การบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันโดยระบบฟองลอย

นางสาวอโณชา เกตุเวชช์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-390-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TREATMENT OF PETROL-STATION WASTEWATER BY FROTH FLOTATION

Miss Anocha Getwech

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-331-390-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันโดยระบบฟองลอย
โดย	นางสาวอโณชา เกตุเวชช์
ภาควิชาเคมีเทคนิค	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ชวเดช

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เพียรพรรค ทัศคร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ชวเดช)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เก็จวลี พฤกษาทร)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อโณชา เกตุเวชช์ : การบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันโดยระบบฟองลอย (TREATMENT OF PETROL-STATION WASTEWATER BY FROTH FLOTATION) อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ดร.เพียรพรรค ทัศคร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.สุเมธ ชวเดช , 113 หน้า , ISBN 974-331-390-7.

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อหาสภาวะการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันโดยระบบฟองลอย สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สารลดแรงตึงผิว และสารโคแอกกูแลนท์ โดยสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ ได้แก่ โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (เอสดีเดส) โดเดคซิลไทรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (ดีทีเอบี) และโนนิลฟีนอลเอทอกซีเลต (ทีอีอาร์โอซี เอ็น 10) สารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ ได้แก่ แคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (โนวัส ซีอี 2680 พอลิเมอร์ 1192 และพอลิเมอร์ 1154 แอล) แอนอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (เคมิฟลอค วีเอช 1007) นอนอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (เคมิฟลอค 720) และเกลือเฟอร์ริกคลอไรด์ อุปกรณ์ทดลองระบบฟองลอยเป็นแบบคอลัมน์และแบบถัง โดยแบบคอลัมน์นั้นเป็นหลอดแก้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และสูง 118 เซนติเมตร ฟองอากาศมาจากการฟ่นอากาศผ่านแผ่นเม็ดแก้ว (ซินเทอร์กลาส) ที่ฐานคอลัมน์ ส่วนระบบฟองลอยแบบถังทำด้วยวัสดุเหล็กไร้สนิม แบ่งเป็น 3 ส่วน มีความจุรวม 16 ลิตร ส่วนบนของถังมีเครื่องกวาดฟอง จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันขึ้นอยู่กับเวลาเก็บกัก อัตราการเป่าอากาศ ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ โดยสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (โนวัส ซีอี 2680) ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงสุด สภาวะการทำงานที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมัน ได้แก่ เวลาเก็บกัก 30 นาที อัตราการเป่าอากาศเท่ากับ 5.55×10^{-3} $ม^3/ม^3$ ของเหลว-วินาที และความเข้มข้นของสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (โนวัส ซีอี 2680) เท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงสุด เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอยทั้งสองแบบ พบว่าแบบคอลัมน์ให้ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันสูงกว่าแบบถังอย่างมาก

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

3972930123 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEY WORD: FROTH FLOTATION / PETROL-STATION WASTEWATER
ANOCHA GETWECH : TREATMENT OF PETROL-STATION WASTEWATER BY FROTH FLOTATION.
THESIS ADVISOR : DR.PIENPAK TASAKORN THESIS CO-ADVISOR : ASSOC.PROF.DR.SUMAETH CHAVADEJ. 113 pp. ISBN 974-331-390-7

The objective of this study was to determine the optimum conditions for maximum oil removal in treating the petrol-station wastewater by using froth flotation. Chemicals used in this experimental work were classified into 2 types : surfactants and coagulants. The surfactants studied were sodium dodecylsulfate (SDS), dodecyltrimethyl ammonium bromide (DTAB) and nonylphenol ethoxylate (Teric N10). The coagulants used in this study were cationic polyelectrolytes (Novous CE2680, polymer 1192 and polymer 1154L), anionic polyelectrolyte (Qemifloc VH1007), nonionic polyelectrolyte (Qemifloc 720) and ferric chloride ($FeCl_3$). In this experiment, two types of froth flotation were column and tank to be tested. The flotation column made of glass had 5 and 118 centimeters in diameter and height, respectively. The air bubbles were generated by passing air through the sintered glass plate at the bottom of the column. The flotation tank made of stainless steel had three compartments in series, total working volume of 16 liters and a scraper on the top of the flotation tank for removal of the foam. From the experimental results, it was found that the treatment efficiency depended upon the hydraulic retention time, the flowrate of air, type and concentration of chemical used. An addition of cationic polyelectrolyte (Novous CE 2680) gave the highest treatment efficiency of oil removal. The optimum conditions for treating the petrol-station wastewater were HRT of 30 min, air flowrate of 5.55×10^{-3} m^3/m^3 liquid-s and the cationic polyelectrolyte (Novous CE 2680) of 100 mg/l that gave the 100% highest oil separation. In comparison with the two froth flotation systems, the flotation column gave much higher efficiency in oil removal than the flotation tank.

