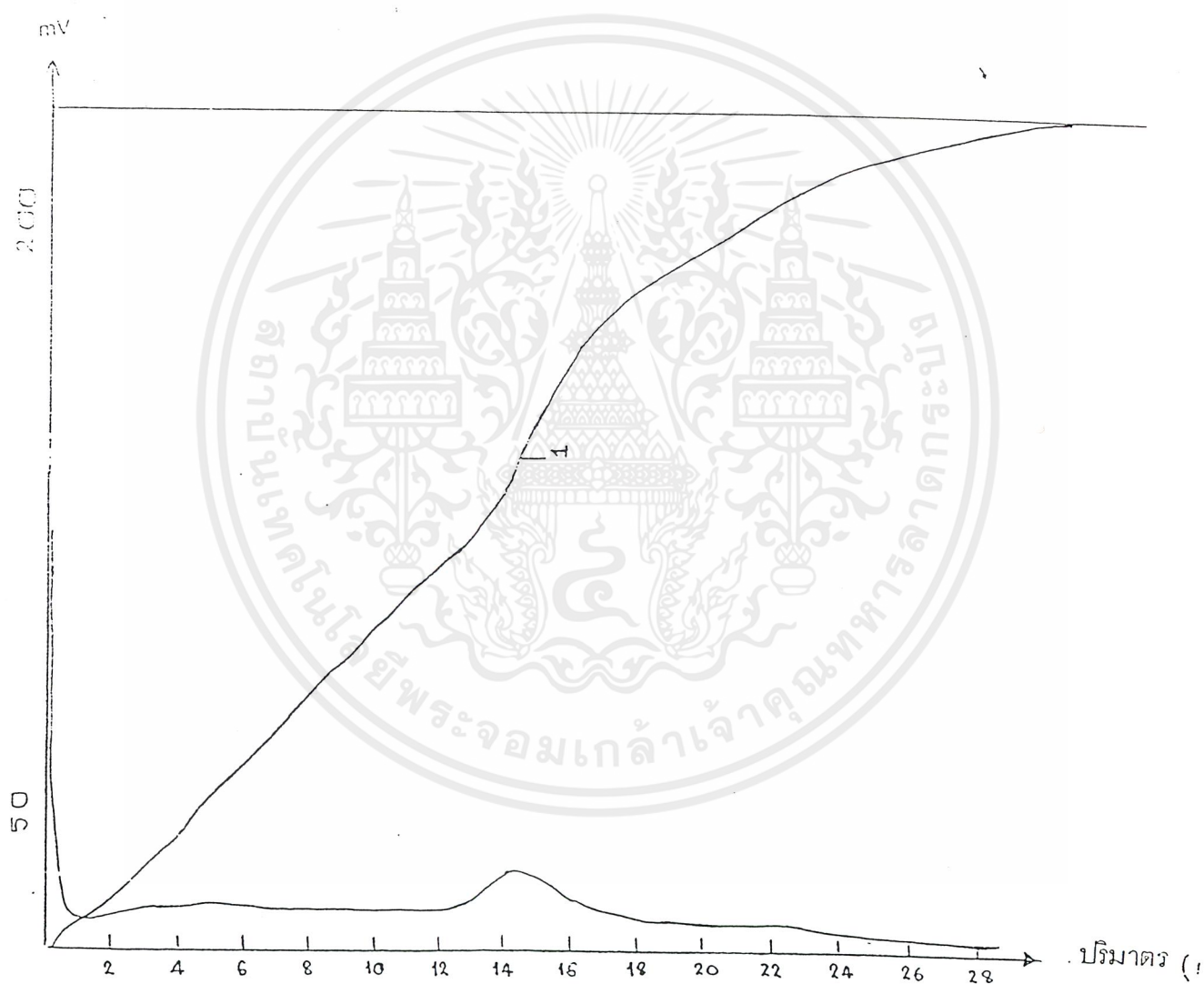


รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM 6173-97 ก่อนการ reflux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM 6173-97 หลังการ reflux

