

**DEVELOPMENT OF TEST METHOD FOR DETERMINATION THE
CONTENT OF NONIONIC SURFACTANT IN LIQUID SOAP BY
POTENTIOMETRIC TITRATION**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL CHEMISTRY – ANALYTICAL INSTRUMENTATION**

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADAMIC YEAR 2009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาวิธีทดสอบหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก
ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน

Development of test method for determination the content of nonionic
surfactant in liquid soap by potentiometric titration

ชื่อนักศึกษา นางสาวดาราวิน สังข์ศาสตร์ 49050714
นางสาวปิยะนุช ทวีศิลป์ 49050730
นางสาวสุภารัตน์ ศิรินวน 49050751

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี
อุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์ ประจำปีการศึกษา 2552

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เที่ยงคำ	วิบูลย์
ดร. ณัฐวุฒิ เจริญชัย	
รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาวิธีทดสอบหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน Development of test method for determination the content of nonionic surfactant in liquid soap by potentiometric titration
ชื่อนักศึกษา	นางสาว ดาราวัน สังข์ศาสตร์ นางสาว ปิยะนุช ทวีศิลป์ นางสาว สุภารัตน์ ศิรินวล
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล



โครงการพิเศษนี้ เป็นการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ ในผลิตภัณฑ์ ทำความสะอาด โดยใช้วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 474-2542 และพัฒนาวิธี โดยใช้โพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ซึ่งวิธีนี้จะทำการศึกษา 2 กรณี กรณีแรกจะเป็น การใช้ตัวอย่างไทเทรต โดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกโดยตรง และกรณีที่ 2 สารตัวอย่างจะต้องผ่านวิธีการแยกสาร ให้บริสุทธิ์ก่อน แล้วค่อยนำมาวิเคราะห์โดยใช้โพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน จากการศึกษาพบว่าการใช้วิธีไทเทรชัน โดยตรงจะไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีตัวรบกวนมาก จากการศึกษาพบว่าค่าทางสถิติของวิธีตามมาตรฐานจะได้ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.7190 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีค่าเท่ากับ 0.0036 และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ 0.5003 และการคำนวณค่าทางสถิติของวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน จะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.7330 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0054 และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเท่ากับ 0.7371

เมื่อนำทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบ โดยใช้ F-test จะได้ค่าเท่ากับ 2.2566 ส่วนค่า F ที่เปิดจากตาราง ที่ degree of freedom 95 เปอร์เซนต์ มีค่าเท่ากับ 4.026 ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง แสดงว่าวิธีทั้งสองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : สารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ โพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title Development of test method for determination the content of nonionic surfactant in liquid soap by potentiometric titration

Students Miss Darawan Sungard
Miss Piyanut Taweessin
Miss Sudarat Sirinual

Degree Bachelor of Science

Program Industrial chemistry – Analytical Instrumentation

Academic Year 2009

Advisor Assoc.Prof.Arune Kongsakphaisal

ABSTRACT

The research studies the determination of non-ionic surfactants in liquid soap by Thai industrial Standard 474-2542 (1999) and developed Potentiometric Titration by direct and indirect method. Potentiometric Titration by direct was invalid. The statistical calculated obtained with Thai industrial Standard was as following: Average = 0.7190, Standard deviation = 0.0036, Variance = 0.00001 and % RSD = 0.5003. And the statistical calculated obtained with Potentiometric Titration was as following: average = 0.7330, Standard deviation = 0.0054, Variance = 0.00003 and % RSD = 0.7371

Wherever when we was to compare the method by F-test, $F_{\text{observed}} = 2.2566$. And F_{table} at 95 % confident level = 4.026. The value of F_{observed} less than F_{table} was no significant difference

Keywords : non-ionic surfactants, Potentiometric Titration, Thai industrial Standard 474-2542 (1999), liquid soap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา โครงการพิเศษ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล เป็นอย่างยิ่งที่คอยให้คำปรึกษาในการดำเนินงานโครงการพิเศษเป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยเหลือในด้านการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม และการเขียนรายงาน

ขอขอบคุณพี่ๆ นักวิทยาศาสตร์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการทุกท่านที่เสียสละเวลาให้คำแนะนำ และแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆ เรื่อง โครงการพิเศษนี้มีโอกาสสำเร็จลุล่วงไปได้ถ้าขาดท่านที่ได้กล่าวไปข้างต้น จึงขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวดารารัตน์ ตั้งศักดิ์

นางสาวปิยะนุช ทวีศิลป์

นางสาวสุภารัตน์ สิรินวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 สบู่เหลว	5
2.2 Chromatography	12
2.3 Extraction	19
2.4 เครื่องระเหย (Evaporator)	22
2.5 Potentiometric titration technique	23
2.6 Method Validation	26
2.7 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองทั้งสองวิธี	27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง	31
3.2 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือ	31
3.3 สารเคมี	32
3.4 การดำเนินการทดลอง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)	32
3.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ด้วยวิธี Potentiometric titration ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrimo	34
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)	39
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุด้วยวิธี Potentiometric titration	40
4.3 การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	46



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์สบู่เหลวที่ใช้ในการทดลอง	31
ตารางที่ 1 วิธีแบบดั้งเดิมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)	40
ตารางที่ 2 แบบที่ 1 การตรวจวัดตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแยก	49
ตารางที่ 3 แบบที่ 2 ตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแยก	40
ตารางที่ 4 หาค่า Calibration factor (f)	41
ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน	42
ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว และรวมตัวกันเป็นไมเซลล์	8
รูปที่ 2.2 การจับตัวของสารลดแรงตึงผิวในน้ำ	8
รูปที่ 2.3 โครงสร้างของ nonionic surfactant	9
รูปที่ 2.4 ชนิดของ chromatography แบ่งตามกลไกการแยก	12
รูปที่ 2.5 ชนิดของ chromatography แบ่งตาม mobile phase และอุปกรณ์ที่ใช้	13
รูปที่ 2.6 กลไกการแยก (Mechanism of separation) ใน chromatography แต่ละชนิด	14
รูปที่ 2.7 การแยกตัวอย่างผ่านเรซิน โดยใช้คอลัมน์	15
รูปที่ 2.8 การสกัดแบบต่อเนื่อง (soxhlet extraction)	19
รูปที่ 2.9 เครื่องระเหยสุญญากาศ	22
รูปที่ 2.10 โพรเทนซิอิมิตอร์	23
รูปที่ 2.11 แสดงรูป reference surfactant electrode	25
รูปที่ 2.12 แสดงรูป NIO surfactant electrode	25



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

สบู่เหลว เป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวันและมีผลิตภัณฑ์สบู่เหลวมากมายที่วางขายในท้องตลาด สบู่เหลวเกือบทุกยี่ห้อมีส่วนผสมหลักที่ทำหน้าที่เป็นสารทำความสะอาด เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่เรียกว่า สารซักฟอก ซึ่งมีคุณสมบัติ ใช้สำหรับชำระล้างทำความสะอาดร่างกาย

สบู่เหลวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือ น้ำยาทำความสะอาด เพราะสารซักฟอกซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในสบู่เหลว ตัวอย่างเช่น Polyoxyethylene (POE) ซึ่งมีสูตรโมเลกุล คือ $(C_nH_{2n+1}(OCH_2CH_2)_mOH)$ มีคุณสมบัติในการชำระล้างทำความสะอาด เป็นสารเคมีตัวเดียวกันกับที่ใช้ในน้ำยาทำความสะอาดทั่วไปที่ต้องการความอ่อนนุ่มและ ลดความระคายเคืองต่อผิวหนัง โดยที่กรดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในสบู่เหลวถูกกำหนดให้มีความเหมาะสมกับผิวหนังและถูกระบุว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

เนื่องจากมันเป็นสารเคมีสังเคราะห์จึงอาจเกิดการระคายเคืองต่อผิวหรือเกิดอาการแพ้สำหรับบางคนได้ ในกรณีนี้ไม่ค่อยน่าเป็นห่วง เพราะเป็นอาการที่ปรากฏอยู่ภายนอก เมื่อใช้แล้วเกิดอาการระคายเคืองหรือแพ้ขึ้นมาก็สามารถหยุดใช้ผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นได้ทันที แต่ผลกระทบของการใช้สบู่เหลว ที่อาจจะเกิดขึ้นในระยะยาวและหากเกิดขึ้นภายในร่างกายของเราก็เป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงเพราะส่วนประกอบหลักที่ใช้ในสบู่เหลวเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีขนาดเล็กมาก เล็กขนาดที่สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าไปในร่างกายได้หรือยิ่งกว่านั้นสามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ของอวัยวะต่างๆภายในร่างกายได้อีกด้วย [1]

สารเคมีสังเคราะห์หากเข้าสู่ร่างกาย และถ้าร่างกายไม่สามารถขับถ่ายออกไปได้หมดก็จะเกิดการตกค้างสะสมอยู่ในอวัยวะต่างๆภายในร่างกาย โอกาสที่จะทำให้เกิดโรคร้ายแรงอย่างเนื้องอก มะเร็ง อัมพฤกษ์ อัมพาต ก็มีมาก ทุกวันนี้แม้จะยังไม่มีการชี้ชัดว่า สารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในสบู่เหลว แชมพู ครีมนวดผม หรือเครื่องสำอางอื่นๆจะเป็นสาเหตุโดยตรงของมะเร็งหรือโรคร้ายอื่นๆ แต่น่าจะสันนิษฐานได้ว่า สารเคมีเหล่านี้จะช่วยกระตุ้นหรือเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง และโรคร้ายได้มากขึ้นเพราะมีการยืนยันจากนักวิทยาศาสตร์ ในยุโรปและอเมริกาที่ได้ทำการวิจัยและออกมากล่าวเตือนของผลกระทบของสารเคมีหลักหลายตัวที่ใช้ในสบู่เหลว แชมพู ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและเครื่องสำอางว่า สารเคมีเหล่านี้สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายและมีโอกาส ทำให้เกิดการก่อมะเร็ง ซึ่งไปสะสมอยู่ในตับ ไต และกระแสเลือดได้ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มโรงงานพิเศษได้ทำการทดสอบสารลดแรงตึงผิวในผลิตภัณฑ์สบู่เหลว ตามมอก. 1403-2551 : สบู่เหลว โดยตัวอย่างจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไอออนิก ซึ่งอ้างอิงวิธีวิเคราะห์ตาม มอก. 474-2542 โดยใช้วิธีนำตัวอย่างมาระเหย และนำมาสกัดด้วยซอกซ์เล็ต โดยใช้ตัวทำละลายเป็นเอทานอลเป็นเวลา 10 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารตัวที่สกัดได้ไประเหยภายใต้สุญญากาศ และชั่งน้ำหนักส่วนที่ไม่ระเหย จากนั้นนำมาแยกนอนไอออนิก โดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วยเรซินผสมระหว่างชนิดแอนไอออนิกกับชนิดแคตไอออนิกเพื่อทำการแยกนอนไอออนิกออกมาโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำส่วนที่แยกได้ไประเหย และอบแห้ง และนำมาชั่งน้ำหนัก [4]

ปัญหาของการทดสอบคือวิธีตามมอก.เป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ ใช้ตัวทำละลายในปริมาณมากทำให้เกิดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการวิเคราะห์

ดังนั้นเพื่อให้การวิเคราะห์มีความรวดเร็ว ถูกต้อง และลดการใช้สารเคมี จึงได้มีการนำหลักการทางกระแสไฟฟ้า หรือโพเทนชิอเมตริก (Potentiometric) มาประยุกต์ใช้ โดยอาศัยการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วชี้บอก ที่ไวต่อชนิดของไอออนที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณ ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ที่วัดได้จะแปรผันโดยตรงกับศักย์ไฟฟ้าของขั้วชี้บอกหรือความเข้มข้นของไอออนในสารละลาย [3]

กลุ่มโรงงานพิเศษ ได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้ในการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิกในผลิตภัณฑ์สบู่เหลว โดยใช้เครื่องอโตะเมตริกไทเทรชัน ซึ่งใช้หลักการโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน มีการควบคุมและประมวลผลการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ สำหรับวิธีการวิเคราะห์จะใช้โซเดียมเตตระฟีนิลโบเรต (STPB) เป็นตัวไทเทรนต์ ทำการไทเทรตกับตัวอย่างโดยตรง โดยมีอิเล็กโทรดสำหรับวัดสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก (NIO surfactant electrode) เป็นขั้วทำงาน และมีอิเล็กโทรดชนิดซิลเวอร์คลอไรด์ (Ag/AgCl 3M KCl) เป็นขั้วอ้างอิงในการหาจุดยุติของปฏิกิริยา [5]

จากวิธีดังกล่าว การจะนำไปใช้แทนวิธีเดิมซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานนั้นจะต้องมีการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เพื่อที่จะได้แน่ใจว่าวิธีที่นำไปใช้นั้นมีความถูกต้องและความแม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์ของโรงงานพิเศษ

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ โดยวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

1.2.2 เพื่อศึกษาเทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ โดยวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

1.2.3 เพื่อศึกษาพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก โดยใช้วิธีโพ

เทนชิอเมตริกไทเทรชัน เปรียบเทียบกับวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการยินยอมจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุด้วยวิธีทางโพเทนชิอเมตริก-ไทเทรชันนั้น จะทำการศึกษาโดยอาศัยเครื่อง Autotitrator รุ่น 716 DMS Titrino ของบริษัท Metrohm

1.3.2 การทดสอบหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวในสบู่เหลวตามมอก. 474-2542 และ วิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

1.3.3 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุด้วยวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมอก.474-2542 โดยปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่าง จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุที่วิเคราะห์ได้จากวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน โดยใช้สถิติในการเปรียบเทียบ คือ F-Test

1.3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของวิธี (Validation) ทดสอบหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิก ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวกับสารลดแรงตึงผิว

1.4.2 เลือกชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่จะนำมาวิจัย

1.4.3 เลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุเป็นองค์ประกอบ เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ต่อไป

1.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในสารตัวอย่างตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

1.4.5 ศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่าง ด้วยวิธีทางโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

1.4.6 ศึกษาหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในสบู่เหลว

1.4.7 ตรวจสอบความถูกต้องของวิธีพัฒนาโดยทำการ Method Validation

1.4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างวิธีวิเคราะห์หาสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลว ตามวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.474-2542) และวิธีทางโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน โดยใช้หลักทางสถิติมาใช้ในการเปรียบเทียบ คือ F-test

1.4.9 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุที่แน่นอนในครีมอาบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ทราบวิธีการวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ

1.5.3 นำเทคนิคที่เหมาะสมมาใช้ในการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุที่อยู่ในสบู่เหลว

1.5.4 สามารถนำวิธีทางโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน ด้วยเครื่อง Autotitrator รุ่น 716 DMS Titrino ของบริษัท Metrohm นี้ไปประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดต่าง ๆ ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สบู่เหลว (Liquid Soap)

สบู่เหลวเกือบทุกยี่ห้อที่วางขายอยู่ในท้องตลาด หรือสบู่เหลวทุกขวดที่ใช้อาบน้ำถูตัวอยู่ ไม่ใช่สบู่เหลว เพราะไม่มีส่วนผสมของสบู่ แต่ส่วนผสมหลักที่ทำหน้าที่เป็นสารทำความสะอาด เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่เรียกว่า สารซักฟอก (Detergent) สารซักฟอกนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับสบู่ แต่ถูกทำให้อยู่ในรูปของเหลวไว้ใช้สำหรับชำระล้างทำความสะอาดร่างกาย จึงถูกเรียกว่า "สบู่เหลว" หรือ "สบู่เหลวเทียม"

เพราะสบู่เหลวธรรมชาติที่แท้จริงมีส่วนผสมของสบู่ธรรมชาติอยู่ ไม่ควรมีส่วนผสมของสารซักฟอก สารซักฟอกและสารเคมีอื่นๆ ในสบู่เหลวเทียมสามารถก่อให้เกิดภาวะ การระคายเคืองต่อผิว เกิดอาการแพ้ ไปจนถึงขั้นที่เพิ่มโอกาสเสี่ยงที่จะทำให้เป็นมะเร็งได้ในระยะยาว สบู่เหลวธรรมชาติที่แท้จริงเกิดขึ้นการใช้ไขมันจากธรรมชาติเช่น ไขมันจากสัตว์ หรือน้ำมันพืชที่ใช้ปรุงอาหารทำปฏิกิริยากับสารละลายด่างอ่อน จะได้เนื่อสบู่แล้วเจือจางด้วยน้ำให้มีส่วนผสมของเนื่อสบู่เพียง 25% จะได้สบู่เหลวธรรมชาติ ที่มีคุณสมบัติในการทำความสะอาดเช่นเดียวกับสบู่ก้อน และมีกลีเซอรินอยู่ในตัวที่ช่วยถนอมผิวให้นุ่มนวล [1]

2.1.1 สบู่เหลวที่ใช้อยู่ไม่ใช่สบู่เหลว

การใช้สบู่เหลวในการอาบน้ำถูตัวนั้นสิ้นเปลืองกว่าการใช้สบู่ก้อน ทั้งในแง่ของราคาที่สูงกว่า และในแง่ของปริมาณการใช้แต่ละครั้งก็สิ้นเปลืองกว่าแต่ยังไม่สำคัญเท่ากับข้อเท็จจริงที่ควรจรรู้ว่า สบู่เหลวเกือบทุกยี่ห้อที่วางขายอยู่ในท้องตลาด หรือทุกขวดที่ซื้อมาใช้อยู่ทุกวันนี้ ไม่ใช่สบู่เหลว แต่เป็น สบู่เหลวเทียม เพราะส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตสบู่เหลวที่ขายอยู่ไม่มีส่วนผสมของเนื่อสบู่ (soap) อย่างที่มีอยู่ในสบู่ก้อนแม้แต่น้อย ส่วนผสมหลักที่ใช้ในการผลิตสบู่เหลวชนิดนี้จะใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่เป็น สารซักฟอก (detergent) บวกกับสารเคมีสังเคราะห์อื่นๆ แล้วทำให้อยู่ในรูปของของเหลว และเรียกว่า สบู่เหลว (liquid soap) สารซักฟอกนี้มีคุณสมบัติเหมือนกับสบู่ คือใช้ชำระล้างทำความสะอาดได้ดี หรือ ได้ดีกว่าในบางกรณี เช่น ใช้ได้ดีกับน้ำกระด้าง [1]