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.เพียรพรรค ทัศคร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรศ.ดร.สุเมธ ชวเดช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ดังนั้นจึงใคร่ขอกล่าวขอบคุณ ที่ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนการเงินตลอดช่วงการทำวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆในการเริ่มต้นงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของภาควิชาเคมีเทคนิค และวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การอนุเคราะห์ใช้สถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท อีสเอเชียติ๊ก (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท วิศวกรรมเคมี จำกัด และบริษัท เบ็ทซ์เดียร์บอร์น (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณ คุณประภาส โลหะธีรภาพ คุณธนภัทร บารมีแสงเพชร คุณรัตนา สุรสินธน คุณพัสตรา สมบูรณ์ธเนศ คุณสุรศักดิ์ มานะรัตนสุวรรณ คุณพงษ์ศักดิ์ ทรัพย์เจริญกุล คุณวาทิต ศาสตระวาทิต คุณเมทินี เชาว์วิรกิจ คุณมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์ และคุณชินวัฒน์ เกตุเวชช์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังสติปัญญา และกำลังใจที่ดีตลอดมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ ได้รับมาจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

2. ทฤษฎี

2.1 สารลดแรงตึงผิว 3

2.2 การดูดซับและความเข้มข้นวิกฤติของการเกิดไมเซลล์ 4

2.3 สารพอลิอิเล็คโทรไลต์ 7

2.4 การประยุกต์ใช้สารพอลิอิเล็คโทรไลต์ในการแยกเฟส 11

2.5 ปฏิกิริยาระหว่างสารพอลิอิเล็คโทรไลต์และสารลดแรงตึงผิว 14

2.6 หลักการทำให้เป็นฟองลอย 14

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง 21

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 21

3.3 อุปกรณ์ทดลอง 24

3.4 แผนการทดลอง 26

3.5 วิธีวิเคราะห์น้ำเสีย 28

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากห้องน้ำและการล้างรถ 29

4.2 ระบบฟองลอยแบบคอลัมน์ 31

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ระหว่างการใช้สารลดแรงตึงผิว ชนิดแคทอิออนิก และสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ 47

หน้า

4.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกน้ำมันด้วยระบบฟองลอยแบบคอลัมน์และแบบถัง....48
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง....50
5.2 ข้อเสนอแนะ....51
รายการอ้างอิง....52
ภาคผนวก....56
ประวัติผู้เขียน....113

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การนำสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมต่างๆ.....9

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้สารพอลิอิเล็คโทรไลต์ในกระบวนการฟล้อคคูเลชัน.....10

ตารางที่ 3.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลอง.....22

ตารางที่ 3.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของสารโคแอกกูแลนท์ที่ใช้ในการทดลอง.....22

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากห้องน้ำและการล้างรถ
โดยเก็บตัวอย่างแบบ composite ทุกๆ 1 ชั่วโมง.....31

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดแคทอิออนิก
(DTAB) ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1 CMC และสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์
(Betz Novous polymer 2680) ที่ความเข้มข้น 100 มก/ล.....47

ตารางที่ ค-1 การเลือกขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางสำหรับช่วงบีโอดีต่างๆ.....68

ตารางที่ ฉ-1 ปริมาตรของสารที่ใช้ในการย่อยสลายและการวิเคราะห์ (ใช้ได้ในกรณีสาร
ตัวอย่างเป็นของเหลวและมีปริมาณของแข็งน้อยกว่า 1%).....84

ตารางที่ ช-1 ข้อมูลการทดลองเพื่อหาอัตราการเป่าอากาศที่เหมาะสมสำหรับ
น้ำเสียสถานีบริการ.....95

ตารางที่ ช-2 ข้อมูลการทดลองเพื่อหาเวลาเก็บกักที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียสถานี
บริการน้ำมัน เมื่อไม่มีการเติมหรือเติมสารลดแรงตึงผิว.....96

ตารางที่ ช-3 ข้อมูลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันเมื่อเติม
สารโคแอกกูแลนท์ต่างๆ.....101

ตารางที่ ช-4 ข้อมูลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันเมื่อเติม
สารลดแรงตึงผิว DTAB ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....106

ตารางที่ ช-5 ข้อมูลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันเมื่อเติม
สารลดแรงตึงผิว DTAB ควบคู่กับสารโคแอกกูแลนท์ชนิด
แคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์.....107

ตารางที่ ช-6 ข้อมูลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันเมื่อเติม
สารลดแรงตึงผิว SDS ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....109

หน้า

ตารางที่ ซ-7 ข้อมูลการทดลองบำบัดน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันเมื่อเติมสารลดแรงตึงผิว SDS ควบคู่กับสารโคแอกกูแลนท์ชนิดต่างๆ.....110
ตารางที่ ซ-8 ข้อมูลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกน้ำมันด้วยระบบฟองลอยแบบคอลัมน์และแบบถัง เมื่อเติมสารแคทไอออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (NOVOUS CE 2680).....112

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว....3
รูปที่ 2.2 โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวในการเกิดไมเซลล์....4
รูปที่ 2.3 การดูดซับและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว....5
รูปที่ 2.4 แรงระหว่างโมเลกุลในสารละลาย....5
รูปที่ 2.5 ความคงตัวของฟอง....6
รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงตึงผิวกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว....7
รูปที่ 2.7 การทำงานของสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ที่ทำหน้าที่เป็น primary flocculant และ flocculant aid....12
รูปที่ 2.8 กลไกการทำงานของสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ที่เป็น flocculant aid แบบ bridging และ patch flocculation....12
รูปที่ 2.9 ลักษณะของฟองที่เกิดขึ้นเมื่อใช้สารลดแรงตึงผิวที่ความเข้มข้นต่างกัน....15
รูปที่ 2.10 กระบวนการทำให้เป็นฟองลอย....16
รูปที่ 2.11 ลักษณะการเกาะตัวของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิวหรือสารพอลิอิเล็คโทรไลต์กับอนุภาคน้ำมัน....16
รูปที่ 3.1 แผนผังอุปกรณ์ทดลองระบบฟองลอยแบบคอลัมน์....25
รูปที่ 3.2 แผนผังอุปกรณ์ทดลองระบบฟองลอยแบบถัง....26
รูปที่ 4.1 % gas holdup ที่อัตราการไหลของอากาศต่างๆของคอลัมน์ทดลองระบบฟองลอย....32
รูปที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันเมื่อไม่มีการเติมสารลดแรงตึงผิว ที่เวลาทดลองต่างๆ ที่เวลาเก็บกัก 10, 20 และ 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 85 มก/ล)....34
รูปที่ 4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆ ที่เวลาเก็บกัก 10, 20 และ 30 นาที เมื่อเติมสาร DTAB ความเข้มข้นเท่ากับ 1 CMC (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 215 มก/ล)....34

หน้า

รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆ ที่เวลาเก็บกัก 10, 20 และ 30 นาที เมื่อเติมสาร SDS ความเข้มข้นเท่ากับ 1 CMC (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 40 มก/ล)....35
รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆ ที่เวลาเก็บกัก 10, 20 และ 30 นาที เมื่อเติมสาร TERIC N10 ความเข้มข้นเท่ากับ 1 CMC (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 160 มก/ล)....35
รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย เมื่อเติมสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยควบคุมระบบที่เวลาเก็บกัก 30 นาที....37
รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย เมื่อเติมสารแอนอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (Qemifloc VH1007) ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยควบคุมระบบที่เวลาเก็บกัก 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 40 มก/ล)....38
รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย เมื่อเติมสารนอนอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (Qemifloc 720) ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยควบคุมระบบที่เวลาเก็บกัก 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 50 มก/ล)....39
รูปที่ 4.9 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย เมื่อเติมเกลือเฟอร์ริกคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยควบคุมระบบที่เวลาเก็บกัก 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 84 มก/ล)....40
รูปที่ 4.10 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆของเวลาเก็บกักคงที่ 30 นาที และที่ความเข้มข้นของสาร DTAB เท่ากับ 0.1, 0.5 และ 1 CMC (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 147 มก/ล)....41
รูปที่ 4.11 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆ เมื่อเติมสาร DTAB ควบคู่กับสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ต่างๆ โดยควบคุมระบบที่เวลาเก็บกักคงที่ที่ 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 147 มก/ล)....42

หน้า

รูปที่ 4.12 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันของระบบฟองลอย ที่เวลาทดลองต่างๆของเวลาเก็บกักคงที่ 30 นาที และที่ความเข้มข้นของสาร SDS เท่ากับ 0.5 และ 1 CMC (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 243 มก/ล).....44
รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการแยกสารน้ำมัน เมื่อเติมสาร SDS ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1 CMC ควบคู่กับสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ทั้งสามชนิดที่ความเข้มข้น 50 มก/ล โดยควบคุมเวลาเก็บกักคงที่ 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 50 มก/ล).....45
รูปที่ 4.14 ประสิทธิภาพการแยกน้ำมันด้วยระบบฟองลอยแบบคอลัมน์และแบบถัง เมื่อเติมสารแคทอิออนิกพอลิอิเล็คโทรไลต์ (Betz Novous polymer 2680) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เวลาเก็บกักคงที่ 30 นาที (ความเข้มข้นเฉลี่ยของน้ำมันก่อนเข้าระบบเท่ากับ 152 มก/ล).....49
รูปที่ ข-1 ชุดอุปกรณ์ชับเลเตอร์.....88