716 DMS Titrimo	716.0020
date 02 - 03 - 05	Time 05 :35 11
U (init) 110 mV	DET U A 2
EP 1 14.255 ml	139 mV

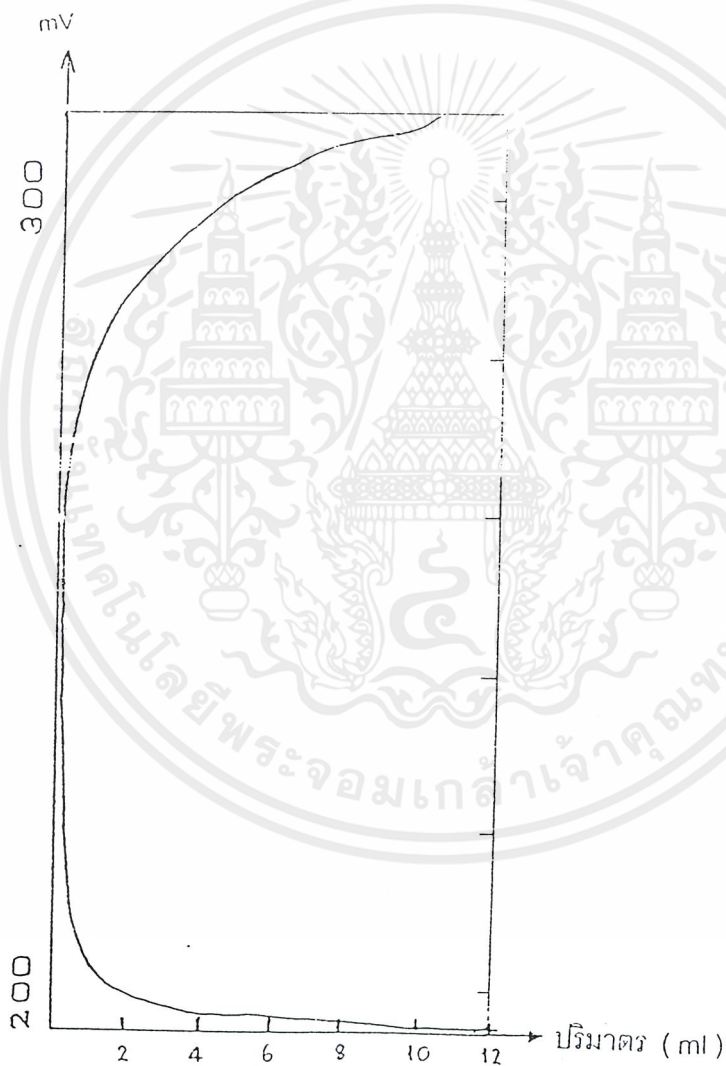


รูปที่ ๗ แสดงตัวอย่างผลการทดลองของวิธี ASTM 6173-97 หลังการ reflux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี ASTM 6173-97

716 DMS Titrimo 716.0020  
 date 02 - 02 - 01 Time 03 :07 3  
 U (init) 177 mV DET U A 2



รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบ blank ของวิธี ASTM 6173-97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคำนวณของการวิเคราะห์หาปริมาณ anionic - active matter ในน้ำทิ้ง  
โดยวิธีการไทเทรตแบบสองเฟส

4.1 Hydrolyzable

$$\begin{aligned} \text{mol/l} &= \frac{(1.95 - 1.95) \times 0.0036}{25} \\ &= 0.00 \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 0.00$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 0.00$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 0.00$$

4.2 Non - hydrolyzable

$$\begin{aligned} \text{mol/l} &= \frac{1.95 \times 0.0036}{25} \\ &= 2.81 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

$$\text{ครั้งที่ 1} = 2.81 \times 10^{-4}$$

$$\text{ครั้งที่ 2} = 2.74 \times 10^{-4}$$

$$\text{ครั้งที่ 3} = 2.88 \times 10^{-4}$$

$$X = 2.81 \times 10^{-4}$$

แสดงว่า ในน้ำทิ้งไม่มี anionic - active matter ชนิด Hydrolyzable



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

sodium lauryl ether sulphate ที่เตรียมไว้ = 6.96 % w/w

สมมติฐาน  $H_0$  : ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้

$H_1$  : ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ที่วิเคราะห์ได้แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้

