

การศึกษาทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ของเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ใน
การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันพืช



ประพนธ์ แซ่ตัน

ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสาขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

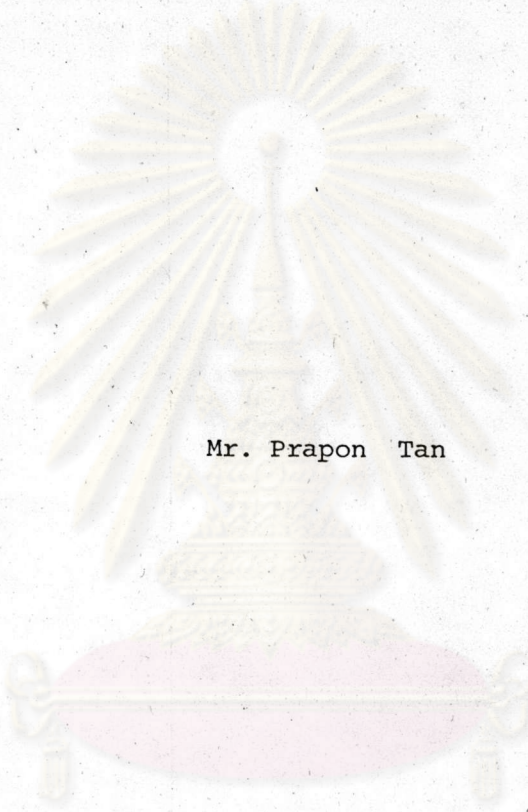
พ.ศ. 2527

ISBN 974-564-127-8

009497

I16329934

Theoretical Study of Coalescer and Its Application to
Treatment of Wastewater from Vegetable Oil Industry



Mr. Prapon Tan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

ISBN 974-564-127-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ของ เครื่องกรอง

โคเอ เลส เซอร์ ในการบำบัดน้ำเสียจาก โรงงานผลิตน้ำมันพืช

โดย

นาย ประพนธ์ แซ่ตัน

ภาควิชา

วิศวกรรมสุขาภิบาล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

สุรพล สายพานิช

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประติษฐ์ มุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุวิทย์ ธรรมจักร

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุวิทย์ ธรรมจักร)

สุรพล สายพานิช

.....กรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช)

ไพพรรณี พรประภา

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณี พรประภา)

มันสิน คัดกุลเวศม์

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มันสิน คัดกุลเวศม์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ของโคเอเลสเซอร์ใน การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันพืช
ชื่อ	นาย ประพนธ์ แซ่ตัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล สายพานิช
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
ปีการศึกษา	2527



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์สำหรับบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยน้ำมัน การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ คือ การศึกษาหลักการทำงานและกลไกของเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ และการศึกษาการประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาหลักการทำงานและกลไกของเครื่องกรองโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง ที่มี TOC ประมาณ 750 mg/l และใช้ค่าครรชนีการกรองเป็นพารามิเตอร์เปรียบเทียบความเหมาะสมของเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ ค่าเน้นการทดลองโดยศึกษาลักษณะสมบัติของตัวกลางระหว่างตัวกลางที่เป็นทรายเปียกน้ำ ตัวกลางที่เป็นทรายเปียกน้ำมัน และ Oleophilic Pesin พบว่า ตัวกลางเป็นทรายที่เปียกน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มม. เหมาะสมกว่าตัวกลางอีกสองชนิดโดยมีค่าครรชนีการกรองเท่ากับ 0.0026 เมื่อนำทรายที่เปียกน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มม. มาศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความลึกของชั้นตัวกลางและอัตราการกรอง พบว่า การเปลี่ยนแปลงความลึกของชั้นตัวกลางในช่วง 10.5-22.2 ซม. ที่อัตราการกรองในช่วง 8.27-23.0 ลบ.ม/ตร.ม-ชม. เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์จะมีประสิทธิภาพในการลด TOC ระหว่างร้อยละ 88 ถึง 98 การสูญเสียแรงดันหัวน้ำจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราการกรองและความลึกของชั้นตัวกลางเพิ่มมากขึ้น สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบำบัดน้ำเสียนี้ คือให้ความลึกของชั้นตัวกลาง 16.1 ซม. อัตราการกรอง 8.27 ลบ.ม/ตร.ม-ชม. มีประสิทธิภาพในการลด TOC ร้อยละ 91 จากการศึกษาเฉพาะกลไกการดูดติดของตัวกลางทั้ง 3 ชนิด พบว่า ตัวกลางที่เปียกน้ำมันจะดูดติดน้ำมันได้ดีกว่าตัวกลางที่เปียกน้ำ