อันที่จริงสบู่เหลวที่ใช้อยู่ก็คือ แชมพูที่ใช้สระผม เพราะส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตกรรมวิธีในการผลิต ตลอดจนคุณสมบัติในการทำความสะอาดนั้นแทบจะเหมือนกันหรือมีความใกล้เคียงกับแชมพูสระผมมาก เพียงแต่ว่าสารเคมีที่ใช้กับสบู่เหลวนั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้กับผิวหนังมากกว่า หรือถ้าจะกล่าวต่อไปให้ถึงที่สุดก็อาจกล่าวได้ว่า สบู่เหลวที่ใช้อยู่ก็คือ น้ำยาทำความสะอาดข้าวของเครื่องใช้ทั่วไป เพราะสารซักฟอกซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักในสบู่

เหลว ตัวอย่างเช่น สาร SLS หรือ Sodium Lauryl Sulfate ซึ่งมีคุณสมบัติในการชำระล้างทำความสะอาด เป็นสารเคมีตัวเดียวกันกับที่ใช้ใน น้ำยาล้างจาน น้ำยาทำความสะอาดพื้น หรือแม้แต่ น้ำยาทำความสะอาดห้องน้ำ เพียงแต่ว่าเกรดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในสบู่เหลวถูกกำหนดให้มีความเหมาะสมกับผิวหนัง และถูกระบุว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ [2]

เรื่องอันตรายของการใช้สบู่เหลวตัวนี้เป็นเรื่องที่เราควรจะให้ความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะยัง ไม่มีการรับรู้หรือตระหนักกันมากนักถึงผลกระทบของมันว่ามีหรือไม่ หรือมีมากน้อยเพียงใดในเบื้องต้นถึงแม้ว่าสบู่เหลวจะถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของสบู่ก้อนให้มีความระคายเคืองต่อผิว น้อยกว่าสบู่ก้อน เนื่องจากมีค่าความต่าง (pH) อ่อนน้อยกว่าสบู่ก้อน อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นสารเคมีสังเคราะห์จึงอาจระคายเคืองผิวหรือเกิดการแพ้สำหรับบางคนได้ ในกรณีนี้ยังไม่ค่อยน่าเป็นห่วงเท่าใด เพราะเป็นอาการที่ปรากฏอยู่ภายนอก เมื่อใช้แล้วเกิดอาการระคายเคืองหรือแพ้ขึ้นมาจะรู้และสามารถหยุดใช้ได้ทันที แต่ผลกระทบของการใช้สบู่เหลวที่อาจจะเกิดขึ้นในระยะยาว และหากเกิดขึ้นภายในร่างกายของเรานี้ก็เป็นเรื่องที่น่าเป็นห่วงเพราะส่วนประกอบหลักที่ใช้ในสบู่เหลวเป็นสารเคมีสังเคราะห์ และสารเคมีสังเคราะห์เหล่านี้มีขนาดเล็กมาก เล็กขนาดที่สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าไปในร่างกายได้ หรือยิ่งกว่านั้นสามารถซึมผ่านเข้าสู่เซลล์ของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย หรือแม้แต่ซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้

การจะคว่ำสารใดจะเข้าสู่ร่างกายโดยการซึมผ่านผิวหนังเข้าไปได้หรือไม่ ต้องดูที่น้ำหนักโมเลกุล น้ำหนักโมเลกุลของสารที่จะสามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้จะต้องต่ำกว่า 3000 น้ำหนักโมเลกุลที่จะซึมเข้าสู่เซลล์ของอวัยวะภายในร่างกายได้จะต้องต่ำกว่า 800 และน้ำโมเลกุลของสารที่จะซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้จะต้องต่ำกว่า 75 สารซักฟอกอย่าง SLS หรือ Sodium Lauryl Sulfate ซึ่งเป็นสารเคมีหลักที่ใช้ในสบู่เหลวส่วนใหญ่ มีน้ำหนักโมเลกุลเพียง 40 สาร SLS นี้จึงสามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่เซลล์และกระแสเลือดทุกครั้งที่เราอาบน้ำด้วยสบู่เหลว หรืออย่าง PEG : Polyethylene Glycol สารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ผสมลงไปสบู่เหลว เพื่อให้มีคุณสมบัติเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังเมื่อใช้แล้วจะรู้สึกนุ่มนวลต่อผิว น้ำหนักโมเลกุลของ PEG นี้ก็มีเพียง 60 จึงสามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าไปสะสมอยู่ในกระแสเลือดได้อย่างสบาย

ดังนั้น โลกทุกวันนี้เป็นโลกของสารเคมีอย่างแท้จริง มีเพียงแต่สารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายทางปากโดยการกิน สารเคมีที่ปนเปื้อน ในอากาศที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายทางจมูกโดยการหายใจ คนเรายังรับเอาสารเคมีจำนวนมากมายี่มาที่มากับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และเครื่องสำอางเข้าสู่ร่างกายผ่านทางผิวหนัง โดยไม่รู้ตัว เราคงตระหนักดีถึงพิษภัยของสารเคมีอย่าง ยาฆ่าแมลง สารกันบูด สารฟอกขาว สารเร่งเนื้อแดง ฟอร์มาลีนที่ปนเปื้อนอยู่ในพืชผักผลไม้เนื้อสัตว์ อาหารทะเลคว่ำมีอันตรายเพียงใด แต่ยังไม่ค่อยได้รับรู้หรือตระหนักถึงพิษภัยของสารเคมีที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดหรือเครื่องสำอาง อย่างเช่นสบู่เหลวที่กล่าวถึงในที่นี้ ว่ามันจะมีผลเสียต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุขภาพร่างกายมากนักน้อยเพียงใด แต่ที่แน่นอนก็คือทุกวันนี้สารเคมีเหล่านี้ได้เข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายแล้ว รอวันที่จะแสดงผลไม่ช้าก็เร็ว

จีนเชื่อว่าสารเคมีสังเคราะห์แล้วหากเข้าสู่ร่างกายของคนเรา และถ้าร่างกายไม่สามารถขับถ่ายออกไปได้หมดก็จะเกิดการตกค้างสะสมอยู่ใจอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย โอกาสที่จะทำให้เกิดโรคร้ายอย่าง เนื้อร้าย มะเร็ง อัมพฤกษ์ อัมพาต ก็มีมาก ทุกวันนี้เข้าใจว่ายังไม่มีการชี้ชัดว่าสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ในสบู่เหลว แชมพู ครีมนวดผม หรือเครื่องสำอางอื่นๆ จะเป็นสาเหตุโดยตรงของมะเร็งหรือโรคร้ายอื่นๆ แต่น่าจะสันนิษฐานได้ว่า สารเคมีเหล่านี้น่าจะช่วยกระตุ้นหรือเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง และ โรคร้ายได้มากขึ้น เพราะมีการยืนยันจากนักวิทยาศาสตร์ในยุโรปและอเมริกาที่ได้ทำการวิจัยและออกมามากกว่าเดือนผลกระทบบของสารเคมีหลักหลายตัว ที่ใช้ในสบู่เหลวแชมพู ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและเครื่องสำอางว่า สารเคมีเหล่านี้สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายและมีโอกาส ทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง ซึ่งจะไปสะสมอยู่ในตับ ไต และกระแสเลือด รัฐบาลในบางประเทศก็ออกประกาศเตือนบริษัทผู้ผลิตบางรายก็พยายามหลีกเลี่ยงและหันไปใช้สารเคมีตัวอื่นหรือสารสกัดจากธรรมชาติแทน แต่บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่ รวมทั้งบริษัทที่ประกาศตัวว่าใส่ใจเรื่องสุขภาพและสิ่งแวดล้อมก็ยังใช้อยู่ จึงเป็นเรื่องที่ผู้บริโภคต้องให้ความสนใจศึกษาหาความรู้ให้มากขึ้นต้องซั้งใจดูว่าจะเชื่อข้อมูลของฝ่ายไหนแต่ก่อนจะตัดสินใจว่าจะยังคงใช้สบู่เหลวที่ซื้อหามาจากห้องตลาดต่อไป หรือหันกลับ ไปใช้สบู่ก้อน หรือไม่ก็หันไปทำสบู่เหลวธรรมชาติใช้เอง ก็ลองมาดูข้อมูลต่อไปนี้ก่อนว่า สารเคมีหลักๆ ที่ใช้ในสบู่เหลวนั้นมีอะไรบ้าง และสารเคมีตัวไหนที่อาจจะจะมีพิษภัยต่อสุขภาพร่างกายของเราได้ [2]

2.1.2 สารเคมีสังเคราะห์ในสบู่เหลว

ดังได้กล่าวแล้วว่าส่วนประกอบส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตสบู่เหลวนั้นเป็นสารเคมีสังเคราะห์ จะมีส่วนผสมของกลูซินไพรหรือสารสกัดจากธรรมชาติอยู่บ้างก็เป็นส่วนน้อย ส่วนผสมของสบู่เหลวมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนประกอบหลักและส่วนประกอบเพิ่มเติม

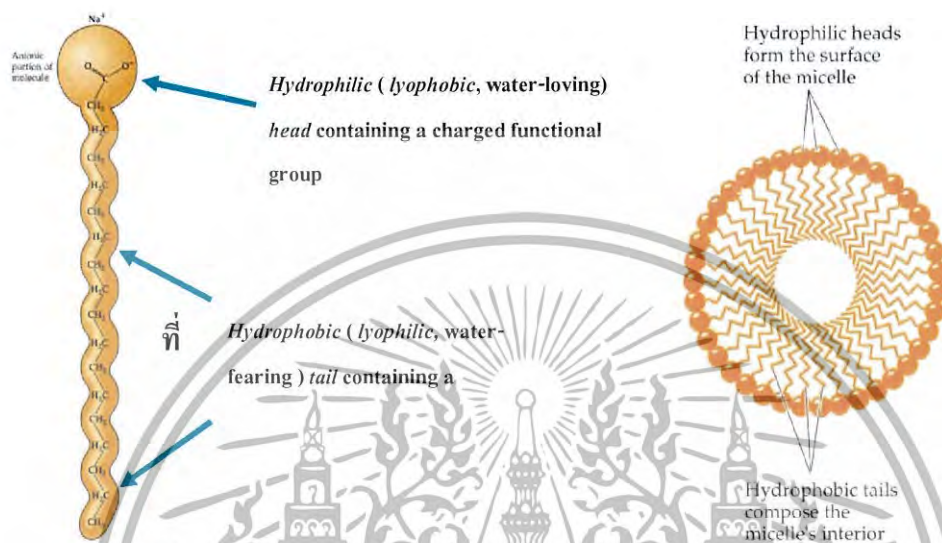
2.1.2.1 ส่วนประกอบหลัก

สารลดแรงตึงผิว (surfactant)

โดยปกติแล้วเรามักจะใช้น้ำในการทำความสะอาดทั่วไป น้ำมีคุณสมบัติที่เรียกว่าเป็นสารที่มีความตึงผิว จากโครงสร้างของน้ำพบว่า แต่ละโมเลกุลของน้ำจะเกาะรวมกันเป็นน้ำโมเลกุลใหญ่ แต่ที่พื้นผิวน้ำของน้ำ จะพบว่าโมเลกุลของน้ำถูกล้อมรอบอยู่ด้านเดียว ส่วนอีกด้านจะไม่มี ดังนั้นความตึงผิวจึงเกิดจากแรงระหว่างน้ำกับน้ำและน้ำกับพื้นผิวที่น้ำเกาะอยู่ ถ้าแรงระหว่างน้ำกับพื้นผิวน้ำที่น้ำเกาะอยู่น้อยกว่าแรงของน้ำกับน้ำ ก็จะทำให้พื้นผิวนั้นไม่เปียก แต่ถ้าตรงกันข้ามพื้นผิวจะเปียก

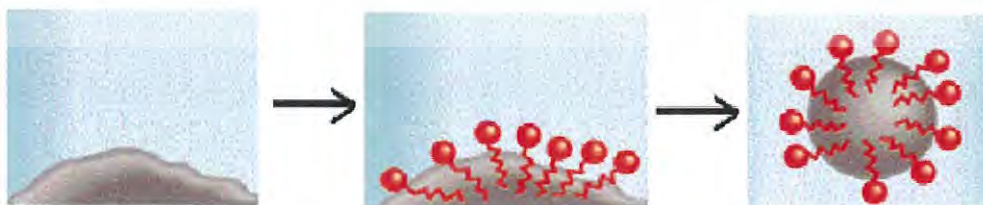
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารลดแรงตึงผิว (Surfactant) เป็นสารที่เมื่อละลายน้ำแล้วจะช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำ คำว่า Surfactant มาจากคำว่า Surface active agent มีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนหัวที่เป็น Hydrophilic (ชอบน้ำ) และ ส่วนหางที่เป็น Hydrophobic (ไม่ชอบน้ำแต่ชอบน้ำมัน) [6]



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว และรวมตัวเป็นไมเซลล์

ด้วยโครงสร้างนี้จึงทำให้สารลดแรงตึงผิวมีสมบัติที่สำคัญคือ สารลดแรงตึงผิวจะไปจัดเรียงตัวอยู่ที่บริเวณรอยต่อระหว่างผิว โดยหันส่วนหัวเข้าสู่ส่วนของเฟสที่มีขี้ และหันส่วนหางเข้าสู่เฟสที่ไม่มีขี้ และเมื่อโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจัดเรียงตัวอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างผิวจนเต็มแล้ว จะทำให้ส่วนที่เหลือจัดรวมตัวกันเป็นไมเซลล์ (Micelle) โดยหันส่วนของโมเลกุลที่เหมือนกันเข้าหากัน เช่น เมื่อละลายอยู่ในน้ำก็จะหันส่วนหางที่ไม่มีขี้เข้าหากัน และหันส่วนที่มีขี้ออกสู่น้ำ



รูปที่ 2.2 การจับตัวของสารลดแรงตึงผิวในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก สารลดแรงตึงผิวมีโครงสร้างดังที่กล่าวมาแล้ว ทำให้สามารถแบ่งประเภทได้ตามชนิดของโครงสร้างส่วนหัวเมื่อละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติ และประสิทธิภาพในการทำ ความสะอาดแตกต่างกัน และมีความเหมาะสมกับผิวแต่ละชนิดแตกต่างกันไปด้วย สารชำระล้างที่ใช้ในสบู่เหลวแบ่งออกเป็น 4 ชนิด [1] คือ

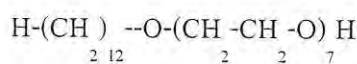
1. **Anionic surfactant** เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic ให้ประจุลบ ส่วนมากแสดงอยู่ในรูป carboxylate, sulfate, sulfonate หรือ phosphate สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ ใช้มากในอุตสาหกรรมประเภท ผงซักฟอก, ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด, น้ำยาล้างแชม เป็นต้น โดย ใช้มากถึง 49% ของสารลดแรงตึงผิวทั้งหมด เนื่องจากสามารถใช้จัดคราบสกปรกได้ดี [6] ตัวอย่างเช่น

- กลุ่ม fatty alcohol sulfate เช่น sodium lauryl sulfate
- กลุ่ม fatty alcohol ether sulfate เช่น sodium lauryl ether sulfate
- กลุ่ม alkyl ether sulfosuccinate เช่น sodium lauryl ether sulfosuccinate

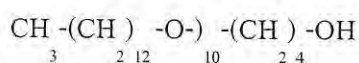
2. **Cationic surfactant** เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic ให้ประจุบวก ส่วนมากมักจะเป็นพวก quaternary ammonium สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้จะไม่สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นด่างสูง (pH10 -11) เนื่องจาก ammonium salt จะมีการสูญเสียประจุบวก ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ สารลดแรงตึงผิวประเภท cationic จะทำให้เกิดการระคายเคืองมากกว่า สารลดแรงตึงผิวประเภท anionic [6] นิยมใช้ในพวกน้ำยาปรับผ้านุ่ม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการจัดแต่งทรงผม เป็นต้น

- polyquaternium 7, 10, 22
- quaternary esters

3. **Nonionic surfactant** สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้จะต่างจากสารลดแรงตึงผิวประเภท anionic และ cationic ตรงที่เป็น โมเลกุลที่ไม่มีประจุ โดยมีพวก polyether หรือ polyhydroxyl เป็นกลุ่มที่แสดงคุณสมบัติคล้ายพวกที่มีประจุ [6] ใช้มากในผงซักฟอก น้ำยาล้างถ้วยแชม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดพื้นผิว เป็นต้น



Alcohol ethoxylates (AE)



Alcohol alkoxyates (AA)

รูป 2.3 โครงสร้างของ nonionic surfactant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **Amphoteric surfactant** หรือ **Zwitterions** เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic สามารถให้ได้ทั้งประจุบวกและลบ โดยจะแสดงคุณสมบัติประเภทใดขึ้นอยู่กับสภาพความเป็นกรด-ด่างของสภาวะแวดล้อม ถ้าสภาวะแวดล้อมเป็นด่าง ($\text{pH} > 7$) ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic จะให้ประจุลบ ถ้าสภาวะแวดล้อม เป็นกรด ($\text{pH} < 7$) ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic จะให้ประจุบวก และในสภาวะที่เป็นกลางจะไม่เกิดการให้ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผิว หรือ ผม ในปัจจุบันยังใช้น้อยกว่าสารลดแรงตึงผิวประเภทอื่น [6]

2.1.1.2.2 ส่วนประกอบรอง ที่อาจเพิ่มเติมเข้าไปในสบู่เหลว ได้แก่

สารปรับสภาพผิว ช่วยเพิ่มความอ่อนนุ่มให้แก่ผิวสารที่นิยมใช้ได้แก่ PEG - 7 glycerylcoate [2]

สารทำให้ขึ้น เพื่อเพิ่มความเหนียวหนืดให้แก่สบู่เหลว สารที่นิยมใช้ ได้แก่ coconut diethanolamine