1 การวิเคราะห์ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ด้วยเทคนิค

two - phase titration สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$6.78 \quad 6.75 \quad 6.48$$

$$n = 3, \bar{X} = 6.67, S = 0.13, \alpha = 0.05$$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ  $T = \frac{X - \mu_0}{S / n^{1/2}}$

$$= \frac{6.68 - 6.96}{0.13 / 3^{1/2}}$$

$$= -2.40$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = -2.40 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

2. เทคนิค potentiometric titration โดยวิธี Application Bulletin No. 268 / 1 e วิเคราะห์ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ได้ดังนี้

$$6.94 \quad 7.31 \quad 6.27$$

$$n = 3, \bar{X} = 6.84, S = 0.43, \alpha = 0.05$$

$$T = -0.48$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = -0.48 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทคนิค potentiometric titration โดยวิธี ASTM D 6173 - 97 วิเคราะห์ปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ได้ดังนี้

$$7.07 \quad 7.15 \quad 7.21$$

$$n = 3, X = 7.14, S = 0.23, \alpha = 0.05$$

$$T = 1.36$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = 1.36 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้โดยเทคนิคต่างๆ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$$\text{sodium alkyl benzyl sulfonate ที่เตรียมไว้} = 8.61\% \text{ w/w}$$

สมมติฐาน  $H_0$  : ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้

$H_1$  : ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้แตกต่างกับปริมาณสารที่เตรียมไว้

1. การวิเคราะห์ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ด้วยเทคนิค two – phase titration สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$8.09 \quad 8.09 \quad 8.03$$

$$n = 3, \bar{X} = 8.07, S = 0.03, \alpha = 0.05$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ } T &= \frac{X - \mu_0}{S / n^{1/2}} \\ &= \frac{8.07 - 8.61}{0.03 / 3^{1/2}} \\ &= -31.17 \end{aligned}$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = -31.17 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เทคนิค potentiometric titration โดยวิธี Applcation Bulletin No. 268 / 1 e วิเคราะห์ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ได้ดังนี้

$$7.35 \quad 6.93 \quad 8.07$$

$$n = 3, X = 7.45, S = 0.47, \alpha = 0.05$$

$$T = -4.27$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = -4.27 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

3. เทคนิค potentiometric titration โดยวิธี ASTM D 6173 – 97 วิเคราะห์ปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ได้ดังนี้

$$6.94 \quad 7.02 \quad 7.08$$

$$n = 3, X = 7.05, S = 0.33, \alpha = 0.05$$

$$T = -8.19$$

$$t_{\alpha, n-1} = t_{0.05, 2} = 2.920$$

$$T_{\text{คำนวณ}} = -8.19 < t_{\text{วิกฤต}} = 2.920 \text{ ดังนั้นจึงยอมรับ } H_0 \text{ ที่ระดับนัยสำคัญ } 0.05$$

ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

$n$  = จำนวนข้อมูล

$X$  = ค่าเฉลี่ย

$S$  = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลทีวิเคราะห์ได้จากเทคนิคทั้ง 3 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Ho : เทคนิคทั้ง 3 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน

Hi : มีเทคนิคการวิเคราะห์อย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน

1. การวิเคราะห์หาปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร sodium lauryl ether sulphate ด้วยเทคนิคต่างๆ ได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงความแตกต่างของข้อมูลของ ปริมาณ sodium lauryl ether sulphate ทีวิเคราะห์ได้จากเทคนิคต่างๆ