การประยุกต์ใช้เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกรองทราย น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่นำมาทดลอง คือ จากโรงงานของบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์ น้ำมันพืช จำกัด บริษัท สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสเอ็นวี การทดลองกระทำโดยเลือกหาตัวกลางที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียทั้งสามชนิด จากคำศัพท์การกรอง โดยวิธีการเปลี่ยนชนิดของตัวกลาง และศึกษาการปรับพีเอชของน้ำเสียก่อนทำการทดลอง เพื่อดูผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการลด TOC ก่อนเข้าเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานของบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์ น้ำมันพืช จำกัด สภาพการทำงานที่มีความเหมาะสมที่สุด ได้แก่ การใช้ตัวกลางเป็นทรายที่เปียกน้ำทั้งหมด และปรับพีเอชของน้ำเสียจาก 4.2 เป็น 6.8 ที่อัตราการกรอง 3.24 ลบ.ม/ตร.ม-ชม. โดยมีประสิทธิภาพการลด TOC ร้อยละ 62 และสำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานของบริษัท สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด เอสเอ็นวี ได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร โดยพบว่ามีประสิทธิภาพในการลด TOC ประมาณร้อยละ 10-30 เนื่องจากอาจมีผลกระทบจากสารเคมีอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาบลดแรงตึงผิว

การประยุกต์ใช้เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ในการบำบัดของแข็งแขวนลอยในน้ำ ได้ให้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความขุ่นประมาณ 40 NTU การทดลองกระทำโดย ชั้นแรกกรองน้ำเสียผ่านเครื่องกรอง เพื่อหาประสิทธิภาพในการกรอง ต่อจากนั้นจึงล้างย้อนชั้นกรองให้สะอาดแล้วเติมน้ำมันก๊าดเข้าไปในเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ เพื่อให้ไขมันจับอยู่ที่ผิวของตัวกลางแล้วจึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับผลการทดลองที่ไม่ได้เติมน้ำมัน การศึกษาเรื่องนี้พบว่าเทคนิคโคเอเลสเซนซ์อาจจะเป็นวิธีใหม่สำหรับใช้เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกรองทรายแบบธรรมดา โดยพบว่าเครื่องกรองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพจากเดิมร้อยละ 63 เป็นร้อยละ 83

จากข้อสรุปของผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์สามารถนำมาใช้บำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยไขมันได้ดี แต่ในกรณีที่มีสารเคมีอื่นๆ ปนอยู่ในน้ำเสียโดยเฉพาะสารลดแรงตึงผิว จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกรองลดลง ซึ่งจะต้องหาวิธีที่จะ

แก้ไขปรับปรุงการทำงานต่อไป และการประยุกต์ใช้กับการกำจัดความชื้นเนื่องจากของแข็ง
แขวนลอย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองให้สูงขึ้น พบว่ามีความเป็นไปได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2

Thesis Title Theoretical Study of Coalescer and Its Application to
 Treatment of Wastewater from Vegetable Oil Industry

Name Prapon Tan

Thesis Advisor Assistant Professor Surapol Saipanich, Dr. Ing.

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1984

ABSTRACT

This research was studied on filter coalescer to treatment of oily wastewater. The experiments were separated into two parts, theoretical and mechanism studies of filter coalescer, and its application.