- lauric acid diethanolamine
- sodium chloride หรือเกลือแกง
- PEG 6000 distearate
- PEG - 55 propylene glycol oleate

สารที่ทำให้เกิดประกายมุก เพื่อทำให้สบู่เหลวดูสวยงาม น้ำใช้ คูมิรคา สารที่ใช้ได้แก่ ethylene glycol distearate

สารกันเสีย สารที่นิยมใช้ได้แก่

- methyl paraben, propyl paraben
- 2- bromo-2-nitro-1, 3 propanediol
- isothiazolinone derivatives

ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สีนํ้าหอม สารฆ่าเชื้อโรค สมุนไพร วิตามินอี เป็นต้น โดยทั่วไปการใช้สารเคมีเหล่านี้ในการผลิตสบู่เหลว จะมีข้อกำหนดอย่างเข้มงวดในเรื่องของกรดของสารเคมีที่เหมาะสมต่อผิว ปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะสม เพราะหากมีการใช้กรด ปริมาณและความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสม ก็จะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ในระยะเวลานานสั้น เช่น ทำให้เกิดอาการแพ้ถ้าเข้าตาจะทำให้เยื่อตาอักเสบ หรือถึงขั้นตาบอดได้ เป็นต้น[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างที่กล่าวแล้วว่า สารเคมีสังเคราะห์เหล่านี้สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้ แล้วไปสะสมอยู่ในเซลล์อวัยวะภายในและกระแสเลือด มีรายงานการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และทางการแพทย์ในยุโรปและอเมริกายืนยันว่า สารเคมีเหล่านี้มีโอกาที่จะทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง ตัวอย่างเช่น

- สาร SLS และ SLES สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้อย่างรวดเร็ว และจะไปสะสมอยู่ในดวงตา สมอง หัวใจ และตับ ซึ่งจะมีผลเสียต่ออวัยวะเหล่านี้ในระยะยาว SLS สามารถเป็นสาเหตุของโรคต่อกระดูกในผู้ใหญ่ และมีผลกระทบต่อพัฒนาการทางสายตาศดของเด็ก ทั้ง SLS และ SLES สามารถก่อให้เกิด nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เมื่อถูกใช้ร่วมกับ DEA: Diethanolamine หรือ TEA: Triethanolamine ซึ่งเป็นสารประกอบรอง

- DEA หรือ TEA เมื่อทำปฏิกิริยากับ nitrosating agent ที่อาจปนเปื้อนมากับสารเคมี (เช่น สารกันบูด) ที่ใช้ในสบู่หรือเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและเก็บรักษา จะทำให้เกิดสาร nitrosamine ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ผลการศึกษาของโครงการพิษวิทยาแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาพบว่า DEA และ TEA สามารถซึมผ่านผิวหนัง และสะสมอยู่ในอวัยวะภายใน และเพิ่มโอกาสเสี่ยงของการเกิดมะเร็งในตับและไต สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สหรัฐอเมริกาก็มีคำแนะนำให้ลดการใช้ DEA และ TEA แต่ก็ไม่ปรากฏว่าสารเคมีทั้งสองนี้ยังพบได้ไม่ยากในสบู่เหลว แชมพู และ ผลิตภัณฑ์อื่นๆ

- PEG หรือ Polyethylene เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้ทดแทนสารเพิ่มความชุ่มชื้น จึงมักถูกใช้ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด และถนอมผิวพรรณสถาบันเผยแพร่มูลด้านความปลอดภัยของวัตถุในสหรัฐอเมริกาได้ออกคำเตือนให้หลีกเลี่ยงการใช้ PEG เพราะเป็นสารที่ระคายเคืองต่อผิวมาก และอาจเป็นสาเหตุของ ความผิดปกติในตับและไตได้นอกจากนี้สารเคมีในกลุ่ม PEG มีโอกาสที่จะปนเปื้อน dioxanes ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เป็นมะเร็งในตับและจมูกได้ กระทรวงสาธารณสุขของไทยก็มีประกาศห้ามและข้อกำหนดในการใช้ PEG ในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและเครื่องสำอางเช่นเดียวกัน

นี่เป็นเพียงตัวอย่างของสารเคมีเพียงไม่กี่ตัว แต่ก็เป็นตัวหลักๆ ที่ใช้ในสบู่เหลว ยังมีสารเคมีอีกหลายตัวในสบู่เหลวที่สามารถส่งผลได้ในลักษณะเดียวกัน หรือแตกต่างกันออกไป ถึงแม้เรื่องนี้จะมีการพูดถึงมาหลายปีแล้ว ก็ตามแต่ก็นับว่ายังเป็นเรื่องใหม่ โดยเฉพาะสำหรับสังคมไทย และอันตรายที่เกิดจากสารเคมีเหล่านี้ก็ยังไม่ได้แสดงผลอย่างชัดเจน จึงมักจะมีคำถามอยู่

คำถามหนึ่งที่ถูกถามขึ้นมาเสมอว่า ถ้าเป็นจริงตามข้อมูลที่กล่าวมา ทำไมหน่วยงานที่รับผิดชอบจึง

ปล่อยให้มีการใช้สารเคมีเหล่านี้ในหมู่สบู่เหลว หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆอีก คำตอบของคำถามนี้ก็จะ

เหมือนกับคำถามที่ว่า ทำไมรัฐบาลจึงปล่อยให้มีการผลิตบุหรี่ เหล้า อยู่อีกไหม หรือทำไมจึงปล่อยให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงในการปลูกพืชผักอยู่อีกหรือ จึงอยากให้ลองขังใจดูว่าจะเชื่อ

ข้อมูลของฝ่ายไหนดี จะยังเชื่อคำโฆษณาของผู้ผลิตและใช้สบู่เหลวกันต่อไปหรือจะเริ่มฟังหูไว้หู เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับคำเตือน ว่าสารเคมีเหล่านี้อาจจะก่อผลเสียทั้งเบาทั้งหนักแก่เราได้อย่างไม่ทันรู้ตัว แล้วลองถามตัวเราเองต่อไปว่า จำเป็นหรือไม่ที่จะต้องใช้ต้องใช้สบู่เหลวที่มีสารเคมีล้วนๆ จะไม่พยายามลดการใช้สารเคมีลงบ้างหรือลองหาทางเลือกอื่นๆ ในการที่จะไม่ใช้สารเคมีกับร่างกายเรา หันกลับไปใช้สบู่ก้อน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีสารเคมีน้อยกว่าหรือหันไปใช้สบู่สมุนไพร สารจากธรรมชาติในการทำ ความสะอาด หรือหากยังชอบใจการใช้สบู่เหลวอยู่ละก็ ลองหันไปหาสบู่เหลวธรรมชาติ ซึ่งก็คงจะหาซื้อค่อนข้างยาก ทางที่ดีลงมือทำสบู่เหลวธรรมชาติที่แท้จริงใช้เอง คุณรู้หรือไม่ว่า สบู่เหลวที่แท้จริงคืออะไรและทำได้อย่างไร [2]

2.2 Chromatography

Chromatography เป็นเทคนิคในการแยกสารออกจากกัน โดยอาศัยคุณสมบัติการกระจายตัวของสารใน 2 phase คือ stationary phase และ mobile phase โดยขณะที่ solute เคลื่อนที่ไปกับ mobile phase นั้น หาก solute มีการกระจายตัวใน mobile phase ดีกว่าใน stationary phase จะเคลื่อนที่ไปกับ mobile phase ได้เร็วกว่าสารที่กระจายตัวได้ดีใน stationary phase

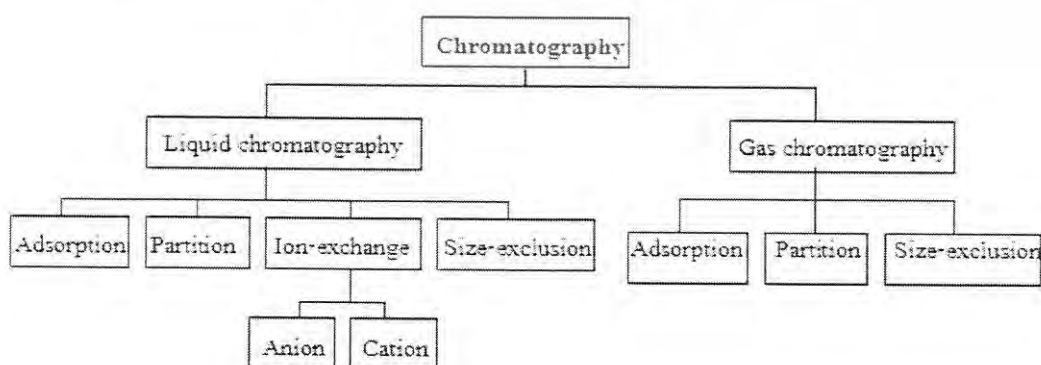
ชนิดของ CHROMATOGRAPHY

ก. แบ่งตามกลไกการแยก (Mechanism of separation) (รูปที่ 2.4)

1. Partition chromatography
2. Adsorption chromatography
3. **Ion-exchange chromatography**
4. Size-exclusion chromatography

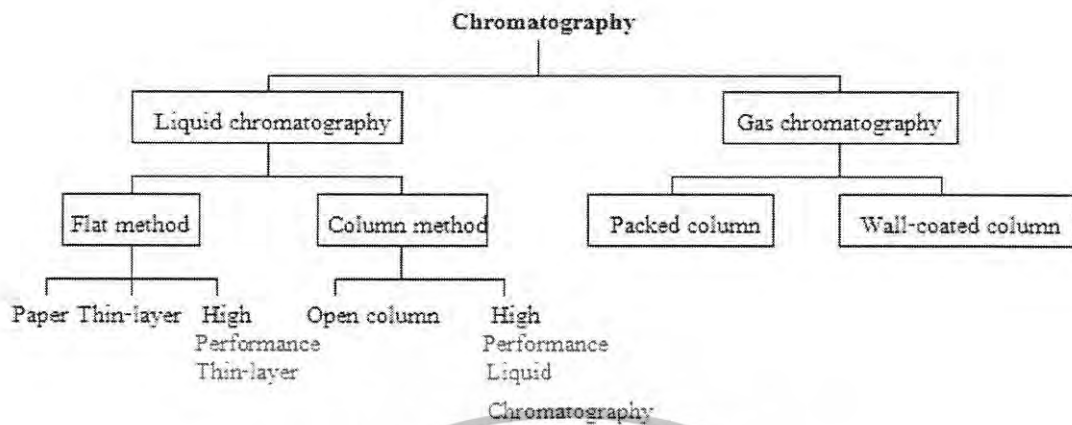
ข. แบ่งตามอุปกรณ์ที่ใช้ (รูปที่ 2.5)

1. Paper chromatography
2. Thin layer chromatography
3. **Column chromatography**
4. Gas chromatography



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ชนิดของ chromatography แบ่งตามกลไกการแยก



รูปที่ 2.5 ชนิดของ chromatography แบ่งตาม mobile phase และอุปกรณ์ที่ใช้

ก. กลไกการแยก (MECHANISM OF SEPARATION)

1. Partition chromatography

Stationary phase: liquid

Mobile phase: liquid หรือ gas

หลักการ: สารต่างๆในสารผสมมีการกระจายตัว (partition) ใน mobile phase และ stationary phase แตกต่างกัน สารที่กระจายตัวได้ดีใน mobile phase จะเคลื่อนที่ไปกับ mobile phase ได้เร็วกว่าสารที่กระจายตัวได้ดีใน stationary phase

2. Adsorption chromatography

Stationary phase: solid

Mobile phase: liquid หรือ gas

หลักการ: Stationary phase หรือ adsorbent มีความสามารถดึงดูด solute ชนิดต่างๆแตกต่างกัน ขณะที่ mobile phase เคลื่อนที่ผ่าน ไปสารที่มี affinity ต่อ adsorbent สูงจะถูกดึงดูดเอาไว้ ทำให้เคลื่อนที่ช้ากว่าสารที่มี affinity ต่ำ

3. Ion-exchange chromatography

Stationary phase: solid matrix ที่มีกลุ่มประจุ (charge group)

Mobile phase: liquid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

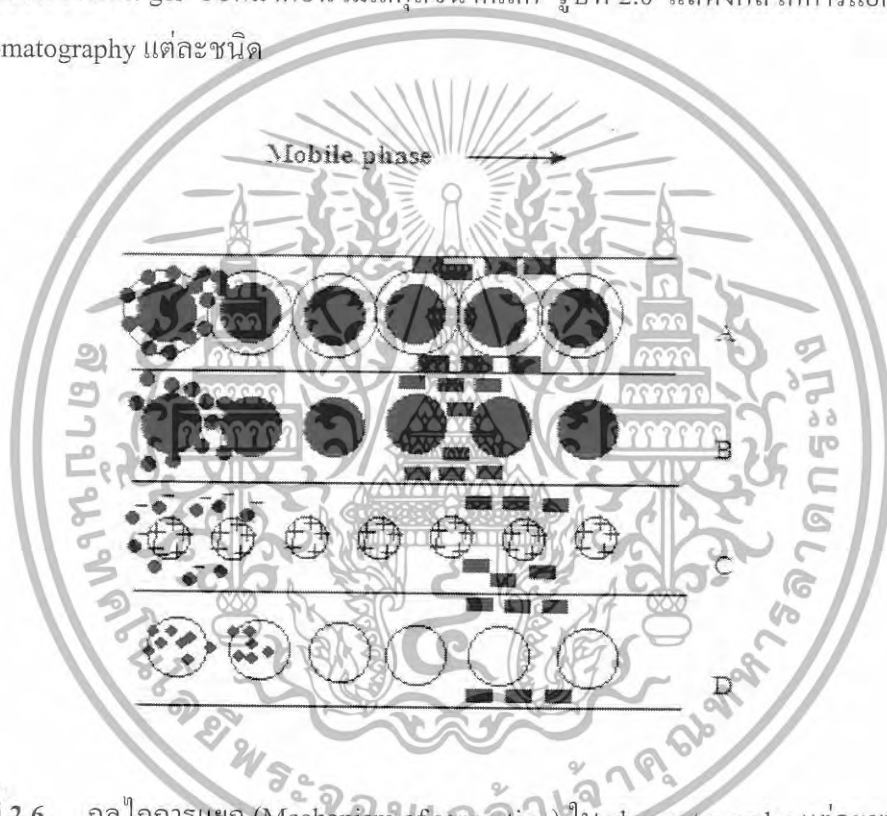
หลักการ: Ion-exchanger สามารถจับกับสารที่มีประจุตรงกันข้ามด้วย ionic interaction สารที่ไม่มีประจุหรือมีประจุเหมือนกับ ion-exchanger จะเคลื่อนที่ออกมาก่อน สารที่ถูกจับไว้สามารถ elute ออกมาได้โดยการเปลี่ยน pH หรือ ionic strength

4. Size-exclusion chromatography

Stationary phase: inert solid matrix

Mobile phase: liquid หรือ gas

หลักการ: Stationary phase ซึ่งเป็น inert gel มีรูเล็กๆจำนวนมาก โมเลกุลที่มีขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าไปในรูเหล่านี้ได้ ขณะที่โมเลกุลขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านรูพอร์ในเม็ด gel แต่จะผ่านช่องว่างระหว่างเม็ด gel ออกมาก่อน โมเลกุลขนาดเล็ก รูปที่ 2.6 แสดงกลไกการแยกสารในเทคนิค chromatography แต่ละชนิด



รูปที่ 2.6 กลไกการแยก (Mechanism of separation) ใน chromatography แต่ละชนิด

A = Partition B = Adsorption C = Ion-exchange D = Size-exclusion

ข. อุปกรณ์ที่ใช้ (COLUMN CHROMATOGRAPHY)

1. Partition chromatography

การแยกสารอาศัยคุณสมบัติการกระจายตัว (partition) ของสาร โดยสารแต่ละชนิดจะมี partition coefficient แตกต่างกัน

$$\text{Partition coefficient (K)} = \frac{\text{conc. of solute in stationary phase}}{\text{conc. of solute in mobile phase}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน Partition chromatography สารที่เป็น stationary phase จะเคลือบอยู่บน solid support หรือ matrix เมื่อเอาตัวอย่าง load ลงบน column สารในตัวอย่างจะเคลื่อนที่ไปกับ mobile phase ในระหว่างที่ผ่าน stationary phase สารจะเกิดการ partition โดยสารที่ละลายได้ดีใน stationary phase จะเคลื่อนที่ช้ากว่าสารที่ละลายได้ดีใน mobile phase

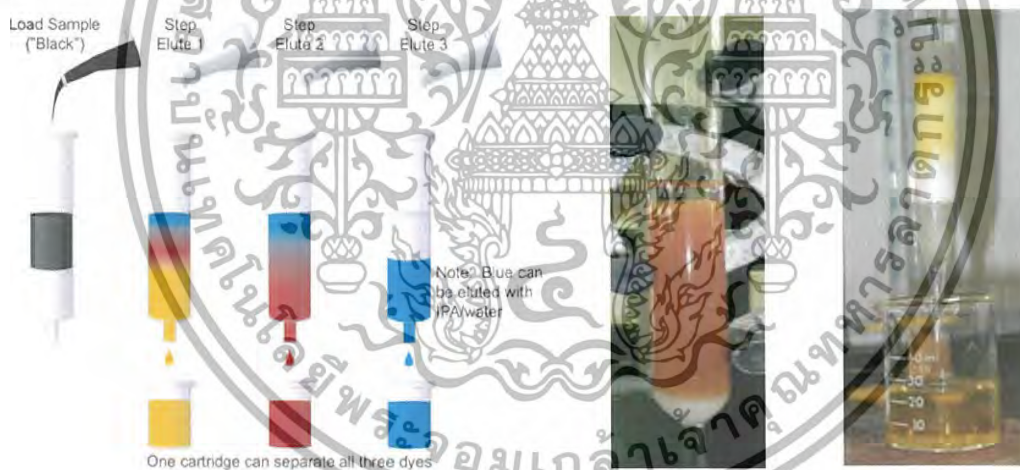
Partition chromatography แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Normal-phase partition chromatography
2. Reversed-phase partition chromatography