เทคนิค					
Two-phase titration	อันดับ	Application Bulletin	อันดับ	ASTM D 6173 - 97	อันดับ
6.78	4	6.94	5	7.07	6
6.75	3	7.31	9	7.15	7
6.48	2	6.27	1	7.21	8
ผลรวมของอันดับ	9	ผลรวมของอันดับ	15	ผลรวมของอันดับ	21

$$\alpha = 0.05, \quad X^2_{(k-1),\alpha} = X^2_{(2,0.05)} = 5.99$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวสถิติทดสอบ } H &= \frac{12}{n(n+1)} \left[ \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n} \right] - 3(n+1) \\ &= \frac{12}{9(10)} \left[ \frac{9^2}{3} + \frac{15^2}{3} + \frac{21^2}{3} \right] - 3(10) \\ &= 3.20 \end{aligned}$$

$3.20 < 5.99$  จึงยอมรับ Ho ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate  
 จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร sodium alkyl benzyl sulfonate ด้วยเทคนิค  
 ต่างๆได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงความแตกต่างของข้อมูลของ ปริมาณ sodium alkyl benzyl sulfonate ที่วิเคราะห์ได้จากเทคนิคต่างๆ

เทคนิค					
Two-phase titration	อันดับ	Applcation Bulletin	อันดับ	ASTM D 6173 - 97	อันดับ
8.09	8.5	7.35	5	6.94	2
8.09	8.5	6.93	1	7.02	3
8.03	6	8.07	7	7.18	4
ผลรวมของอันดับ	23	ผลรวมของอันดับ	13	ผลรวมของอันดับ	9

$$\alpha = 0.05 , \quad \chi^2_{(k-1),\alpha} = \chi^2_{(2,0.05)} = 5.99$$

$$\text{ตัวสถิติทดสอบ } H = \frac{12}{n(n+1)} \left[ \sum_{i=1}^k \frac{Ri^2}{n} \right] - 3(n+1)$$

$$= \frac{12}{9(10)} \left[ \frac{23^2}{3} + \frac{13^2}{3} + \frac{9^2}{3} \right] - 3(10)$$

$$= 4.62$$

4.62 < 5.99 จึงยอมรับ Ho ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

$k$  = จำนวนชุดของข้อมูล

$n$  = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$R_i$  = ผลรวมของอันดับข้อมูลในตัวอย่างชุดที่  $i$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Appropriated Water Quality Criteria for Aquatic Living

No.	Water Quality Index	Unit	Appropriated Concentration	Remark
1	Temperature	°C	23 - 32	Naturally Changed and not Rapid Change
2	pH	-	5 - 9	Daily Change should not exceed 2.0 Unit
3	Dissolved Oxygen (DO)	mg/l.	Minimum 3	-
4	Co <sub>2</sub>	mg/l.	Maximum 30	And DO sufficiency
5	Turbidity			
	- Transparency	cm.	30 - 60	Secchi disc
	- Suspended solids	mg/l.	Maximum 25	

Sources: Academic Paper from Thailand Fresh Water Fishery Institute Issue 75/2530 Item Water Criteria for Fresh Water Aquatic

Resources

## Maximum Concentration Allowance in Water

No.	Water Quality Index	Unit	Maximum Concentration Allowance	Remark
1.	Heavy Metals			-
	- Cadmium (Cd)	mg/l.	0.001	
	- Copper (Cu)	mg/l.	0.02	
	- Lead (Pb)	mg/l.	0.05	
	- Mercury (Hg)	mg/l.	0.0005	
	- Iron (Fe)	mg/l.	0.3	
	- Zinc (Zn)	mg/l.	0.1	
2.	Organochlorine Compounds			-
	- DDT	mg/l.	$0.5 \times 10^{-3}$	
	- Dieldrin	mg/l.	$0.2 \times 10^{-2}$	
	- Endrin	mg/l.	$0.01 \times 10^{-3}$	
	- Heptachlor	mg/l.	$0.4 \times 10^{-3}$	
3.	Organophosphate Compounds			-
	- Fenitrothion	mg/l.	0.06	
	- Malathion	mg/l.	0.02	
	- Methyl parathion	mg/l.	0.2	
	- Parathion	mg/l.	0.04	
4.	Carbamate Compounds			-
	- Carbaryl	mg/l.	0.01	
	- Carbofuran	mg/l.	0.008	
5.	Herbicides			-
	- Glyphosate	mg/l.	4.8	
	- Paraquat	mg/l.	0.5	
	- Propanil	mg/l.	0.5	
	- 2, 4-D	mg/l.	45.0	
6.	NH <sub>3</sub> -N	mg/l.	0.02	Un-ionized ammonia
7.	Chlorine	mg/l.	0.005	Total residual Chlorine
8.	Detergent			Surfactant
	- Soft detergent	mg/l.	0.03	
	- Hard detergent	mg/l.	0.5	
9.	Sulfide	mg/l.	0.2	Undissociated hydrogen sulfide