Direct emulsion synthetic wastewater containing about 750 mg/l TOC was used in the theoretical and mechanism studies. The most suitable parameters and conditions of filter coalescer were compared by the filterability index. Three types of filter media, hydrophilic sand, oleophilic sand and oleophilic resin were studied. The experimental results showed that hydrophilic sand, 0.35 mm. diameter, was the best filter media, the filterability index was 0.0026. The selected 0.35 mm. hydrophilic sand was studied on the effect of bed thickness and filtration rate. The experiments were carried on between 10.5-22.2 cm of bed thickness and 8.27-23.0 cu.m./sq.m-hr of filtration rate. The treatment efficiency based on TOC were between 88 to 98 percent and filter head loss were increased when bed thickness and filtration rate increased. The optimum condition shown by filterability index were, 16.1 cm. bed thickness, 8.27 cu.m/sq.m-hr. filtration rate and 91 percent TOC removal efficiency. The adhesion mechanism study of three filter media showed that oleophilic media was better than hydrophilic media.

Application study of filter coalescer was seperated into two parts, industrial oily wastewater treatment and upgrading performance of sand filter. Industrial wastewater were taken from Thanakorn Vegetable Oil Product Company, Thai Castor Industries and SNV factory. The suitable media was selected by filterability index from various types of media. Effects of pH on TOC removal efficiency before the treatment by filter coalescer were also studies. The most suitable conditions of Thanakorn Vegetable Oil Product Company were, hydrophilic sand, adjust pH from 4.2 to 6.8, 3.24 cu.m./sq.m.-hr filtration rate, and TOC removal effeciency of 62 percent was obtained. The treatment efficiency of wastewater from Siam Castor Industries and SNV factory were very low, only 10-30 percent TOC removal were obtained, because of chemical interference especially the surfactants.

Application study of filter coalescer on suspended solids removal was tested by synthetic water about 40 NTU turbidity. The experiments were carried out for suspended solids removal efficiency firstly with filtering sand only. When the system reached steady state conditions, the filtering media was backwashed. In the next steps, the filter was fed by kerosene between 0.5 to 3.4 gm kerosene/sq.cm. The filter was retested on the suspended solids removal efficiency. By using this technique, the efficiency was increased from 63 to 83 percent from the experimental results, it could be concluded that the coalescence technique should be the new upgrading method for sand filter.

The experimental results showed that it is possible to use filter coalescer in oily wastewater treatment. The efficiency of filter

coalescer is very low in present of interference chemicals, especially surfactants, and the new upgrading technique is necessary. The application of filter coalescer in upgrading suspended solids removal by sand filter is feasible.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นผลงานวิจัยของโครงการศึกษาวิจัยการใช้วิธีโคเอเลสเซนซ์ ในการบำบัดน้ำเสียที่ประกอบด้วยน้ำมัน ภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่าง INSA de Toulouse ฝรั่งเศส จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกรมโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล สายพานิช ที่ท่านได้แนะนำแนวทางการวิจัยและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจ ความเอาใจใส่ และคอยติดตามความคืบหน้าการวิจัยอย่างสม่ำเสมอ ด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ Dr. Y.AURELLE และ Prof. Dr. H.ROQUES ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านเอกสารทางวิชาการ และคำแนะนำต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุก ๆ ท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ รวมทั้งถ่ายทอดวิชาความรู้ต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณช่อทิพย์ เลิศศักดิ์วิมาน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยในการจัดภาพ และเขียนภาพต่าง ๆ

อนึ่ง เอกสารอ้างอิงบางส่วนของวิทยานิพนธ์เป็นภาษาฝรั่งเศส ซึ่งผู้เขียนได้รับความอนุเคราะห์ในการแปลเอกสารเหล่านี้จาก คุณบงกช อนันตะ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้
ท้ายสุดผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณ สำหรับการสนับสนุนทางการศึกษา ความรัก ความห่วงใย และความช่วยเหลือต่าง ๆ ที่ผู้เขียนได้รับจาก คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคนไว้ ณ ที่นี้