2. Adsorption chromatography

ในเทคนิค Adsorption chromatography สารที่เป็น solute จะถูกดึงดูดอยู่กับ stationary phase ด้วย affinity ที่แตกต่างกัน สารที่ถูกดึงดูดด้วย affinity ต่ำจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า แรงยึดที่มีบทบาทสำคัญใน adsorption chromatography ได้แก่ hydrogen bond, dipole interaction, และ van der Waals' force

3. Ion-exchange chromatography



รูปที่ 2.7 การแยกตัวอย่างผ่านเรซิน โดยใช้คอลัมน์ [13]

ไอออนเอกซ์เชนจ์โครมาโตกราฟี เป็นเทคนิคที่ใช้แยกโมเลกุลชนิดต่างๆ ออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างของค่าประจุ (Net charge) ของโมเลกุลเหล่านั้น นั่นคือสารที่จะนำมาแยกจะต้องมีความสามารถในการแตกตัวให้ประจุ ไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน (ion exchange resin) เป็นวัสดุที่จะใช้บรรจุลงในคอลัมน์เพื่อเป็น solid support matrix สำหรับให้สารตัวอย่างจับ เรซินทำจากสารหลายชนิดปรับแต่งให้มีสมบัติเฉพาะของการมีประจุต่างกัน จึงทำให้โมเลกุลที่มีประจุตรงข้ามสามารถเข้ามาจับกับเรซินได้ด้วยแรงระหว่างประจุ (ionic force หรือ electrostatic force) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถถูกไล่หรือแทนที่ได้หากมีโมเลกุลอื่นที่มีความสามารถในการจับกับเรซินได้ดีกว่าเข้ามาแข่งขันแย่งจับ จึงเรียกระซินว่าเป็นตัวกลางของการแลกเปลี่ยนประจุหรืออออนเอกซ์เชนเจอร์ (ion exchanger) สารที่ใช้เป็นเรซิน ได้แก่ สารพวกเซลลูโลส (cellulose) อะการ์โรส (agarose) โพลีอามีน (polyamine) สารอะคริลิก (acrylic) หรือโคพอลิเมอร์ (copolymer) ของสไตรีนและไดไวนิลเบนซีนที่ เรียกว่าเป็น “cross-linked styrene divinylbenzene” ลักษณะที่สำคัญของสารเหล่านี้ คือ มีความเป็นรูพรุน (porosity) ซึ่งมีผลดีเฉพาะในแง่การเพิ่มพื้นที่ผิวของการแลกเปลี่ยนประจุ

ธรรมชาติทางเคมีของสารซึ่งเป็นเรซินที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ไม่มีประจุ อย่างมากก็มีสมบัติเป็นโพลาร์เล็กน้อย เช่น จากหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในเซลลูโลส ดังนั้นเพื่อให้เรซินสามารถทำหน้าที่แลกเปลี่ยนประจุ สารที่ใช้ทำเรซินจะถูกนำมาปรับแต่ง โครงสร้างให้เกิดพันธะโควาเลนต์ยึดแน่นกับหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ซึ่งเรียกว่าเป็นลิแกนด์ (ligand) ลิแกนด์นี้เองคือส่วนของเรซินที่แตกตัวให้ประจุ ตัวอย่างเช่น หมู่คาร์บอกซิลแตกตัวให้ประจุลบ หมู่ไดเอทิลอะมิโนเอทิล (diethylaminoethyl) แตกตัวให้ประจุบวก จากสมบัติการเป็นประจุของหมู่ลิแกนด์ทำให้แบ่ง เรซินออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ

(1) แคทไอออนเอกซ์เชนเจอร์เรซิน (cation exchange resin) หรือแคทไอออนเอกซ์เชนเจอร์ เป็นเรซินชนิดแลกเปลี่ยนประจุบวก โดยที่ลิแกนด์ของเรซินชนิดนี้เป็นหมู่จำพวกกรด เมื่ออยู่ใน ionized form จะมีสมบัติเป็นประจุลบ ประจุของแคทไอออนเอกซ์เชนเจอร์เรซินจึงเป็นประจุลบ หมู่ที่เป็นลิแกนด์นี้อาจเรียกว่าเป็น fixed ions ทำหน้าที่เสมือนเป็น stationary phase ของการแลกเปลี่ยนประจุ โมเลกุลที่จะเข้าจับกับเรซินหรือที่เรียกว่า เคาน์เตอร์อออน (counterion) จึงต้องเป็นประจุบวก (cation)

(2) แอนไอออนเอกซ์เชนเจอร์เรซิน (anion exchange resin) หรือแอนไอออนเอกซ์เชนเจอร์ เป็นเรซินชนิดแลกเปลี่ยนประจุลบ สมบัติต่างๆ ก็จะเป็นลักษณะที่ตรงกันข้ามกับแคทไอออนเอกซ์เชนเจอร์เรซิน คือลิแกนด์เป็นหมู่ฟังก์ชันจำพวกเบส สภาพ ionized form มีสมบัติประจุบวก ที่สำคัญคือ พวกอนุพันธ์ของหมู่แอมโมเนียม เมื่อประจุของลิแกนด์เป็นบวก โมเลกุลที่จะเป็นเคาน์เตอร์อออนได้จะต้องเป็นประจุลบ (anion)

ขั้นตอนและกลไกของการทำอออนเอกซ์เชนเจอร์โครมาโตกราฟี

1. การเตรียมเรซิน ดังได้กล่าวไว้ว่าส่วนสำคัญของอออนเอกซ์เชนเจอร์เรซินคือลิแกนด์ ซึ่งติดอยู่กับเรซินด้วยพันธะโควาเลนต์ โครงสร้างส่วนนี้ไม่ถูกทำลายได้ง่ายๆ ส่วนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงคือ สภาพ ionized form ของหมู่ลิแกนด์ซึ่งขึ้นกับพีเอชของระบบ และของเคาน์เตอร์อออน ซึ่งอาจ หมายถึง สารตัวอย่างหรืออออนหรือโมเลกุลอื่นใดที่มีประจุ

เรซินที่ผลิตขายหรือที่ผ่านการใช้งานมาบ้างแล้ว อาจมีเคาน์เตอร์อออนหลากหลายชนิด เกาะจับกับลิแกนด์ ซึ่งหากนำเรซินมาใช้แยกสารตัวอย่างทันทีจะทำให้ประสิทธิภาพในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยกสารของเรซินนั้นคือยกลงไป Resolution ของการแยกจะไม่ดี ที่สำคัญ คือ ที่ปะปนอยู่เหล่านั้น อาจมีผลทำลายสารตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีสิ่งเจือปนที่เรียกว่า เป็น “fines” ปะปนอยู่กับเม็ดเรซิน

การเตรียมเรซินเป็นขั้นตอนการกำจัดไอออนที่ไม่พึงปรารถนาและผง “fines” ออกจากเรซิน และยังเป็นการ swell เม็ดเรซินให้บวมอยู่ในสภาพที่จะใช้งาน วิธีการคือ ล้างเม็ดแคทไอออนเอกซ์เชนจ์เรซินด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (0.2-0.5 N) ไฮโดรเจนไอออนหรือโปรตอน (H^+) จากกรดจะแทรกเข้าไปจับกับลิแกนด์ไคเคาน์เตอร์ไอออนอื่นๆออกไป ดังนั้นหลังการล้างเรซินแล้ว ไคเคาน์เตอร์ไอออนของเรซินจะเป็นแบบเดียวกันหมด คือเป็นโปรตอน ในทำนองเดียวกันล้างแอนไอออนเอกซ์เชนจ์เรซินด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.2-0.5 N) ทำให้แอนไอออนเอกซ์เชนจ์เรซินในสภาพพร้อมที่จะเริ่มต้นใช้งานนั้นมีไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) เป็นไคเคาน์เตอร์ไอออน ในบางครั้งเรซินที่ทำขึ้นจากเซลลูโลสอาจจะมีไอออนโลหะปะปนอยู่มาก จำเป็นจะต้องล้างเรซินซ้ำด้วยสารละลาย chelating agent เช่นใช้ ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) เป็นต้น เพื่อกำจัดไอออนโลหะ เรซินที่ปรับสภาพแล้วจะถูกนำไปบรรจุในคอลัมน์ (pack column) เพื่อเตรียมเป็นคอลัมน์ไอออนเอกซ์เชนจ์เรซินสำหรับใช้แยกสาร

2. การใส่ตัวอย่างลงจับกับเรซิน (Sample application and adsorption)

การการแยกสารต้องมีขั้นตอนการ Equilibrate column ด้วยบัฟเฟอร์ที่จะใช้สำหรับการแยกสาร เพื่อปรับสภาพคอลัมน์ให้พร้อม ทั้งในแง่การ packing ของเม็ดเรซินให้เป็น uniform ตลอดคอลัมน์ และเพื่อกำจัดไล่ H^+ หรือ OH^- ที่มากเกินไปและมิได้เกิดแรงยึดกับลิแกนด์ออกไป

เพื่อให้สามารถแยกสารตัวอย่างออกจากสารอื่นอย่างมีประสิทธิภาพ สารตัวอย่างควรจะอยู่ในสภาพที่มีประจุเป็นเช่นเดียวกับไคเคาน์เตอร์ไอออนของเรซิน เมื่อใส่สารตัวอย่างซึ่งมีสารที่ต้องการแยกให้บริสุทธิ์ลงในคอลัมน์ของไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน สารนั้นจะไล่ที่ไคเคาน์เตอร์ไอออนเดิม (H^+ หรือ OH^-) แล้วเข้าจับกับเรซินแทนที่ ส่วนสารอื่นๆที่ไม่สามารถจับกับลิแกนด์ก็จะไหลออกจากคอลัมน์ก่อน

ในกรณีที่สารตัวอย่างเป็น โปรตีนพีเอชที่ใช้ในขั้นตอนเริ่มต้นนี้ประมาณ $pI + 0.5$ ถึง $pI+1.05$ pH units สำหรับแอนไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน หรือประมาณ $pI-0.5$ ถึง $pI-1.5$ pH units สำหรับแคทไอออนเอกซ์เชนจ์เรซิน

3. การชะสารออกจากคอลัมน์ (elution)

เนื่องจากการยึดเกาะระหว่างลิแกนด์ของเรซินกับไคเคาน์เตอร์ไอออนต่างๆ เป็นการจับด้วยแรงระหว่างประจุ การจับนี้จึงไม่คงตัว (Reversible) ปัจจัยที่มีผลต่อการจับกันระหว่างลิแกนด์กับไคเคาน์เตอร์ไอออน ได้แก่

ก. ค่าของประจุว่ามากหรือน้อยเพียงใด ประจุที่เป็น polyvalent ย่อมจับกับลิแกนด์ได้ดีกว่า divalent หรือ monovalent

ข. ขนาดของประจุ (size) ประจุที่มีขนาดเล็กจะเข้าจับกับลิแกนด์ได้ดีกว่าประจุที่มีขนาดใหญ่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่

ค. ค่าความแรงของประจุ (ionic strength) หมายถึงความเข้มข้นของประจุ สารละลายที่มีค่าความแรงของประจุสูงก็จะยิ่งเพิ่ม โอกาสในการเข้าจับกับลิแกนด์

ในการชะไล่สารชนิดต่างๆ ที่จับอยู่กับเรซินด้วยแรงยึดที่แตกต่างกัน ต้องมีวิธีการที่จะชะให้สารต่างๆ เหล่านี้หลุดออกจากเรซินไม่พร้อมกันเพื่อให้แยกออกจากกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การชะด้วยพีเอชเกรเดียนท์ (pH gradient) มีการเปลี่ยนตัวชะให้มีค่าพีเอชหลายค่า
- การชะด้วยเกรเดียนท์ของความแรงไอออน (ionic strength gradient) ใช้ตัวชะที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน

4. การปรับสภาพเรซิน (Regeneration) และการเก็บรักษา (Storage)

คอลัมน์ไอออนเอ็กซ์เชนจ์โครมาโทกราฟีที่ผ่านการใช้งานแล้ว สามารถปรับสภาพให้ใช้งานได้ดังเดิมโดยไม่ต้องเทเรซินออกจากคอลัมน์ วิธีการปรับสภาพเรซินในคอลัมน์ คือ ล้างแคทไอออนเอ็กซ์เชนจ์เรซินด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง หรือล้างแอนไอออนเอ็กซ์เชนจ์เรซินด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจาง (0.1-0.2 N) ใช้ปริมาณมากๆ แล้วล้างซ้ำด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ใช้เป็น Equilibrating buffer ปริมาณมากๆ คอลัมน์ก็พร้อมที่จะใช้งานได้ซ้ำอีก 1-2 ครั้ง ในเวลาที่ยาวต่อเนื่องกัน

Applications

1. ใช้ในการแยกสารให้บริสุทธิ์ (purification) ได้แก่ protein, nucleic acid, nucleotide
2. ใช้ในการวิเคราะห์สาร เช่น ตรวจวัดปริมาณ HbA_{1c}, HbA₁
3. ใช้วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน (amino acid analysis)
4. ใช้ในการกำจัด ion (deionization)

4. SIZE-EXCLUSION CHROMATOGRAPHY

Size-exclusion chromatography หรือ gel filtration เป็นการแยกสารโดยอาศัยความแตกต่างของขนาดโมเลกุล โดย stationary phase เป็นสารที่มีรูพรุน ขนาดของรูพรุนเป็นตัวกำหนดขนาดของสารที่จะสามารถผ่านเข้าไปได้ เมื่อสารที่ต้องการแยกเคลื่อนที่ไปกับ mobile phase สารที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านรูพรุนของ gel จึงเคลื่อนที่ตามช่องว่างระหว่างเม็ด gel ออกมาก่อน ในขณะที่สารที่มีขนาดเล็กผ่านเข้าไปในรูพรุนของ gel ทำให้เคลื่อนที่ออกมาภายหลัง

ข้อดีของโครมาโทกราฟี

1. สามารถแยกสารที่มีปริมาณน้อยได้
2. สามารถแยกได้ทั้งสารที่มีสี และ ไม่มีสี
3. สามารถใช้ได้ทั้งปริมาณวิเคราะห์ (บอกได้ว่าสารที่แยกออกมา มีปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่าใด) และคุณภาพวิเคราะห์ (บอกได้ว่าสารนั้นเป็นสารชนิดใด)

4. สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้
5. สามารถแยกสารออกจากกระดาศกรองหรือตัวดูดซับ โดยสกัดด้วยตัวทำละลาย

2.3 Extraction

สารต่าง ๆ มักรวมอยู่กับสารอื่น ๆ ในรูปของสารผสมเนื้อเดียว หรือสารผสมไม่เป็นเนื้อเดียว ถ้าต้องการสารเพียงชนิดเดียวเพื่อนำมาใช้ประโยชน์อาจทำได้โดยแยกสารออกมาโดยอาศัยสมบัติเฉพาะตัวของสาร การแยกสารผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวทำได้โดยใช้วิธีการทางกายภาพ เช่น หยิบออก ร่อนด้วยตะแกรง ใช้แม่เหล็กดูด การแยกสารผสมที่เป็นเนื้อเดียวอาจแยกโดยการระเหยแห้ง การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีการแยกสารวิธีหนึ่งที่อาศัยหลักการเกี่ยวกับการละลายของสาร สารแต่ละชนิดจะละลายได้ในตัวทำละลายต่างกัน สารบางชนิดมีจุดเดือดต่ำ ระเหยกลายเป็นไอได้ง่ายและไม่ละลายน้ำ จึงใช้ไอน้ำร้อนช่วยในการแยกสารได้ สารผสมบางชนิดที่เป็นของเหลวกับของเหลว หรือของแข็งกับของเหลว ซึ่งมีจุดเดือดต่างกันมาก ๆ สามารถแยกออกจากกันได้โดยการกลั่น ส่วนสารผสมที่มีสีแต่ละชนิดจะเคลื่อนที่ไปบนตัวดูดซับได้ต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารนั้นในตัวทำละลาย หลักการนี้จึงนำมาใช้ในการแยกสารได้ สารที่แยกออกมาได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction)

1. การสกัดสารและแยกสารด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี เป็นการทำให้สารมีความบริสุทธิ์ขึ้นโดยอาศัยการละลายที่แตกต่างกัน และเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการแยกสารต่างๆ ออกจากสารผสม การทดลองนี้จะสกัดสารรงควัตถุ (pigment) ออกจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติและจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและนำสารที่สกัดได้ไปตรวจสอบความบริสุทธิ์และความเหมือนกัน (identity) ด้วยวิธีโครมาโทกราฟี

2. การแยกสารบางชนิดออกจากสารผสมโดยใช้ตัวทำละลายสกัดออกมานั้นเป็นเทคนิคที่ใช้กันมากในเคมีอินทรีย์ สารผสมที่นำมาสกัดเป็นสารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สารจากการสังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหรือสารจากผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การสกัดสารด้วยวิธีนี้อาศัยสมบัติของการทำละลายของสารที่ต่างกันในตัวทำละลายชนิดต่างๆ

สารผสมที่นำมาสกัดอาจเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว แต่ตัวทำละลายที่ใช้สกัดมักเป็นของเหลว ซึ่งการสกัดทำได้หลายวิธี