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Sources: Academic Paper from Thailand Fresh Water Fishery Institute Issue 75/2530 Item Water Quality Criteria for Fresh Water Aquatic Resources Preservation

### Drinking Water Quality Standards

Properties	Parameter	Units	Standards	
			Maximum Acceptable Concentration	Maximum Allowable Concentration
Physical	Color	Pt-Co	5	15
	Taste	-	non objectionable	non objectionable
	Odor	-	non objectionable	non objectionable
	Turbidity	SSU	5	20
	pH	-	6.5 - 8.5	9.2
Chemical	Total Solids	mg/dm <sup>3</sup>	500	1,500
	Iron (Fe)	mg/dm <sup>3</sup>	0.2	1.0
	Manganese (Mn)	mg/dm <sup>3</sup>	0.3	0.5
	Fe & Mn	mg/dm <sup>3</sup>	0.5	1.0
	Copper (Cu)	mg/dm <sup>3</sup>	1.0	1.5
	Zinc (Zn)	mg/dm <sup>3</sup>	5.0	15.0
	Calcium (Ca)	mg/dm <sup>3</sup>	75 <sup>b</sup>	200
	Magnesium (Mg)	mg/dm <sup>3</sup>	50	150
	Sulphate (SO <sub>4</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>	200	250 <sup>c</sup>
	Chloride (Cl)	mg/dm <sup>3</sup>	250	600
	Fluoride (F)	mg/dm <sup>3</sup>	0.7	1.0
	Nitrate (NO <sub>3</sub> )	mg/dm <sup>3</sup>	45	45
	Alkyl benzyl Sulfonates (ABS)	mg/dm <sup>3</sup>	0.5	1.0
	Phenolic substance (as phenol)	mg/dm <sup>3</sup>	0.001	0.002
Toxic elements	Mercury (HG)	mg/dm <sup>3</sup>	0.002	-
	Lead (Pb)	mg/dm <sup>3</sup>	0.05	-
	Arsenic (As)	mg/dm <sup>3</sup>	0.05	-
	Selenium (Se)	mg/dm <sup>3</sup>	0.01	-
	Chromium (Cr hexavalent)	mg/dm <sup>3</sup>	0.05	-
	Cyanide (CN)	mg/dm <sup>3</sup>	0.2	-
	Cadmium (Cd)	mg/dm <sup>3</sup>	0.01	-
	Barium (Ba)	mg/dm <sup>3</sup>	1.0	-
Bacterial	Standard plate count	colonies/cm <sup>3</sup>	500	-
	Total coliform	MPN/100cm <sup>3</sup>	2.2	-
	E.Coli	MPN/100cm <sup>3</sup>	none	-

Remarks: Pt-Co Platinum Cobalt Scale

SSU Silica Scale Unit

mg/dm<sup>3</sup> milligram per cubic decimeter

MPN Most Probable Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- a. These values are allowed for tap water: or ground water that is used temporary drinking water. Such water with a parameter between the maximum acceptable concentration and the maximum allowable concentration can not be certified as standard drinking water for industrial products and stamped with the standard logo.
- b. If the calcium concentration is higher than the standard and magnesium concentration is lower than the standard, calcium and magnesium will be identified in terms of total hardness with a standard value of less than  $300 \text{ mg/dm}^3$  (as  $\text{CaCO}_3$ )
- c. If a Sulphate concentration of  $20 \text{ mg/dm}^3$  is reached, magnesium concentration must not be more than  $30 \text{ mg/dm}^3$

Sources: Notification of the Ministry of Industry, No. 322, B.E. 2521 (1978), issued under the Industrial Products Standards Act B.E. 2511 (1968), published in the Royal Gazette, Vol. 95, Part 68, dated July 4, B.E. 2521 (1978).

#### Bottled Drinking Water Quality Standard

Properties	Parameters	Units	Maximum Allowable concentration
Physical	Color	Hazen	20
	Odor	-	None
	Turbidity	SSU	5
	pH	-	6.5 - 8.5
Chemical	Total Solid	mg/l	500
	Total hardness as $\text{CaCO}_3$	mg/l	100
	Arsenic (As)	$\text{mg/dm}^3$	0.05
	Barium (Ba)	$\text{mg/dm}^3$	1.0
	Cadmium (Cd)	$\text{mg/dm}^3$	0.005
	Chloride as Chlorine	$\text{mg/dm}^3$	250
	Chromium (Cr)	$\text{mg/dm}^3$	0.05

#### Industrial Effluent Standards

Parameters	Units	Standard Values
1. pH	-	5.5 - 9.0
2. Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	- not more than 3,000 mg/l depending on receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 5,000 mg/l - not more than 5,000 mg/l exceed TDS of receiving water having salinity of more than 2,000 mg/l or TDS of sea if discharge to sea
3. Suspended solids (SS)	mg/l	Not more than 50 mg/l depending on receiving water or type of industry or wastewater treatment system under consideration of PCC but not exceed 150 mg/l
4. Temperature	$^{\circ}\text{C}$	Not more than 40
5. Color and Odor	-	Not objectionable
6. Sulphide (as $\text{H}_2\text{S}$ )	mg/l	Not more than 1.0
7. Cyanide (as HCN)	mg/l	Not more than 0.2
8. Fat, Oil & Grease (FOG)	mg/l	Not more than 5.0 mg/l depending of receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 15.0 mg/l
9. Formaldehyde	mg/l	Not more than 1.0
10. Phenols	mg/l	Not more than 1.0
11. Free Chlorine	mg/l	Not more than 1.0

12. Pesticides	mg/l	Not detectable
13. Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg/l	Not more than 20 mg/l depending on receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 60 mg/l
14. Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	mg/l	Not more than 100 mg/l depending on receiving water or type of industry under consideration of PCC but not exceed 200 mg/l
15. Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/l	Not more than 120 mg/l depending on receiving water type of industry under consideration of PCC but not exceed 400 mg/l
16. Heavy metals		
1. Zinc (Zn)	mg/l	Not more than 5.0
2. Chromium (Hexavalent)	mg/l	Not more than 0.25
3. Chromium (Trivalent)	mg/l	Not more than 0.75
4. Copper (Cu)	mg/l	Not more than 2.0
5. Cadmium (Cd)	mg/l	Not more than 0.03
6. Barium (Ba)	mg/l	Not more than 1.0
7. Lead (Pb)	mg/l	Not more than 0.2
8. Nickel (Ni)	mg/l	Not more than 1.0
9. Magnesium (Mn)	mg/l	Not more than 5.0
10. Arsenic (As)	mg/l	Not more than 0.25
11. Selenium (Se)	mg/l	Not more than 0.02
12. Mercury (Hg)	mg/l	Not more than 0.005