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ช
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญเรื่อง.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ด
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. ทบทวน เอกสาร.....	4
3. การดำเนินการวิจัย.....	26
4. ผลการทดลองและวิจารณ์.....	35
5. สรุปผลการวิจัยและเปรียบเทียบ กับผลงานในอดีตและข้อ เสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง.....	89
ภาคผนวก.....	92
ประวัติผู้วิจัย.....	129

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญเรื่องโดยละเอียด

ฎ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
1.1	ลักษณะทั่วไปและความสำคัญของกระบวนการโคเอลิเซนซ์,..	1
1.2	มูลเหตุของการวิจัย.....	2
1.3	จุดประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.4	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2	ทบทวนเอกสาร.....	4
2.1	ความเป็นมา.....	4
2.2	คำจำกัดความ และการแบ่งชนิดของอิมัลชัน.....	6
2.2.1	การจำแนกโดยอาศัยวิฤภาคต่อเนื่อง เป็นบรรทัดฐาน..	6
2.2.2	การจำแนกโดยอาศัยขนาดของอิมัลชันเป็นบรรทัดฐาน.	6
2.2.3	การจำแนกโดยอาศัยเสถียรภาพของอิมัลชันเป็น บรรทัดฐาน.....	6
2.3	พื้นฐานทางเคมีกายภาพที่นำมาประยุกต์ในเทคนิคโคเอลิเซนซ์	7
2.3.1	แรงที่กระทำต่อโมเลกุลภายในของเหลว.....	7
2.3.2	แรงตึงผิวของของเหลว.....	8
2.3.3	งานโคฮีชันและงานแอกฮีชัน.....	8
2.3.4	ความดันคามิลลารี.....	10
2.4	การเกิดเสถียรภาพของอิมัลชัน.....	11
2.5	เทคนิคต่าง ๆ ในการแยกอิมัลชัน.....	13
2.5.1	ทั่วไป.....	13
2.5.2	การปล่อยให้ลอย.....	14

บทที่

ฐ

หน้า

2.6	หลักการแยกอิมัลชันด้วยโคเอเลสเซอร์.....	17
2.6.1	การสกัดกั้นวัฏภาคกระจายแบบติดผิว.....	17
2.6.2	การสกัดกั้นวัฏภาคกระจายแบบติดค้างในชั้นตัวกลาง..	18
2.6.3	การเลือกใช้ตัวกลางแบบก้อนและแบบเส้นใย.....	18
2.6.4	กลไกการทำงานของโคเอเลสเซอร์ชนิดที่มีตัวกลาง เป็นก้อน.....	18
2.7	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์.....	23
2.8	การหาประสิทธิภาพของโคเอเลสเซอร์.....	23
2.9	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโคเอเลสเซอร์.....	24
3	การดำเนินการวิจัย.....	26
3.1	แผนการวิจัย.....	26
3.2	การดำเนินการวิจัย.....	26
3.2.1	การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....	26
3.2.2	การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ ค่า TOC.....	27
3.2.3	วิธีการทดลอง.....	28
3.2.4	เทคนิคการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	34
4	ผลการทดลองและการวิจารณ์.....	35
4.1	การรายงานผลการทดลอง.....	35
4.2	การศึกษาพื้นฐานของกลไกการดูดติดของน้ำมันบนผิวตัวกลาง...	35
4.3	การศึกษาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อเครื่องกรอง โคเอเลสเซอร์.....	39
4.3.1	การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวกลางชนิดต่าง ๆ.	39