- การสกัดสารจากของแข็ง

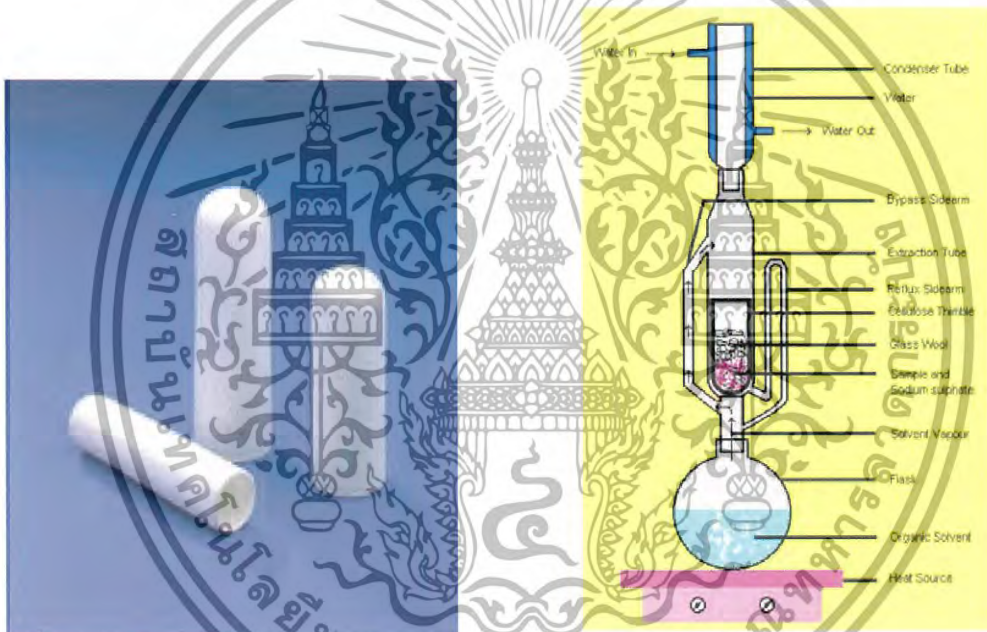
สารผสมที่เป็นของแข็งมีมากมาย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่เป็นพืชและสัตว์ ตัวอย่างเช่น ใบไม้ ดอกไม้ เปลือกไม้ รากไม้ ผลไม้ เมล็ด และอื่นๆ การสกัดโดยทั่วไปนั้นทำให้ของแข็งแห้งเพื่อขจัดน้ำออกก่อนแล้วจึงบดให้ละเอียดเพื่อทำให้มีพื้นที่ผิวมากซึ่งจะสกัดสารออกมาได้มากที่สุด จากนั้นจึงนำไปแช่ในตัวทำละลายที่อุณหภูมิ หรือคัมที่อุณหภูมิของจุดเดือด

เอกสารนั้นเป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของตัวทำละลายที่ใช้สกัด

ตัวทำละลายที่ใช้ได้แก่ เฮกเซน อีเทอร์ เมทิลีนคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม อะซีโตน เอทานอล แอลกอฮอล์ หรือน้ำ เมื่อแช่หรือต้มในระยะหนึ่งจึงกรองเอาของแข็งออก และนำสารละลายที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกจะได้สารสกัดขั้นต้น (crude extract) ส่วนของแข็งที่เหลืออาจนำไปสกัดต่อได้อีก ในกรณีที่สกัดขั้นแรกด้วยตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเมื่อจะสกัดต่อจะใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วสูงขึ้นวิธีนี้จะทำให้ได้สารสกัดขั้นต้นที่มีสารผสมหลายชนิดเมื่อนำไปแยกต่อจะได้สารที่บริสุทธิ์ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์หาโครงสร้างในขั้นต่อไป

การสกัดสารโดยต้มกับตัวทำละลายนั้น วิธีที่นิยมใช้มากคือ การสกัดแบบต่อเนื่อง (Continuous extractor) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องสกัดแบบซอกซ์เล็ต (soxhlet extractor) ซึ่งเป็นท่อแก้วสำหรับบรรจุของแข็งที่ต้องการสกัด และใช้ปริมาตรตัวทำละลายที่มีปริมาณน้อย



รูปที่ 2.8 การสกัดแบบต่อเนื่อง (soxhlet extraction) [14]

มีลักษณะดังรูป ข้างหนึ่งมีแขนเพื่อให้ไอของตัวทำละลายจากขวดที่อยู่ด้านล่างระเหยขึ้นสู่ส่วนบน ส่วนด้านบนจะต่อกับคอนเดนเซอร์ ด้านข้างอีกด้านหนึ่งเป็นท่อแก้วที่ขดเป็นสองชั้นเมื่อไอของตัวทำละลายควบแน่นลงมาจะค้างในเครื่องซอกซ์เล็ต ทำให้แ่สารเอาไว้เมื่อสารละลายมีระดับสูงพอจะเกิดความดันที่ทำให้สารละลายนั้นไหลกลับสู่ขวดด้านล่าง การสกัดจึงหมุนเวียนต่อเนื่องกัน วิธีนี้ทำให้ประหยัดตัวทำละลายและทำให้สารที่สกัดได้มีความเข้มข้นสูงมากขึ้นนอกจากนี้ของแข็งที่ถูกสกัดจะไม่ถูกความร้อนสูงเท่ากับการต้มโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การสกัดสารจากของเหลว

เมื่อสารที่ต้องการสกัดเป็นของเหลว หรือเป็นสารที่อยู่ในตัวทำละลาย การสกัดจะต้องเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม คือ ไม่ละลายกับตัวทำละลายที่มีอยู่เดิม ซึ่งจะทำให้แยกชั้นออกจากกันได้และต้องละลายสารที่ต้องการได้ดีกว่าตัวทำละลายเดิม ตามหลัก การกระจายสาร

(Distribution law) การละลายของสารใดสารหนึ่งในตัวทำละลายสองชนิด จะมีการกระจายตัวของสารในตัวทำละลายทั้งสองชนิดในอัตราส่วนคงที่ ซึ่งขึ้นกับ ค่าคงที่ของการกระจาย

Distribution coefficient or partition coefficient, K

เครื่องมืออย่างง่ายที่นิยมใช้สกัดของเหลวออกจากของเหลวคือ กรวยแยก (Separatory Funnel) วิธีสกัดจะทำได้โดยใส่สารที่ต้องการแยกลงไปก่อน แล้วเติมตัวทำละลายที่จะสกัดตามลงไปปิดจุกขวดเพื่อให้ตัวทำละลายทั้งสองมีพื้นที่ผิวสัมผัสกันให้มากที่สุด

การสกัดสารบางชนิด ถ้าเขย่ารุนแรงจะเกิดเป็นอิมัลชันทำให้แยกชั้นออกจากกันได้ยาก การสกัดต้องเขย่าเบา ๆ หรือแกว่งเบา ๆ ซึ่งตัวทำละลายทั้งสองจะเกิดการผสมกัน ทำให้มีการกระจายของสารในตัวทำละลายทั้งสองเกิดขึ้น เมื่อตั้งกรวยในแนวตั้งและเปิดจุกตัวทำละลายทั้งสองจะแยกชั้นกันทำให้ได้แต่ละชั้นออกจากกันได้ การสกัดเพื่อให้ได้สารออกมามากที่สุดมักทำซ้ำได้อีก เมื่อนำชั้นที่สกัดมารวมกัน และระเหยตัวทำละลายออกจะได้สารที่ต้องการ

สารสกัดที่แยกจากวิธีข้างต้นอาจยังไม่บริสุทธิ์พอที่จะนำไปใช้ต่อ การทำให้สารบริสุทธิ์มีวิธีต่าง ๆ กัน เช่น ถูหรับสารที่เป็นของแข็งจะใช้การตกผลึก หรือสำหรับสารที่เป็นของเหลวจะใช้การกลั่น แต่ถ้าใช้วิธีทั้งสองนี้แล้วยังไม่บริสุทธิ์มักใช้วิธีโครมาโทกราฟี ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มาก

หลักการเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการแยก

1. ตัวทำละลายสามารถละลายสารที่ต้องการสกัดได้
2. ตัวทำละลายจะต้องไม่ละลายสารอื่นๆที่เราไม่ต้องการสกัด
3. ตัวทำละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่เราต้องการสกัด ตัวทำละลาย สามารถแยกออกจากสารที่เราต้องการสกัดได้ง่าย มีจุดเดือดต่ำ ระเหยง่าย
4. ตัวทำละลายไม่เป็นพิษ และมีราคาถูก

ประโยชน์ของการสกัดด้วยตัวทำละลาย

1. ใช้สกัดน้ำมันพืชจากเมล็ดพืช เช่น น้ำมันงา รำ ถั่ว ปาล์ม นุ่น บัว นิยมใช้เฮกเซน เป็นตัวทำละลาย
2. สกัดสารมีสีออกจากพืช
3. ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยออกจากพืช
4. ใช้สกัดยาออกจากสมุนไพร
5. ใช้สกัด nonionic surfactant ออกจากตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้เพิ่มเติม

- เอทานอลที่ใช้สกัดสารเพื่อการบริโภค ต้องเป็นชนิดที่ยังไม่ได้แปรสภาพหรือผสมสารบางชนิดลงไป นอกจากนี้ต้องระวังอย่าใช้เมทานอลแทนเอทานอลด้วย เนื่องจากเมทานอล เป็นสารพิษที่มีอันตรายมาก ห้ามใช้บริโภค

- การสกัดสารโดยใช้เครื่องสำเร็จซอกซ์เฮต (Soxhlet extraction apparatus) เป็นวิธีสกัดสารที่ใช้ตัวทำละลายในปริมาณน้อย เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารแล้วจะถูกทำ ให้ระเหยและควบแน่นกลับมาใช้สกัดได้อีกเป็นลักษณะหมุนเวียน

2.4 เครื่องระเหย (Evaporator)

เครื่องระเหยเป็นเครื่องแยกน้ำออกจาสารละลาย ทำให้สารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้น เครื่องมือนี้จึงมีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมเคมี โดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำตาล เครื่องระเหยจะติดตั้งอยู่ก่อนหน้าเครื่องตกผลึก หลักการทำงานของเครื่องระเหย ก็คือ การให้ความร้อนแก่ของเหลวหรือที่เรียกว่า ลิเควอร์ (liquors) ในเครื่องระเหย เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยกลายเป็นไอ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงเรื่องอัตราการถ่ายเทความร้อน เป็นเรื่องสำคัญ



รูปที่ 2.9 เครื่องระเหยสุญญากาศ

และของเหลวที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องระเหยควรเป็น

ก. ของเหลวซึ่งเมื่ออุณหภูมิสูงจะไม่สลายตัว

ข. ของเหลวซึ่งสามารถตกผลึกได้ เมื่อมีความเข้มข้นสูง จนเป็นสารละลายที่อิ่มตัววุด

ยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ในนามของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ จุดประสงค์จะประชาสัมพันธ์ให้ผู้ประกอบการนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เทคนิคโพเทนซีอเมตริกไทเทรชัน (Potentiometric titration technique)



รูปที่ 2.10 โพเทนซีอเมตริก

โพเทนซีอเมตริก (Potentiometry) เป็นวิธีวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้า โดยใช้หลักการวัดค่าความต่างศักย์ ระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่จุ่มอยู่ในสารละลายตัวอย่าง ณ สภาวะสมดุลของการดำเนินปฏิกิริยา โดยขั้วไฟฟ้าหรืออิเล็กโทรดที่ใช้ในการวัดความต่างศักย์นี้ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference electrode) ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าของมันจะต้องมีค่าที่แน่นอนและต้องไม่มีผลต่อความเข้มข้นของสารละลายที่สนใจ
2. ขั้วไฟฟ้าชี้บอก (Indicator electrode) ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ซึ่งต้องสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว และสม่ำเสมอ ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไอออน โดยค่าศักย์ไฟฟ้าของมันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายโดยขั้วทั้ง 2 ชนิดจะต้องถูกต่อเข้ากับเครื่องวัดความต่างศักย์ (Potentiometer)

2.5.1 เทคนิควิธีวิเคราะห์โพเทนซีอเมตริก

การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโพเทนซีอเมตริก ทำได้ 2 ลักษณะ คือ

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

เนื่องจากการวิจัยนี้ไม่ได้ใช้การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าโดยตรง จึงขอกล่าวแต่เพียงการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรต

การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตเป็นการวิเคราะห์ศักย์เซลล์ที่แต่ละปริมาตรของไทเทรนต์ที่ไทเทรตลงในสารละลายตัวอย่าง ค่าศักย์ที่วัดได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตัวอย่างกับไทเทรนต์ ไม่ได้มีความสัมพันธ์กัน โดยตรงกับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง จึงถือว่า การวิเคราะห์หาปริมาณสารด้วยเทคนิคโพเทนชิอเมทรีแบบนี้ เป็นการวัดศักย์ทางอ้อม (Indirect potentiometric) ในการวัดศักย์ของการไทเทรตการเปลี่ยนแปลงของศักย์บ่งบอกถึงการดำเนิน ไปของปฏิกิริยา โดยศักย์เกิดการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดที่บริเวณจุดสมมูลของการเกิดปฏิกิริยา และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเกินจุดสมมูลหรือสารตัวอย่างทำปฏิกิริยาจนหมด ดังนั้นค่าศักย์เปรียบเสมือนเป็นอินดิเคเตอร์ของการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารตัวอย่าง โดยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยอาศัยการไทเทรตสารละลายไทเทรนต์จากบิวเรตลงสู่สารละลายตัวอย่าง ที่ถูกกวนตลอดเวลาด้วยแท่งแม่เหล็ก เพื่อให้ไทเทรนต์ได้สัมผัสและเกิดปฏิกิริยากับไอออนของสารตัวอย่าง ได้ทันทีที่หยดลงในสารละลายตัวอย่าง การไทเทรตไม่สามารถทำได้อย่างต่อเนื่อง จนถึงจุดยุติเหมือนการใช้ อินดิเคเตอร์เพราะถึงแม้ไทเทรนต์ทำปฏิกิริยากับไอออนสารตัวอย่าง ได้ทันที แต่การเกิดสมมูลของการตอบสนองของขั้วไฟฟ้าต้องใช้เวลา เพราะฉะนั้นการไทเทรตจึงต้องหยุดเป็นช่วง ๆ เพื่อรอให้เกิดสมมูลขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า จึงอ่านค่าศักย์ได้ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการไทเทรต คือ ช่วงปริมาตรไทเทรนต์ที่ไหลจากบิวเรตกับค่าศักย์ไฟฟ้า ณ สมมูลของแต่ละช่วงไทเทรตนั้น

การไทเทรตดังกล่าวข้างต้น เป็นการทำการไทเทรตด้วยผู้วิเคราะห์ ถ้าเป็นการใช้อุปกรณ์อัตโนมัติที่สามารถตั้งโปรแกรมการไทเทรตตามต้องการได้ ซึ่งสะดวกรวดเร็วขึ้นมาก บ่อยครั้งในการทำการวิเคราะห์มักเป็นการลองทำก่อนหนึ่งตัวอย่าง โดยทำการไทเทรตอย่างรวดเร็ว จนถึงสมมูลของปฏิกิริยา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงศักย์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการไทเทรต นำข้อมูลนี้มา กำหนดช่วงของการไทเทรตในการวิเคราะห์จริงเป็นการช่วยให้การวิเคราะห์จริงทำได้สะดวกขึ้น

2.5.3 ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

1. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่ใช้ คือ Ag/AgCl อิเล็กโทรดซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด ซึ่งสามารถเขียนแทนส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้าอ้างอิงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ag/AgCl (Saturated), NaCl (Saturated)



รูปที่ 2.11 แสดงรูป reference surfactant electrode

ในการวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้าจำเป็นต้องมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิง เพื่อช่วยให้การบวกรวบรวมของเซลล์เคมีไฟฟ้า ปกติค่าศักย์ของวงจรที่อ่านได้จากอุปกรณ์วัดสัญญาณไฟฟ้า เป็นค่าที่เกิดจากผลต่างของศักย์จากขั้วไฟฟ้าทั้งสองของวงจร อาจเรียกค่าศักย์ของวงจรที่วัดได้นี้ว่าค่าศักย์สัมพัทธ์ (Relative potentials) ถ้าขั้วไฟฟ้าตัวหนึ่งของวงจรเป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิงที่รู้ค่าศักย์แน่นอนย่อมทำให้สามารถหาค่าศักย์ของอีกขั้วไฟฟ้าที่ต่อในวงจร ซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน นั่นคือการมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิงต่ออยู่ในวงจรเซลล์ไฟฟ้าเคมีหนึ่ง ๆ ทำให้สามารถรู้ผลการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับขั้วไฟฟ้าที่ใช้งาน อันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารตัวอย่าง ทำให้วิเคราะห์หาปริมาณสารตัวอย่างได้

2. ขั้วไฟฟ้าทำงานที่ใช้ในการทดลอง คือ NIO surfactant electrode บริษัท Metrohm (ดังแสดงในรูป 2.11)



รูปที่ 2.12 แสดงรูป NIO surfactant electrode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ionic surfactant electrode เป็น PVC membrane electrode ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีประจุได้โดยกระบวนการทางโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน โดยช่วงของพีเอชที่อิเล็กโทรดสามารถทำงานได้คือพีเอช 1 – 13 และอุณหภูมิในช่วง 0 – 40 °C

การเก็บและดูแลรักษา Surfactant electrode

1. ควรเก็บในที่แห้ง
2. อายุการใช้งานประมาณ 1 ปีแต่หลังจาก 1 ปีไปแล้วยังใช้งานได้
3. เนื่องจากอิเล็กโทรด มีส่วนประกอบเป็น PVC membrane ดังนั้นจึงไม่ทนทานต่อ Organic solvents เช่น Acetone, Tetrahydrofuran, Chloroform หรือสารที่มีสัดส่วนของ Methanol 30–40 % หรือ Ethanol 20 % ใน Solvent โดยจะไปมีผลทำให้ PVC membrane หรือส่วนประกอบบางส่วนถูกละลายออกมาได้

2.5.4 ข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน

1. ลดการใช้คลอโรฟอร์มที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม
2. เครื่องสามารถอ่านค่าที่จุดยุติได้ทันทีและรวดเร็ว

2.6 Method Validations

เนื่องจากวิธีทดสอบหาสารประเภทอนไอออนิก ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ไม่ใช่วิธีที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นจึงต้องทำการพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีทดสอบ โดยนำความรู้ทางสถิติมาใช้ในการประเมินข้อมูล เพื่อว่าวิธีทดสอบมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

2.6.4 ความเที่ยง (Precision) คือ ความใกล้เคียงของผลทดสอบซ้ำของตัวอย่างเดียวกัน การที่ผลทดสอบซ้ำมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งๆที่กระทำภายใต้สภาวะของการทดสอบตัวอย่างซ้ำในสภาวะเดิม (repeatability) หรือการทดสอบตัวอย่างซ้ำในสภาวะการวัดที่เปลี่ยนแปลง (intermediate precision) ก็ตาม สาเหตุมาจากค่าคลาดเคลื่อนสุ่ม (random error) ซึ่งสามารถแสดงค่าทางสถิติเป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองทั้งสองวิธีว่าแตกต่างกันหรือไม่โดยสถิติ F-test และ T-test

สำหรับวิธีทดสอบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาขึ้นนั้น ต้องมีการตรวจสอบก่อนการนำมาใช้งานว่า ผลการวิเคราะห์ของมาตรฐานกับวิธีที่พัฒนาขึ้นมาขึ้นนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ t-test ซึ่งเป็นการทดสอบว่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของ 2 วิธี ($\mu_1 - \mu_2$) ที่สนใจว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

ในการใช้ t-test ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 วิธี ต้องทราบมาก่อนว่า ค่าเฉลี่ยของ 2 วิธี นั้นได้มาจากข้อมูลที่มีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ การที่จะทราบว่าตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ เราจะใช้สถิติทดสอบ F-test ทำการทดสอบก่อน

สูตร F-test

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

โดย S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของวิธีที่ 1

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของวิธีที่ 2

$$S_1^2 > S_2^2$$

เปรียบเทียบค่า F จากการคำนวณ กับค่า F จากตาราง (critical F, F_c) ถ้าค่า $F > F_c$ แสดงว่าไม่ยอมรับ precision ของวิธีนี้

สูตร T-test

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{[S_1^2/n_1]^2}{n-1} + \frac{[S_2^2/n_2]^2}{n-1}}$$

ถ้า V เป็นเลขทศนิยมให้ปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า t ที่ได้จากรายการต้องมีค่ามากกว่าค่า t ที่ได้จากการทดลองถึงจะยอมรับ Accuracy
 ดังนั้นจากผลการการคำนวณ สามารถที่จะบอกได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้น มีความถูกต้อง
 ต้องเทียบเท่าวิธีดั้งเดิมที่เป็นวิธีมาตรฐาน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอก. 474-2542 : ได้กำหนดวิธีหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดชนิดเหลว โดยใช้เทคนิคการไทเทรต การสกัด การแยกโดยใช้คอลัมน์ในการแยกสารลดแรงตึงผิว ไม่มีประจุโดยอาศัยเทคนิคไอออนเอกซ์เชนจ์โครมาโตกราฟี เพื่อหาปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์

มอก. 1403-2551 : เป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวตาม มอก. 474-2542 และกำหนดเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สบู่เหลวที่ควรมีปริมาณสารลดแรงตึงผิวในสบู่เหลวประเภทสังเคราะห์ไม่เกิน 8 ส่วนสบู่เหลวประเภทอื่น ไม่มีข้อกำหนดไว้

มอก. 152-2539 : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชนิดคุณลักษณะที่ต้องการ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบเครื่องสำอางโดยทั่วไป

2.8.2 Journal

Sung Hyun Im, Young Han Jeong, Jae Jeong Ryoo [7] ในปี ค.ศ. 2008 ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์แบบธรรมดา และการวิเคราะห์พร้อมๆกันของสารลดแรงตึงผิวทั้ง 4 ชนิด (anionic, amphoteric, nonionic, และ cationic) ในแชมพูและครีมนวดผม เป็นการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ขึ้นมาใหม่ ในการวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวจะใช้ RP-HPLC (RPLC) ร่วมกับ evaporative light scattering detection (ELSD) โดยสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ แยกสารลดแรงตึงผิวทั้ง 4 ชนิด ที่มีอยู่ในแชมพู และ 5 ชนิดของสารลดแรงตึงผิวที่มีในครีมนวดผม สามารถทำได้โดยใช้ gradient mobile phase ที่มีส่วนประกอบของ acetonitrile, tetrahydrofuran และน้ำ ได้ค่า detection limits เท่ากับ $2.5\text{--}30\mu\text{g/mL}^{-1}$ ยกเว้น SLES ($150\mu\text{g/mL}^{-1}$) และ calibration curves เช่น คือ log-log plots จะได้ค่าความเข้มข้นเส้นตรงในช่วงใช้งานระหว่าง $2.5\text{--}5250\mu\text{g/mL}^{-1}$ โดยค่า R^2 มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.998 การตัดตามค่าความเที่ยงได้น้อยกว่า 5% R.S.D ค่า elution peaks เป็นคุณลักษณะของสาร โดยใช้ LC-MS ติดตั้งด้วย electrospray interface ตั้งค่าใน mixed-mode

S'ílvia Mart'inez-Barrachina , Manuel del Valle ,Leonard Matia , Ramón Prats , Julián Alonso [8] ในปี ค.ศ. 2002 ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ครอบคลุม non-ionic surfactants (NIS) ของประเภท polyethoxylate ซึ่งใช้ให้ค่าศักย์ไฟฟ้า (flow-injection potentiometry) ทั้งสองระบบมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเฉพาะการไหลของท่อของ ion selective electrodes (ISEs) on-line pre-concentration สามารถที่จะใช้ column ที่ packed ด้วย commercial solid phase extraction (SPE) และการปรับปรุง sorbent และความบริสุทธิ์ของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ขั้นตอนการปรับปรุง detection limit ของระบบตรง (direct system) มีค่าที่ลดลง โดยการเพิ่มความเข้มข้นเป็น 40.0 ml และ 200 μ l ของ 75% ของ acetonitrile ในน้ำเป็น eluent ดังนั้นการควบคุมการเพิ่มความเข้มข้น (on-line pre-concentration system) จึงเป็นการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หา total NIS ในตัวอย่างจากธรรมชาติได้

K. Kargosha , S.H. Ahmadi, M. Mansourian, J. Azad Alonso [9] ในปี ค.ศ. 2008 ได้ทำการศึกษาพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิว Sodium lauryl ether sulfate (SLES), Coconut diethanol amide (CDEA) และ linear alkyl benzene sulfonate (LABS) ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานด้วยมือที่ไม่เจือจาง โดยใช้เทคนิค Attenuated total reflectance Fourier transform infrared spectrometry (ATR-FTIR) และ การวิเคราะห์พหุตัวแปร

จากการทดลองอาศัยสถิติในการแปรข้อมูล โดยใช้ PLS ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารลดแรงตึงผิว โดยเลือกใช้ช่วง mid-infrared spectra ($1305-990\text{ cm}^{-1}$) สำหรับการบันทึกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดทางการค้า และสารละลายมาตรฐานทั้ง 3 ตัว ซึ่งแต่ละตัวใช้ความเข้มข้น 5 ระดับ ในการทดลอง โดยศึกษาปัจจัยและตรวจสอบประสิทธิภาพการแยกในการวิเคราะห์

M. Gerlache, Z. Sentiirk', J.C. Vir6, J.M. Kauffmann [10] ในปี ค.ศ. 1997 ได้ทำการศึกษาการใช้ Ion-selective electrode ชนิดใหม่ 2 ชนิด ในการวิเคราะห์สารลดแรงตึงผิวไอออนิก ซึ่งสามารถดูได้จากจุด end-point ที่มีความไวสูง ในการไทเทรตสารลดแรงตึงผิวแบบ potentiometric titration และการวัดแบบ direct potentiometric ในระบบการควบคุมการไหล อิเล็กโทรดประกอบด้วย ion pair ระหว่าง sodium laurylsulphate และ 1, 3-didecyl-2-methylimidazolium chloride ทำให้หยุดการเคลื่อนที่ใน plasticized PVC membrane อิเล็กโทรดนี้จะให้สัญญาณเส้นตรงของ sodium lauryl sulphate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประยุกต์วิธีวิเคราะห์หาค่าทดสอบผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดทางการค้านั้นเป็นที่
นำเชื่อถือ และผลการทดลองถูกเปรียบเทียบกับ two-phase titration method

2.8.3 International Standard ISO

International Standard ISO 2270-1989. [11] Non-ionic surface active agents –
polyethoxylated – วิธีวิเคราะห์หา oxyethylene groups ด้วยเทคนิค Iodometric

เป็นวิธีมาตรฐานที่มีความจำเพาะเจาะจงสำหรับเทคนิค Iodometric ในการวิเคราะห์หา
oxyethylene groups ใน polyethoxylated non-ionic surface active agents โดยอาศัยหลักการ
เกิดปฏิกิริยา hydrolysis ของ oxyethylene groups โดยใช้ nascent hydriodic acid ซึ่งจะได้ Iodine
เป็นผลิตภัณฑ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ผลผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

ตัวอย่างสารผลิตภัณฑ์สบู่เหลวจากการสุ่มจากท้องตลาด 2 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างผลิตภัณฑ์สบู่เหลวที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างที่	ตัวอย่างชื่อ	ลักษณะตัวอย่าง	หมายเลขปฏิบัติการ
1	สบู่เหลว	ของเหลวหนืด สีขาวขุ่น คล้าย นานม กลิ่นหอม	KSP1
2	สบู่เหลว	ของเหลวหนืด สีขาวขุ่น คล้าย นานม กลิ่นหอม	KSP1

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง

3.2 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ

- 3.2.1 ตู้บที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส
- 3.2.2 กระดาษกรอง Whatman No.42 หรือเทียบเท่า
- 3.2.3 เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet extractor)
- 3.2.4 เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator)
- 3.2.5 กอลัมน์ขนาด 20 มิลลิเมตร \times 300 มิลลิเมตร
- 3.2.6 702, 716 หรือ 736 Titrino หรือ 726 Titroprocessor, 6.0507.010 NIO surfactant electrode และ 6.0726.100 reference electrode
(bridge electrolyte c (NaCl) = 3 mol/L)
- 3.2.7 เครื่อง Autotitrator รุ่น 716 DMS Titrino ของบริษัท Metrohm
- 3.2.8 Magnetic bars
- 3.2.9 ขวดวัดปริมาตร
- 3.2.10 ปีกเกอร์
- 3.2.11 กระจกบดวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.12 บีเปต
- 3.2.13 ขวดแก้วก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.2.14 ลูกแก้ว (glass bead) 2-3 เม็ด
- 3.2.15 เดซิเคเตอร์

3.3 สารเคมี

- 3.3.1 เอทานอลสัมบูรณ์ (absolute ethanol) ชั้นคุณภาพวิเคราะห์
- 3.3.2 เอทานอล ร้อยละ 95 โดยปริมาตร
- 3.3.3 เรซินแอนไอออนิกในรูปของคลอไรด์ (strongly basic anion exchange resin)
เช่น แอมเบอร์ไลต์ ไออาร์เอ-401 (Amberlite IRA-401) ขนาด 20 เมช ถึง 50 เมช
- 3.3.4 เรซินแคทไอออนิกในรูปของไฮโดรเจน (strongly basic cation exchange resin)
เช่น แอมเบอร์ไลต์ ไออาร์เอ-120 (Amberlite IRA-120) ขนาด 20 เมช ถึง 50 เมช
- 3.3.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สบู่เหลว
- 3.3.6 sodium tetraphenylborate (STPB) ความเข้มข้น 0.01 mol/L
- 3.3.7 สารละลายเบเรียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.1 mol/L
- 3.3.8 Distillation Water

3.4 การดำเนินการทดลอง

3.4.1. วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

3.4.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณส่วนที่ไม่ระเหย (non – volatile matter)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนถึง 1 มิลลิกรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปอบในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย ชั่งแล้วอบซ้ำ จนน้ำหนักคงที่

วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณของส่วนที่ไม่ระเหย จากสูตร

$$\text{ส่วนที่ไม่ระเหยร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย เป็นกรัม

m_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่าง เป็นกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารที่ละลายในเอทานอล

ซึ่งส่วนที่ไม่ระเหย (จากข้อ 1.1) มา 1 กรัม ให้ทรานน้ำหนักแน่นอนถึง 1 มิลลิกรัม ใส่ในกระดาศกรอง นำกระดาศกรองไปวางไว้ในทิมเบอร์ ขนาด 30 มิลลิเมตร × 75 มิลลิเมตร แล้วจึงนำทิมเบอร์ไปบรรจุไว้ในเครื่องสกัดซอกซ์เล็ต โดยมีขวดแก้วก้นกลมขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทรานน้ำหนักแน่นอนแล้วรองรับอยู่ เติมเอทานอลสมบูรณ์ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในขวดแก้วก้นกลมและใส่ลูกแก้ว (glass bead) 2 เม็ดถึง 3 เม็ด ให้ความร้อนกับขวดแก้วก้นกลมจนกระทั่งเอทานอลสมบูรณ์เริ่มกลั่นตัวในเครื่องควบแน่น สกัดต่อไปเป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ แล้วนำส่วนที่ไม่ระเหยไปอบให้แห้งในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ซึ่งหาน้ำหนักของส่วนที่เหลือจากการอบแห้งแล้ว

วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารที่ละลายในเอทานอล จากสูตร

$$\text{สารที่ละลายในเอทานอลร้อยละ โดยน้ำหนัก} = \frac{(m_1 - m_2) \times N}{m_1}$$

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย เป็นกรัม (ข้อ 3.4.1.1)

m_2 คือ น้ำหนักของส่วนที่เหลือจากการอบแห้งแล้ว เป็นกรัม (ข้อ 3.4.1.2)

N คือ ปริมาณของส่วนที่ไม่ระเหยก่อนสกัด เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก (ข้อ 3.4.1.1)

3.4.1.3 การแยกสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ

ซึ่งสารที่ละลายในเอทานอล (จากข้อ 3.4.1.2) มา 0.5 กรัม ให้ทรานน้ำหนักแน่นอนถึง 1 มิลลิกรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมเอทานอล 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร และ คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน เทสารละลายที่ได้ลงในคอลัมน์ที่บรรจุด้วยเรซินผสมระหว่างชนิดแอนไอออนิกกับชนิดแคตไอออนิกในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 15 กรัม เติมเอทานอล 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในคอลัมน์ และเปิดจุกให้เอทานอลไหลออกมา ใส่ลงในขวดแก้วก้นกลมขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ทรานน้ำหนักแล้วจนหมด นำสารละลายไประเหยให้แห้งในเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ แล้วนำส่วนที่ไม่ระเหยไปอบให้แห้งในตู้อบที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 100 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ซึ่งหาน้ำหนักของส่วนที่เหลือจากการอบแห้งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีคำนวณ

คำนวณหาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ จากสูตร

$$\text{สารลดแรงตึงผิวประเภทนอนไอออนิกร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{m_1}{m_2} \times S$$

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของสารส่วนที่ละลายในเอทานอลก่อนแยก เป็นกรัม (ข้อ 3.4.1.2)

m_2 คือ น้ำหนักของส่วนที่เหลือหลังการอบแห้ง เป็นกรัม (ข้อ 3.4.1.3)

S คือ ปริมาณของสารที่ละลายในเอทานอล เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (ข้อ 3.4.1.2)

3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุด้วยวิธี Potentiometric titration ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino

การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุด้วยวิธีของ No. 230/1 e ของบริษัท Metrohm [5]

3.4.2.1 การเตรียม Titrant

สารละลายโซเดียมเตรตระฟีนีลโบเรต (NaTPB) ความเข้มข้น 0.01 mol/L

(1) ชั่ง 3.4223 กรัม ของ NaTPB ใส่ในบีกเกอร์ และละลายด้วย 300 mL ของน้ำกลั่น โดยให้ความร้อนช่วยในการละลาย

(2) ชั่ง 10 กรัม polyvinyl alcohol ใส่ในบีกเกอร์ และละลาย 300 mL ด้วยน้ำกลั่น โดยให้ความร้อนช่วยในการละลาย

(3) รอให้สารละลายทั้งสองเย็นตัวลงและผสมสารทั้งสองเข้าด้วยกัน และถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร 1000 mL

(4) ปิเปต 10 mL ของสารละลายบัฟเฟอร์ pH 10 ใส่ขวดวัดปริมาตรที่มีสารอยู่ข้างต้น จากนั้นทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรได้ 1000 mL

3.4.2.2 เตรียม Buffer solution pH 10

(1) ชั่ง H_3BO_3 (กรดบอริก) มา 1.24 กรัม ละลายในน้ำกลั่น

(2) เติม 10 ml สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 mol/L ลงไปในสารละลาย

(3) ถ่ายลงขวดวัดปริมาตร 100 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.3 เตรียม Auxiliary solution

สารละลายเบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) ความเข้มข้น 0.1 mol/L

- (1) ชั่ง 21 กรัม ของ BaCl_2 หรือ 25 กรัม ของ $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ใส่บีกเกอร์และละลายด้วยน้ำกลั่น
- (2) เติม 1 mL ของ conc.HCl ใส่ลงไปในการละลายในขวดวัดปริมาตร 1000 mL จากนั้นปรับด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร

3.4.2.4 เตรียม standard surfactant (dit.)

- (1) ชั่ง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ของ Triton X-100 ละลายในน้ำกลั่น และถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร 100 mL และปรับปริมาตรจนถึงขีดวัดปริมาตร

3.4.2.5 การทดลอง

3.4.2.5.1 Standard Nonionic surfactants (Triton X-100)

- (1) นำบีกเกอร์ขนาด 100 mL มา 10 ใบ แล้วบีบ Triton X-100 (ในน้ำกลั่น 100 mL) มา 3 ml ใส่บีกเกอร์
- (2) เติม BaCl_2 10 mL ใส่ในบีกเกอร์ และใส่น้ำกลั่นประมาณ electrode จุ่มท่วม และทำการวัด โดยกด start พร้อมปั่นกวาดด้วยแท่งแม่เหล็ก
- (3) ทำการฉีดล้าง electrode ด้วยน้ำกลั่น และซับล้าง NIO electrode ด้วย methanol และฉีดล้างน้ำกลั่นอีกครั้ง

หมายเหตุ ทุกครั้งหลังการวัดจุ่ม electrode ควรแช่ไว้ในน้ำกลั่น 1 นาที เพื่อให้ electrode คืนสภาพ

- (4) บันทึกผลค่าปริมาตรไทเทรนต์ที่จุดยุติ
- (5) คำนวณหาเนื้อสารของ standard (ภาคผนวก ข้อ 1 หน้า 52)
- (6) คำนวณหา f โดย

$$f = \frac{E \times 1000}{V}$$

โดย f calibration factor (mg/mL)

E sample mass in g (calculated as 100% NIO surfactant)

V consumption of NaTPB solution in mL

หมายเหตุ ต้องหา f ของ std. ทุกครั้งที่ตรวจวัด และนำมาหา f เฉลี่ยของ std.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.5.2 การตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

แบบที่ 1 ตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการแยก

(1) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายในน้ำกลั่นใส่ขวดวัดปริมาตร 50 mL จากนั้นปิเปตมา 10 mL (2 บีกเกอร์) โดยบีกเกอร์ที่ 1 เติม BaCl_2 10 mL และเติมน้ำกลั่นท่วม electrode

บีกเกอร์ที่ 2 ไม่ต้องเติม BaCl_2 เติมน้ำกลั่นท่วม electrode ทำการตรวจวัดและบันทึกผลค่า mv และ mL ที่วัดได้ของตัวอย่าง

$$(2) \text{ นำผลที่ได้มาคำนวณหา NIO surfactant content in \% = } \frac{(V \times f) \times E}{10}$$

โดย V consumption of NaTPB solution in mL
 f calibration factor in mg / mL
 E sample mass in g

แบบที่ 2 ตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการแยก

(1) ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายในน้ำกลั่นใส่ขวดวัดปริมาตร 50 mL จากนั้นปิเปตมา 10 mL (2 บีกเกอร์) โดยบีกเกอร์ที่ 1 เติม BaCl_2 10 mL และเติมน้ำกลั่นท่วม electrode

บีกเกอร์ที่ 2 ไม่ต้องเติม BaCl_2 เติมน้ำกลั่นท่วม electrode ทำการตรวจวัดและบันทึกผลค่า mv และ mL ที่วัดได้ของตัวอย่าง

$$(2) \text{ นำผลที่ได้มาคำนวณหา NIO surfactant content in \% = } \frac{(V \times f) \times E}{10}$$

โดย V consumption of NaTPB solution in mL
 f calibration factor in mg / mL
 E sample mass in g

3.4.3. การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

เนื่องจากวิธีทดสอบหาปริมาณสารประเภทไม่มีประจุ ในผลิตภัณฑ์สบู่เหลวโดยวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน ไม่ใช่วิธีที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นต้องทำการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ โดยนำความรู้ทางสถิติมาช่วยในการประเมินและเปรียบเทียบข้อมูล เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวมีความถูกต้องน่าเชื่อถือ [12] โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย เป็นค่าบอกจุดตรงกลางของกลุ่มข้อมูล ซึ่งมีการทำซ้ำของข้อมูลหรือตัวอย่างที่เกิดขึ้นจำนวน n ครั้ง สามารถบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่เกิดขึ้น

โดย X_i เป็นค่าของข้อมูลหรือผลวิเคราะห์แต่ละค่า

n เป็นจำนวนข้อมูล

(2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard derivation)

เป็นค่าบอกความมากน้อยของการกระจายข้อมูล แสดงความคลาดเคลื่อนของผลวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว (random error) standard deviation [12]

$$(SD) = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

โดยที่ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น

ค่า SD คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้น ($n=10$)

(3) ค่าความแปรปรวน (Variance)

จะเห็นว่าผลวิเคราะห์ที่ทำซ้ำๆแต่ละค่าไม่เท่ากัน และมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยต่างกัน แสดงว่าข้อมูลมีความแปรปรวนซึ่งจะมีผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล ถ้ามีความแปรปรวนมาก ความน่าเชื่อถือก็ลดลง ดังนั้นจึงต้องหาค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่า S^2

โดย $n-1$ คือ degree of freedom

การใช้ $n-1$ จะทำให้ค่า S^2 ใกล้เคียงกับค่าความแปรปรวนของประชากร (และไม่น้อยกว่าค่าความแปรปรวนของประชากร) มากกว่าการใช้ n

และสามารถหาค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ได้จาก

$$\frac{S^2}{\sqrt{n}}$$

ซึ่งเมื่อถอดรากที่ 2 จะได้ค่า standard error มีประโยชน์มากในการประเมินผลทางสถิติ โดยเฉพาะการวัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นประจำในวิธีวิเคราะห์ (systematic error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of variation: CV)

คือ ค่าที่แสดงความคลาดเคลื่อนของวิธีที่เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว เช่นเดียวกับ Standard deviation แต่ CV เป็นค่าสัมพัทธ์ นิยมแสดงเป็นค่าร้อยละจึงใช้ เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนที่ ความเข้มข้นต่างระดับ และบอก precision ของวิธีได้ [12]

$$\% CV = \%RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

(6) การทดสอบค่าความแปรปรวนด้วย F-test

สูตร F-test

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

โดย S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของวิธีที่ 1

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของวิธีที่ 2

$$S_1^2 > S_2^2$$

เปรียบเทียบค่า F จากการคำนวณ กับค่า F จากตาราง (critical F, F_c) ถ้าค่า $F > F_c$ แสดงว่า
ไม่ยอมรับ precision ของวิธีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

ตารางที่ 1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	มวลของตัวอย่าง (g)	ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย	ซึ่งมวลของส่วนที่ไม่ระเหย (g)	สารละลายในเอทานอลร้อยละโดยน้ำหนัก	น้ำหนักสารที่ละลายในเอทานอล (g)	สารลดแรงตึงผิวอนไอออนิก ร้อยละโดยน้ำหนัก
1	KSP1	10.0045	15.9708	1.0008	0.35267	0.5248	0.72065
2	KSP1	10.0013	15.7609	1.0005	0.32294	0.5239	0.72109
3	KSP1	10.0021	16.0256	1.0002	0.50631	0.5247	0.71087
4	KSP1	10.0064	15.8019	1.0007	0.39319	0.5252	0.72007
5	KSP1	10.0013	15.9333	1.0009	0.36932	0.5241	0.72053
6	KSP1	10.0045	15.9528	1.0008	0.30605	0.5243	0.72041
7	KSP1	10.0021	16.1286	1.0005	0.49490	0.5236	0.71369
8	KSP1	10.0022	15.8385	1.0007	0.38712	0.5346	0.72046
9	KSP1	10.0046	16.0026	1.0009	0.39011	0.5236	0.72103
10	KSP1	10.0031	15.9840	1.0008	0.36254	0.5245	0.72083

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง โดย KSP1 ทำ 10 ซ้ำ

จากการทดลองวิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมข้างต้น ในขั้นตอนต่าง ๆ นั้น สามารถนำผลการทดลองแต่ละขั้นมาคำนวณหา % สารลดแรงตึงผิวอนไอออนิก โดยค่าที่คำนวณได้จากการทดลองนั้น ผลของข้อมูลที่ได้มีค่า % สารลดแรงตึงผิวอนไอออนิก ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมาก (ภาคผนวก ตารางที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุด้วยวิธี Potentiometric titration

(1) แบบที่ 1 การตรวจวัดตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแยก

การตรวจวัดตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆกัน ในตัวอย่างที่เตรียมโดยตรงโดยไม่ผ่านขั้นตอนการแยกนั้น ไม่สามารถที่จะหาปริมาณที่เกิดขึ้นที่จุดยุติได้ เนื่องจากตัวอย่างที่วิเคราะห์มี interference สูงมาก ทำให้ต้องนำตัวอย่างไปผ่านขั้นตอนการกำจัด interference ก่อนที่จะนำไปตรวจวัดด้วยวิธี Potentiometric titration ในลำดับต่อไป (ตารางที่ 2 ภาคผนวก)

(2) แบบที่ 2 ตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแยก

ตารางที่ 3 การตรวจวัดตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแยก

จำนวนตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ไม่ใส่ BaCl ₂ (mL)	ใส่ BaCl ₂ (mL)	ผลต่างของปริมาตรที่จุดยุติ (mL)	% w/w สารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ
1	KSP1	0.5248	2.227	13.186	10.959	0.7337
2	KSP1	0.5239	2.531	13.422	10.891	0.7291
3	KSP1	0.5247	2.262	13.207	10.945	0.7393
4	KSP1	0.5252	2.748	13.803	11.055	0.7415
5	KSP1	0.5241	2.443	13.419	10.976	0.7367
6	KSP1	0.5243	2.195	13.084	10.889	0.7277
7	KSP1	0.5236	2.551	13.431	10.880	0.7360
8	KSP1	0.5246	2.398	13.239	10.841	0.7255
9	KSP1	0.5236	2.608	13.502	10.899	0.7331
10	KSP1	0.5245	2.380	13.236	10.856	0.7277

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง โดย KSP1 ทำ 10 ซ้ำ

จากตารางแสดงปริมาตรที่เกิดขึ้นที่จุดยุติของตัวอย่างที่ผ่านการเติมสารละลาย BaCl₂

10 mL ลงไป กับไม่ผ่านการเติม BaCl₂ 10 mL ลงไป เมื่อได้ค่าจุดยุติออกมาหาผลต่างของปริมาตรที่จุดยุติที่เกิดขึ้น โดยจุดยุติที่เกิดขึ้นสามารถหาจุดยุติที่แน่นอน โดยการทำการฟอนุพันธ์

อันดับที่ 1 เพื่อยืนยันว่าจุดยุติที่หาได้เป็นปริมาตรที่ถูกต้อง เพื่อใช้ในการคำนวณหา % nonionic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

surfactant ที่มีในตัวอย่างโดยอาศัยค่า Calibration factor (f) มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งได้ผลดังตารางข้างต้น (การคำนวณ ภาคผนวก)

(3) การทำ calibration factor (f) โดยใช้สารมาตรฐาน Triton X- 100

ชั่ง Triton X-100 มา 1.0004 กรัม
เตรียม 100 mL มีเนื้อสาร 1.0004 กรัม
ถ้าดูดสารมา 3 mL จะมีเนื้อสาร = $\frac{(1.0004 \times 3)}{100}$
= 0.03 กรัม

ตารางที่ 4 ค่า Calibration factor (f)

Std.	ปริมาตรที่จุดยุติ	ศักย์ไฟฟ้าที่จุดยุติ (mv)	Calibration factor(mg/mL)
1	8.782	29	3.42
2	8.693	25	3.45
3	8.664	13	3.46
4	8.607	-1	3.49
5	8.907	3	3.37
6	8.584	-2	3.49
			$f_{เฉลี่ย} = 3.435$

จากตารางที่ 4 เมื่อทำการตรวจสอบสารมาตรฐาน Triton X-100 จะได้ปริมาตรจุดยุติที่เกิดขึ้นมา ซึ่งนำค่าปริมาตรที่ได้ของสารมาตรฐานแต่ละตัวมาคำนวณหาค่า calibration factor (การคำนวณดูภาคผนวก) ของสารมาตรฐานแต่ละตัว และนำมาหาค่า $f_{เฉลี่ย}$ ซึ่งควรมีค่าประมาณ 3-4 mg/mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุตามวิธีมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกับ วิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

ตัวอย่าง	ชื่อ ตัวอย่าง	น้ำหนักของ ตัวอย่าง (g)	% สารลดแรงตึงผิวอนชนิดไม่มีประจุ	
			วิธีมาตรฐาน (x_1)	วิธีพัฒนา (x_2)
1	KSP1	0.5248	0.7207	0.7337
2	KSP1	0.5239	0.7211	0.7291
3	KSP1	0.5247	0.7109	0.7393
4	KSP1	0.5252	0.7201	0.7415
5	KSP1	0.5241	0.7205	0.7367
6	KSP1	0.5243	0.7304	0.7277
7	KSP1	0.5236	0.7137	0.7360
8	KSP1	0.5246	0.7205	0.7255
9	KSP1	0.5236	0.7210	0.7331
10	KSP1	0.5245	0.7208	0.7277

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง โดย KSP1 ทำ 10 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าทางสถิติปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุในวิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กับวิธีโพเทนชิอเมตริกไทเทรชัน

ตัวอย่าง	% สารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ	
	วิธีมาตรฐาน(X_1)	วิธีพัฒนา(X_2)
ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	0.7190	0.7330
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	3.5970×10^{-3}	5.4033×10^{-3}
ค่าความแปรปรวน (s^2)	1.2938×10^{-5}	2.9196×10^{-5}
สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน %CV หรือ %RSD	0.5003	0.7371
F-test		2.2566
$F_{crit} 0.05, (9,9)$		4.026

จากตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6 คือการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวนอนไอออนิก ซึ่งจะดูว่าข้อมูลแต่ละชุดนั้นมีความถูกต้องมากน้อยแค่ไหน โดยค่า %RSD ควรจะมีค่าไม่เกิน 5% และค่าความแปรปรวนของข้อมูลทั้งสองชุดมีค่าน้อยซึ่งแสดงถึงข้อมูลไม่ค่อยมีการกระจายมาก และทำการเปรียบเทียบ ค่า F-test ที่คำนวณ (ภาคผนวก) ได้กับค่า F-test ที่ได้จากรายการที่ n_1 และ n_2 มีค่าเท่ากับ 10 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งสองชุดค่าที่ได้ คือ $F < F_{crit}$ แสดงว่ายอมรับได้ หรือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุในผลิตภัณฑ์ชำระล้างทำความสะอาด โดยใช้วิธีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 474-2542 จากการทดลองจะทำให้ได้ค่าทางสถิติซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.71090 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.0036 ค่าความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ 0.00001 และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ 0.5003 และการวิเคราะห์โดยใช้วิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ที่ทำการศึกษาระเบ่งออกเป็น 2 กรณี โดยกรณีแรกจะทำวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน โดยตรงกับตัวอย่าง จากวิธีนี้จะไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีตัวรบกวนมาก ดังนั้นจึงต้องทำโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชันในกรณีที่ 2 โดยตัวอย่างต้องผ่านการแยกมาก่อน แล้วจึงใช้วิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน โดยการทำให้โพเทนชิโอเมตริกไม่สามารถบอกค่าสารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุได้โดยตรง จึงต้องนำ TritonX-100 มาเป็นสารมาตรฐานในการไทเทรตเพื่อหาค่าแฟกซ์เตอร์ จากการไทเทรตจะได้ค่าแฟกซ์เตอร์เท่ากับ 3.435 จากนั้นก็นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 0.7330, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.0054, ค่าความแปรปรวนมีค่าเท่ากับ 0.00002 และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่า 0.7371

เมื่อนำทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบโดยใช้ F-test จะได้ค่าเท่ากับ 2.2566 ส่วนค่า F ที่เปิดจากตาราง ที่ degree of freedom 95 เปอร์เซนต์ มีค่าเท่ากับ 4.026 ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าน้อยกว่าค่าที่เปิดจากตาราง แสดงว่าวิธีทั้งสองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- (1) ควรทำการศึกษาสถานะในการวิเคราะห์ก่อนเพื่อประหยัดเวลาในการทำการวิเคราะห์
- (2) ควรลดและกำจัด interference ในสารตัวอย่างก่อนนำไปตรวจวัดด้วยวิธีโพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน
- (3) ควรทำความสะอาดเครื่องมือและเครื่องแก้วก่อนการใช้งานเพื่อกำจัดสิ่งรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ผศ.พิมพร ลัลาพรพิสิฐ, 2543, เครื่องสำอางเพื่อทำความสะอาด, เชียงใหม่: ภาควิชาเภสัช
อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [2] ผศ.พิมพร ลัลาพรพิสิฐ, 2543, คู่มือผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเพื่อเศรษฐกิจชุมชน,
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) กระทรวงสาธารณสุข.
- [2] อรุณี คงศักดิ์ไพศาล, 2536, ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์, 4, กรุงเทพฯ ฯ: คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: สบู่เหลว (มอก.1403-2551), น้ำยา
ทำความสะอาดชนิดเหลว (มอก. 474-2542) และเครื่องสำอางทั่วไป (มอก. 152-2531)
- [5] Ti Application Note No. T-15 ของบริษัท Metrohm
- [6] http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/cp_7_2548_surfactant.pdf
- [7] Sung Hyun Im, Young Han Jeong, Jae Jeong Ryooc, Analytica Chimica Acta , 619, 2008,
129-136
- [8] S'ílvia Martínez-Barrachina , Manuel del Valle ,Leonard Matia , Ramón Prats , Julián
Alonso, Analytica Chimica Acta, 454, 2002, 217-227
- [9] K. Kargosha , S.H. Ahmadi, M. Mansourian, J. Azad, Talanta, 75, 2008, 589-593
- [10] M. Gerlache, Z. Sentiirk, J.C. Vir6, J.M. Kauffmann, Analytica Chimica Acta, 349, 1997,
59-65
- [11] International Standard ISO 2270-1989. Non-ionic surface active agents – polyethoxylated
derivatives – Iodometric determination of oxyethylene groups
- [12] ทิพวรรณ นิ่งน้อย, 2549, แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดย
ห้องปฏิบัติการเดียว, นนทบุรี: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
- [13] <http://chemistryquiz.exteen.com/20081212/chromatography>
- [14] <http://web2.slc.qc.ca/jmc/www/Chemweb/oldchemweb/extractionmethods.htm>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

4.1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

ตารางที่ 1 วิธีตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 474-2542)

ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนักของตัวอย่าง (g)	น้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย (g)	ร้อยละของน้ำหนักที่ไม่ระเหย	ซึ่งน้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย (g)	ซึ่งน้ำหนักส่วนที่เหลือจากการอบแห้ง (g)	สารละลายในเอทานอล ร้อยละโดยน้ำหนัก	น้ำหนักสารที่ละลายในเอทานอล (g)	ซึ่งน้ำหนักส่วนที่เหลือจากการอบแห้ง (g)	สารลดแรงตึงผิวประเภทไม่มีประจุ ร้อยละโดยน้ำหนัก
1	KSP1	10.0045	1.5978	15.9708	1.0008	1.0229	0.35267	0.5248	1.0728	0.72065
2	KSP1	10.0013	1.5763	15.7609	1.0005	1.0210	0.32294	0.5239	1.1698	0.72109
3	KSP1	10.0021	1.6029	16.0256	1.0002	1.0318	0.50631	0.5247	0.7367	0.71087
4	KSP1	10.0064	1.5812	15.8019	1.0007	1.0256	0.39319	0.5252	0.9618	0.72007
5	KSP1	10.0013	1.5954	15.9333	1.0009	1.0241	0.36932	0.5241	1.0225	0.72053
6	KSP1	10.0045	1.5960	15.9528	1.0008	1.0200	0.30605	0.5243	1.2432	0.72041
7	KSP1	10.0021	1.6132	16.1286	1.0005	1.0312	0.49490	0.5236	0.7551	0.71369
8	KSP1	10.0022	1.5842	15.8385	1.0007	1.0220	0.33712	0.5346	1.1211	0.72046
9	KSP1	10.0046	1.6010	16.0026	1.0009	1.0253	0.39011	0.5236	0.9677	0.72103
10	KSP1	10.0031	1.5989	15.9840	1.0008	1.0235	0.36254	0.5245	1.0428	0.72083
11	KSP2	10.0009	2.9116	29.1134	1.0002	1.0246	0.71022	0.5233	5.6279	7.6382
12	KSP3	10.0049	4.6930	46.9070	1.0006	1.0251	1.14853	0.5246	3.7223	8.1496
13	KSP4	10.0006	6.4456	64.4452	1.0007	1.0237	1.48120	0.5251	3.1634	8.9235