## Water Characteristics Discharged into Deep Wells

Parameters	Units	Standard Values (maximum allowance)
1. Color	Platinum Cobalt	50
2. Turbidity	JTU	50
3. pH	-	5.0-9.2
4. Total Solids	mg/l	2,000
5. BOD	mg/l	40
6. Fat, Oil and grease	mg/l	5.0
7. Free chlorine	mg/l	5.0
8. Copper (Cu)	mg/l	1.5
9. Zinc (Zn)	mg/l	15.0
10. Chromium (Cr)	mg/l	2.0
11. Arsenic (As)	mg/l	0.05
12. Cyanide	mg/l	0.2
13. Mercury (Hg)	mg/l	0.002
14. Lead (Pb)	mg/l	0.1
15. Cadmium (Cd)	mg/l	0.1
16. Barium (Ba)	mg/l	1.0

## Building Effluents Standards

## 1) Standard values

Parameter	Unit	Range or Maximum Permitted Values for these Categories				
		A	B	C	D	E
<p>เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต            ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต            ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต</p>						

1. pH	mg/l	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
2. BOD	mg/l	20	30	40	50	200
3. Solids						
3.1 Suspended Solids (SS)	mg/l	30	40	50	50	60
3.2 Settleable Solids	mg/l	0.5	0.5	0.5	0.5	-
3.3 Total Dissolved Solids (TDS)	mg/l	500	500	500	500	-
4. Sulfide	mg/l	1.0	1.0	3.0	4.0	-
5. Nitrogen as TKN	mg/l	35	35	40	40	-
6. Fat, oil and grease	mg/l	20	20	20	20	100

Summary of Type and Sizes of Buildings Subject to Effluent Control

Building Type	Size				
	A	B	C	D	E
1. Condominium	500 units or more	From 100 to not greater than 500 units	Less than 100 units	-	-
2. Hotels	200 rooms or more	From 60 to not greater than 200 rooms	Less than 60 rooms	-	-
3. Dormitories	-	250 rooms or more	From 50 to not greater than 250 rooms	From 10 to not greater than 50 rooms	-
4. Massage parlors (or equivalent)	-	5,000 m <sup>2</sup> or more	From 1,000 to not greater than 5,000 m <sup>2</sup>	-	-
5. Hospitals	30 beds or more	From 10 to not greater than 30 beds	-	-	-
6. Schools, Colleges, Universities, or Institutes	25,000 m <sup>2</sup> or more	From 5,000 to not greater than 25,000 m <sup>2</sup>	-	-	-
7. Government offices, State enterprises, International agencies, Banks, and Office Buildings	55,000 m <sup>2</sup> or more	From 5,000 to not greater than 55,000 m <sup>2</sup>	From 5,000 to not greater than 10,000 m <sup>2</sup>	-	-
8. Department stores	25,000 m <sup>2</sup> or more	From 5,000 to not greater than 25,000 m <sup>2</sup>	-	-	-
9. Fresh food markets	2,500 m <sup>2</sup> or more	From 1,500 to not greater than 2,500 m <sup>2</sup>	From 1,000 to not greater than 1,500 m <sup>2</sup>	From 500 to not greater than 1,000 m <sup>2</sup>	-
10. Restaurants and food shops or food centers	2,500 m <sup>2</sup> or more	From 500 to not more than 2,500 m <sup>2</sup>	From 250 to not more than 500 m <sup>2</sup>	From 100 to not more than 250 m <sup>2</sup>	Less than 100 m <sup>2</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Housing Estate Standards

Parameter	Units	Range or Maximum Permitted Values for These Categories		Method for Examination
		(A) 100 units but not more than 500	(B) more than 500 units	
1. pH	-	5.5-9.0	5.5-9.0	-pH Meter
2. BOD	mg/l	30	20	-Azide Modification at 20°C, 5 days
3. Solids				
-Suspended Solids	mg/l	40	30	-Glass Fiber Filter Disc
-Settleable Solids	mg/l	0.5	0.5	-Imhoff Cone 1,000 cm <sup>3</sup>
-Total Dissolved Solids	mg/l	500	500	1 hour
4. Sulfide	mg/l	1.0	2.0	-Titration
5. TKN	mg/l	35	35	-Kjeldahl
6. Fat, Oil and grease	mg/l	20	20	-Sovent Extraction by Weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้