บทที่

ท

หน้า

4.3.2	อิทธิพลของเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวกลางที่มีต่อเครื่อง เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์.....	46
4.3.3	อิทธิพลของความลึกและอัตราการกรอง.....	54
4.4	ผลการทดลองการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ..	65
4.4.1	การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานของ บ.ธนากร จำกัด...	65
4.4.2	การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานของ บ.สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด..	77
4.4.3	การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานล้างถังน้ำมันของ บ.เอสเอ็นวี..	80
4.5	การตรวจสอบการประยุกต์ใช้เครื่องกรองโคเอเลสเซอร์ใน การกำจัดความขุ่น.....	81
5	สรุปผลการวิจัยและเปรียบเทียบกับผลงานในอดีตและข้อเสนอแนะ.....	86
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	84
5.2	เปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยของ Y.AURELLE.....	87
5.3	ข้อเสนอแนะสำหรับค้นคว้าต่อไป.....	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การจำแนกชนิดของอิมัลชัน.....	7
3.1 รายละเอียดการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ.....	32
3.2 รายละเอียดการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	33
4.1 แสดงค่าธรรมชาติการกรองเฉลี่ยของตัวกลางทั้งสามชนิด.....	41
4.2 แสดงค่าการสูญเสียแรงดันหัวน้ำของทรายที่เปียกน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มม. ที่ความลึกของชั้นตัวกลางและอัตราการกรองต่าง ๆ.....	56
4.3 แสดงค่าธรรมชาติการกรองของทรายที่เปียกน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.35 มม.	63
4.4 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน.....	64
4.5 แสดงผลการตรวจสอบลักษณะสมบัติของน้ำก่อนเข้าบ่อดักไขมันและปล่อยทิ้งเอาไว้ให้ตกตะกอนครึ่งชั่วโมง.....	64
4.6 แสดงค่าธรรมชาติการกรองของโรงงานของ บ.ธนากร จำกัด.....	75
4.7 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานของ บ.สยามน้ำมันละหุ่ง จำกัด..	76
4.8 แสดงลักษณะสมบัติของน้ำชำระล้างภายนอก.....	78
4.9 แสดงค่าธรรมชาติการกรองของโรงงานของ บ.เอสเอ็นวี.....	79
5.1 เปรียบเทียบผลงานวิจัยกับ Y.AURELLE สำหรับกรณีใช้น้ำเสียสังเคราะห์.....	86

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงแรงดึงดูดของโมเลกุลซึ่งอยู่ที่ผิวของเหลว.....	8
2.2 แสดงหลอดคาปิลลารีจุ่มในของเหลว.....	10
2.3 การเกิดเสถียรภาพของอิมัลชันเนื่องจากสารลดแรงดึงผิว.....	12
2.4 การเกิดเสถียรภาพของอิมัลชันเนื่องจากอนุภาคของแข็ง.....	12
2.5 การวิเคราะห์ถังปล่อยไหลแบบอุทกคต.....	14
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ผิวน้ำกับเส้นผ่าศูนย์กลางของอิมัลชัน.....	16
2.7 อนุภาคอิมัลชันบนตัวกลางที่เปียกด้วยอิมัลชัน.....	21
2.8 แสดงการสูญเสียแรงดันหัวน้ำของเครื่องกรองโคเอเลสเซอร์.....	23
3.1 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์ และทิศทางการไหล ของน้ำขณะกำลังทดลองโดยใช้หน้าเสี่ยสังเคราะห์.....	29
3.2 แสดงรายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์ และทิศทางการไหล ของน้ำขณะกำลังทดลองโดยใช้หน้าเสี่ยจากโรงงานอุตสาหกรรม.....	30
4.1 ลักษณะตัวกลางก่อนเขย่าขวด.....	36
4.2 ลักษณะตัวกลางหลังเขย่าขวดและปล่อยทิ้งไว้ 10 นาที.....	36
4.3 การดูดติดของน้ำมันบนผิวทรายที่เปียกน้ำ.....	37
4.4 การดูดติดของน้ำมันบนผิวทรายที่ไม่เปียกน้ำ.....	37
4.5 การดูดติดของน้ำมันบนผิว Oleophilic Resin ที่เคลือบผิว ด้วยสารลดแรงดึงผิว.....	38
4.6 การดูดติดของน้ำมันบนผิว Oleophilic Resin ที่ไม่ได้เคลือบ ผิวด้วยสารลดแรงดึงผิว.....	38
4.7 ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสี่ยสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลาโดยใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ.....	40