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง โดย KSP1 ทำ 10 ซ้ำ KSP2 KSP3 และ KSP4 ทำอย่างละ 1 ซ้ำ

การคำนวณตัวอย่างที่ 1

ขั้นที่ 1 คำนวณหาปริมาณของส่วนที่ไม่ระเหย จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ส่วนที่ไม่ระเหยร้อยละโดยน้ำหนัก} &= \frac{m_1}{m_2} \times 100 \\ &= \frac{1.5978}{10.0045} \times 100 \\ &= 15.9708 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย เป็นกรัม
 m_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่าง เป็นกรัม

ขั้นที่ 2 คำนวณหาปริมาณสารที่ละลายในเอทานอล จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{สารที่ละลายในเอทานอลร้อยละโดยน้ำหนัก} &= \frac{(m_1 - m_2) \times N}{m_1} \\ &= \frac{[(1.0008 - 1.0829) \times 15.9708]}{1.0008} \\ &= 0.35267 \end{aligned}$$

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของส่วนที่ไม่ระเหย เป็นกรัม
 m_2 คือ น้ำหนักของส่วนที่เหลือจากการอบแห้งแล้ว เป็นกรัม
 N คือ ปริมาณของส่วนที่ไม่ระเหยก่อนสกัด เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

ขั้นที่ 3 คำนวณหาปริมาณสารลดแรงดึงผิวประเภทไม่มีประจุ จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{สารลดแรงดึงผิวประเภทไม่มีประจुर้อยละโดยน้ำหนัก} &= \frac{m_1 \times S}{m_2} \\ &= \frac{1.0728 \times 0.35367}{0.5248} \\ &= 0.72065 \end{aligned}$$

เมื่อ m_1 คือ น้ำหนักของส่วนที่ละลายในเอทานอลก่อนแยก เป็นกรัม
 m_2 คือ น้ำหนักของส่วนที่เหลือจากการอบแห้งแล้ว เป็นกรัม
 S คือ ปริมาณของสารที่ละลายในเอทานอล เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดประจุลบด้วยวิธี **Potentiometric**

titration

(1) แบบที่ 1 การตรวจวัดตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแยก

ตารางที่ 2 การตรวจวัดตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการแยก

จำนวนตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	จำนวนครั้ง	ความเข้มข้น ตัวอย่าง	ไม่ใส่ BaCl ₂	ใส่ BaCl ₂	หมายเหตุ
1	KSP1	1	0.01	-	-	ตรวจไม่พบ
		2	0.01	-	-	
2	KSP1	1	0.05	-	-	
		2	0.05	-	-	
3	KSP1	1	0.10	-	-	
		2	0.10	-	-	
4	KSP1	1	0.15	-	-	
		2	0.15	-	-	

(2) แบบที่ 2 ตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแยก

ตารางที่ 3 การตรวจวัดตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการแยก

จำนวน ตัวอย่าง	ชื่อตัวอย่าง	น้ำหนัก ตัวอย่าง (g)	ไม่ใส่ BaCl ₂ (mL)	ใส่ BaCl ₂ (mL)	ผลต่างของ ปริมาตรที่จุดยุติ (mL)	% สารลดแรงตึง ผิวประเภทไม่มี ประจุ
1	KSP1	0.5248	2.227	13.186	10.959	0.7337
2	KSP1	0.5239	2.531	13.422	10.891	0.7291
3	KSP1	0.5247	2.262	13.207	10.945	0.7393
4	KSP1	0.5252	2.748	13.803	11.055	0.7415
5	KSP1	0.5241	2.443	13.419	10.976	0.7367
6	KSP1	0.5243	2.195	13.084	10.889	0.7277
7	KSP1	0.5236	2.551	13.431	10.880	0.7360
8	KSP1	0.5246	2.398	13.239	10.841	0.7255
9	KSP1	0.5236	2.608	13.502	10.899	0.7331
10	KSP1	0.5245	2.380	13.236	10.856	0.7277

หมายเหตุ KSP คือ รหัสสินค้าตัวอย่าง โดย KSP1 ทำ 10 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกปฏิกิริยาการไทเทรต

1. ปฏิกิริยาของการเติม BaCl_2

Preparation

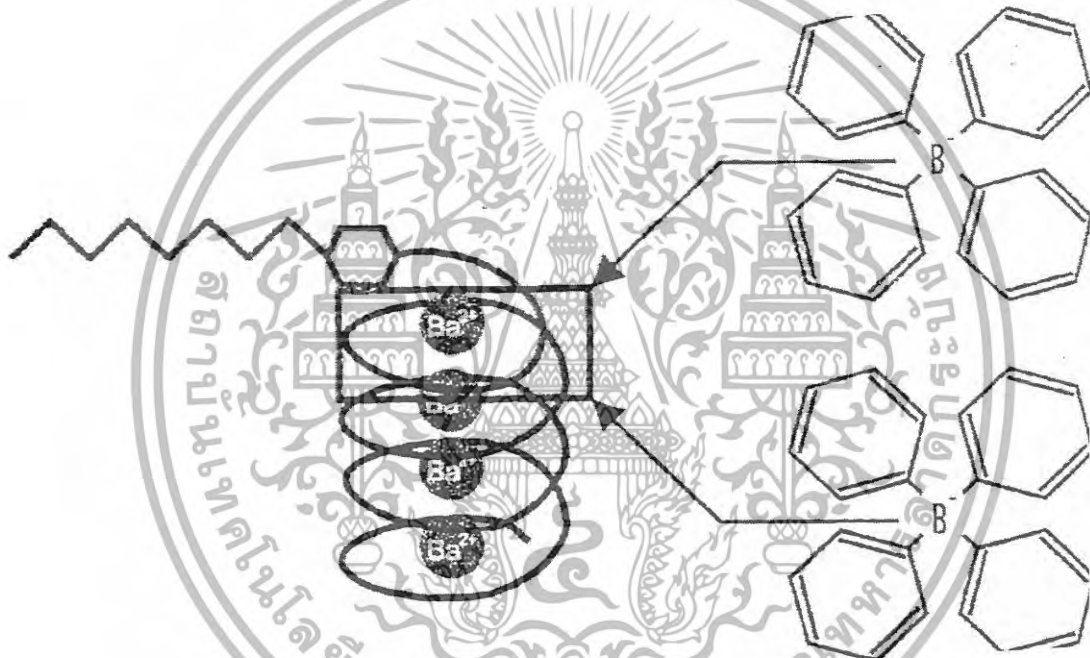


2. ปฏิกิริยาการไทเทรต



โดยที่ S = nonionic surfactant

NaTPB = Sodium tetraphenylborate

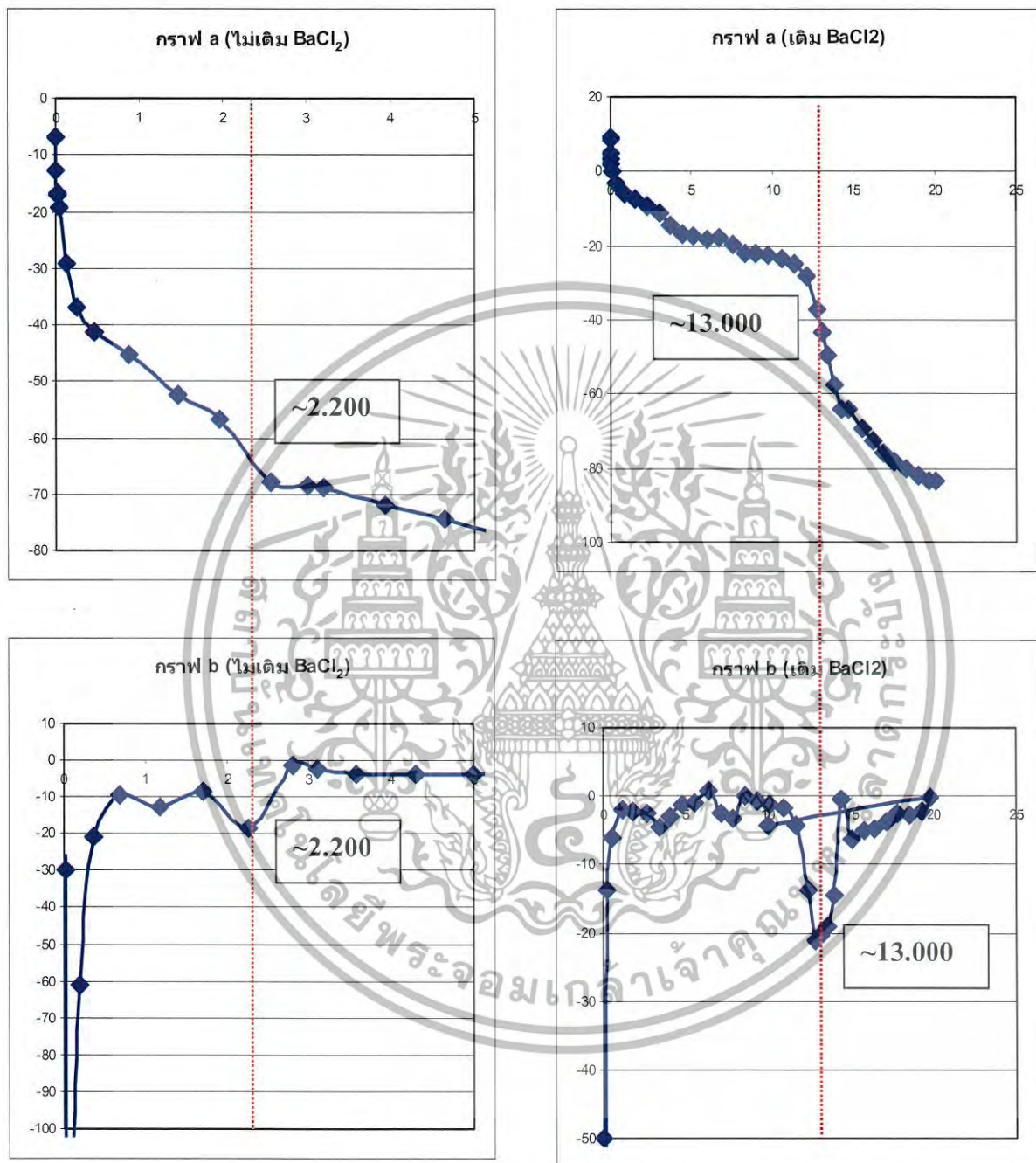


รูปภาพ กลไกการเกิดปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟตัวอย่างที่ 1 แสดงตัวอย่างการหาจุดยุติที่แน่นอน

โดยพลอตกราฟการไทเทรตแบบโพเทนชิอเมตริก (a) และกราฟของ first derivative (b)



จากกราฟข้างต้นเราสามารถหาค่าความแตกต่างของปริมาตรที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งค่าใกล้เคียงกับที่ได้จากเครื่อง แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากเครื่องนั้นถูกต้อง สามารถนำมาใช้ในการคำนวณได้ โดยเอา 13.186-2.227 จะได้ 10.959 mL ช่วงที่เกิด nonionic surfactant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ (ตารางที่ 3 และ 4)

(1) หาเนื้อสารของ standard

$$\begin{aligned} \text{ชั่ง Triton X-100} & \text{ มา } 1.0004 \text{ กรัม} \\ \text{เตรียม } 100 \text{ mL} & \text{ มีเนื้อสาร } 1.0004 \text{ กรัม} \\ \text{ถ้าคุณสารมา } 3 \text{ mL} & \text{ จะมีเนื้อสาร } = \frac{(1.0004 \times 3)}{100} \\ & = 0.03 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

(2) ค่า calibration factor (f)

$$\text{สูตร } f = \frac{E \times 1000}{V}$$

Std.1

$$f = \frac{(0.03 \times 1000)}{8.782}$$

$$= 3.42$$

หมายเหตุ std.2 จนถึง std.6 คำนวณวิธีเดียวกับ std.1

(3) หาค่าเฉลี่ย calibration factor (f)

$$\begin{aligned} \text{สูตร } \bar{x} &= \frac{\sum x}{N} \\ &= \frac{(3.42+3.45+3.46+3.49+3.37+3.49)}{6} \\ &= 3.435 \end{aligned}$$

(4) หา % NIO surfactant ในตัวอย่างที่ 1

$$\text{NIO surfactant content in \%} = \frac{(V \times f) \times E}{10}$$

หรือคำนวณจาก

ชั่งสารตัวอย่างมา 10 กรัม นำไปอบให้แห้ง แล้วชั่งมา 1 กรัม ซึ่งชั่งได้ 1.0229 กรัม
นำไปสกัด หลังจากนั้นอบให้แห้งแล้วชั่งออกมา 0.5 กรัม ซึ่งชั่งได้ 0.5248 กรัม จากนั้นนำไป
ละลายทั้งหมดและไทเทรตได้จุดยุติ 10.959 mL และค่า f เฉลี่ย ได้เท่ากับ 3.435 mg/mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสารตัวอย่างมา 10 กรัม อบให้แห้ง ซึ่งได้ 1.0229 กรัม

นำไปสกัด อบให้แห้ง ซึ่งมา 0.5248 กรัม

$$\text{จะได้} \quad \frac{(10.959 \times 3.435 \text{ mg}) \times 1.0229 \text{ g}}{0.5248 \text{ g}}$$

$$\text{จาก } 1 \text{ g} = x \text{ mg}$$

$$100 \text{ g} = x \text{ mg} \times \frac{100}{1} \%$$

$$\text{จะได้} \quad = \left[\frac{(10.959 \times 3.435) \times 1.0229 \times 100}{0.5248 \times 10} \right] / 1000$$

$$= 0.7337$$

ดังนั้น % NIO surfactant มีค่าเท่ากับ 0.7337 %

หมายเหตุ ตัวอย่างที่ 2-10 จำนวนเหมือนกัน

4.3 การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์

การคำนวณค่าแปรปรวนด้วย F-test

สูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$F = \frac{0.000029}{0.000013}$$

$$= 2.2565$$

โดย S_1^2 = ค่าความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่ม 1; $n_1=10$

S_2^2 = ค่าความแปรปรวนของข้อมูลกลุ่ม 2; $n_2=10$

$$\text{ซึ่ง } S_1^2 > S_2^2$$

ซึ่งค่า $F < F_{crit}$ แสดงว่ายอมรับได้ หรือไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โพเทนชิโอเมตริกไทเทรชัน ด้วยเครื่อง Autotitrator 716 DMS Titrino

บริษัท Metrohm

1. นำสารเคมีที่เป็นตัวไตเตรทใส่ลงในส่วนที่เรียกว่า Exchange Unit นำส่วนที่เป็น Exchange Unit ไปวางไว้บนเครื่อง 716 ให้ใบพัดที่อยู่บน Exchange Unit พัดกลับไปกลับมา
2. กดปุ่ม DOS ค้างไว้จนกว่าหน้าจอขึ้น cylinder empty กดปุ่ม stop/fill สารเคมีที่อยู่ในขวดก็จะไหลลงสู่กระบอกสูบ
3. การตั้ง Parameter lesiy[Mode DET กับ MET
 - กดปุ่ม Parameter / titration parameter กด enter
 - กด enter เรื่อยๆ จนเจอคำว่า signal drift กระจกแสดงที่ mv ก่อนที่จะไตเตรดต่อ ป้อน 30 mv กด enter ไปเรื่อยๆ จนเจอ temperature เลือก 25 องศาเซลเซียส กด enter หน้าจอจะขึ้น stop conditions กด enter
 - หน้าจอขึ้น stop EP ป้อนจุด end point ที่จะสั่งให้เครื่องหยุดเมื่อเจอ end point กด 9 แล้วกด enter ไปเรื่อยๆ จนสิ้นสุด กด 2 ไปเรื่อยๆจนเจอคำว่า report กด enter แล้วกด select เลือก full กด select เลือก mp list. กด enter จากนั้นจุ่มขั้วลงไปในตัวอย่าง และกด start ทำกาตรวจวัด
 - ทุกครั้งที่ใช้ขั้วตรวจวัดสารเมื่อตรวจเสร็จ ควรเอาไปแช่ในน้ำกลั่น และถ้าไทเทรนต์หรือตัวอย่างเป็นพอลิเมอร์ หรือของเหลวหนืดควรทำความสะอาดขั้วด้วย Methanol ก่อนการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันของสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จาก FTIR ในการนำตัวอย่าง KSP1 ไปทำการวัดวิเคราะห์ เชิงคุณภาพ ในช่วง 500-4000 nm

1. เข้า spectrum ที่เป็นรูปตรา 3 ดวงหรือช่อง 7 สี จากนั้น กด login ตอบ OK
2. ไปที่ Instrument และเลือก Scan background (ขึ้นคำว่า Error กด OK)
3. ไปที่ Single Beam (4000-400) จากนั้นกด OK ทำการ scan อากาศ กด
overwhite
4. ทำการ scan sample กด PS, PS Ratio หน่วย %T
5. กด OK รอ spectrum จน peak
6. ทำการ format ปรับ scal แกน y ทำการแก้ View (กดถูกหน้า overlay) ใช้ Format
อีกครั้ง
7. ทำ V Course กดให้เลขขึ้น



Euclidean Search Hit List

มีค่าใกล้เคียง 1 คือ 0.844 F81160 POLYETHYLENE GLYCOL 300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จาก FTIR ในการนำตัวอย่าง KSP2 ไปทำการวัดวิเคราะห์
เชิงคุณภาพ ในช่วง 500-4000 nm



Euclidean Search Hit List

มีค่าใกล้เคียง 1 คือ 0.516 F85880 STREPTOMYCIN SULFATE

ซึ่งคาดว่าไม่ใช่ตัวที่เป็นสารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้