4.8	แสดงความดันคาบิลลารีในชั้นตัวกลางที่เบี่ยงภูมิภาค ต่อเนื่อง (น้ำ).....	43
4.9	ลักษณะการส่งถ่ายแบบการปะทะโดยตรงชั้นสอง	44
4.10	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลาโดยใช้ตัวกลางชนิดต่าง ๆ	45
4.11	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลา โดยใช้ทรายที่เปียกน้ำ ขนาด 0.35 และ 0.55 มม.	47
4.12	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลา โดยใช้ทรายที่เปียกน้ำมัน ขนาด 0.35 และ 0.55 มม.	48
4.13	แสดงประสิทธิภาพการส่งถ่ายอนุภาคของภูมิภาคกระจายเข้า สัมผัสตัวกลางเทียบกับขนาดของอนุภาคอิมัลชัน	50
4.14	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลา โดยใช้ทรายที่เปียกน้ำ ขนาด 0.35 และ 0.55 มม.	52
4.15	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลา โดยใช้ทรายที่เปียกน้ำมัน ขนาด 0.35 และ 0.55 มม.	53
4.16	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำ ขนาด 0.35 มม. ที่ความลึก ต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.23 ซม./วินาที.....	55
4.17	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำ ขนาด 0.35 มม. ที่ความลึก ต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.45 ซม./วินาที	56

รูปที่

หน้า

4.18	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำ ขนาด 0.35 มม. ที่ความลึก ต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.646 ซม./วินาที.....	57
4.19	การสูญเสียแรงดันหัวน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรง เทียบกับความลึกของชั้นตัวกลางที่อัตราการกรองต่าง ๆ.....	59
4.20	อัตราส่วนการสูญเสียแรงดันหัวน้ำต่อความลึกของชั้นตัวกลางของ น้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชันตรงเทียบกับอัตราการกรอง.....	60
4.21	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำขนาด 0.35 มม. ที่ความ ลึกต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.23 ซม./วินาที.....	62
4.22	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำขนาด 0.35 มม. ที่ความ ลึกต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.45 ซม./วินาที.....	63
4.23	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เป็นอิมัลชัน ตรงเทียบกับเวลาของทรายที่เปียกน้ำขนาด 0.35 มม. ที่ความ ลึกต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 0.646 ซม./วินาที.....	64
4.24	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียจากโรงงานของ บ.ธนาคาร จำกัด เทียบกับเวลา โดยใช้ทรายที่เปียกน้ำขนาด 0.35-4.76 มม. ที่ อัตราการกรอง 6.3 ลบ.ม/ชม. พี่เอช 4.2	68
4.25	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลาที่พี่เอชต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 3.24 ลบ.ม/ตร.ม/ชม.	69
4.26	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลาที่พี่เอชต่าง ๆ ภายใต้อัตราการกรอง 4.65 ลบ.ม/ตร.ม/ชม.	70

4.27	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลาที่อัตราการกรองต่าง ๆ ภายใต้พีเอช 4.2.....	72
4.28	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลาที่อัตราการกรองต่าง ๆ ภายใต้พีเอช 6.8.....	73
4.29	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลา โดยใช้ตัวกลางต่างชนิดกัน ภายใต้อัตรา การกรอง 3.24 ลบ.ม/ตร.ม/ชม. พีเอช 4.2	74
4.30	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียที่ออกจากบ่อดักไขมัน เทียบกับเวลา โดยใช้ตัวกลางต่างชนิดกัน ภายใต้อัตรา การกรอง 3.24 ลบ.ม/ตร.ม/ชม. พีเอช 6.8.....	75
4.31	ประสิทธิภาพการลด TOC ของน้ำเสียจากโรงงานของ บ.สยาม น้ำมันละหุ่งเทียบกับเวลา ที่อัตราการกรอง 3.24 ลบ.ม/ตร.ม/ชม	79
4.32	ประสิทธิภาพการลด TOC ของโรงงานของ บ.เอสเอ็นวี เทียบ กับเวลา.....	82
4.33	ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น เทียบกับความเข้มข้นของ น้ำมันที่ใส่เข้าไป.....	84

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย