หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ในระบบการกรองโดยตรง

นางสาว พูนศิริ ตันติวราพันธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2534

ISBN 974-579-252-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017553

117839218

USES OF POLYELECTROLYTES IN DIRECT FILTRATION SYSTEM

Miss Poonsiri Tantiwarapan

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1991
ISBN 974-579-252-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ในระบบการกรองโดยตรง
โดย นางสาว พูนศิริ ตันติวราพันธ์
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระ เกรอต)

....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พูนศิริ ตันติวราพันธ์ : การใช้สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ในระบบการกรองโดยตรง (USES OF POLYELECTROLYTES IN DIRECT FILTRATION SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา รศ.ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 154 หน้า.ISBN 974-579-252-7

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยสองส่วนได้แก่ การทดลองใช้ค่าดัชนีการกรองเพื่อหาสารที่เหมาะสมที่สุดจากสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ประจุบวกสามชนิด และการศึกษาสมรรถนะของเครื่องกรองโดยตรงโดยใช้สารพอลิอิเล็กโทรไลต์(ที่เลือกได้จากงานส่วนแรก)เป็นสารช่วยกรอง ในการทดลองงานส่วนแรก สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ประจุบวกทั้งสามชนิดได้แก่ N8103 S581 และ C2830 สารทั้งสามมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด และเป็นสารที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการกรองโดยตรง ทำการทดลองโดยใช้กระบอกกรองที่ประกอบด้วยชั้นทรายหนา 4 ซม. และมีขนาด 0.295 - 0.420 มม. ระดับความขุ่นที่ทำการศึกษาคือ 10 30 และ 50 NTU และปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์เท่ากับ 0.5,1.0,2.0,5.0 และ 10.0 ผลการทดลองพบว่า N 8103 น่าจะเหมาะสมมากกว่าชนิดอื่นๆ เนื่องจากให้ค่าดัชนีการกรองต่ำที่สุด ในการทดลองส่วนที่สองได้มีการใช้เครื่องกรองขนาดทดลองซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 42 ซม. โดยชั้นกรองประกอบด้วยถ่านแอนทราไซด์สูง 45.5 ซม.(ขนาดสัมฤทธิ์ 1.30,สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50) และทรายซิลิกาสูง 24.5 ซม. (ขนาดสัมฤทธิ์ 0.55,สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50) ค่า G มีค่าประมาณ 600 วินาที$^{-1}$ และเวลาสัมผัสมีค่าประมาณ 2.5 วินาที พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรเปลี่ยนได้แก่ระดับความขุ่นของน้ำดิบที่ระดับ 10,30 และ 50 NTU อัตราการกรองที่ 5,10 และ 15 ม./ชม. ปริมาณพอลิอิเล็กโทรไลต์เท่ากับ 0.1,0.5 และ 1.0

ผลการทดลองปรากฏว่า N8103 สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพกับน้ำดิบสังเคราะห์ความขุ่น 10 NTU ด้วยปริมาณ 0.1 มก./ล. ที่อัตราการกรอง 15 ม./ชม. โดยมีอายุการกรอง 19 ซม. และพบว่าอายุการกรองและคุณภาพน้ำที่กรองได้มีความสัมพันธ์แปรตามระดับความขุ่นของน้ำดิบส่วนปริมาณน้ำล้างย้อนจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณสารเคมีที่เติม

นอกจากนี้ยังได้ทดลองใช้ C2830 ปริมาณ 0.1 มก./ล. และใช้สารส้มปริมาณ 0.1 - 5.0 มก./ล. ทดลองกรองน้ำขุ่นสังเคราะห์ระดับความขุ่น 10 NTU ปรากฏผลว่า C2830 ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพแต่มีอายุการกรองเพียง 9 ซม.

ทั้งนี้ยังได้ทดลองกรองน้ำดิบจากคลองประปาที่มีความขุ่นประมาณ 60 NTU และใช้ N 8103 ปริมาณ 0.1,0.25,0.5 และ 1.0 มก./ล. แล้วเจือจางเหลือความขุ่นประมาณ 10 NTU และใช้ N 8103 ที่ปริมาณ 0.1 และ 1.0 มก./ล. พบว่า N 8103 มีประสิทธิภาพดีที่ปริมาณ 1.0 มก./ล.เมื่อใช้กับน้ำจากคลองประปาเจือจางโดยมีอายุการกรอง 19 ซม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

POONSIRI TANTIWARAPAN : USES OF POLYELECTROLYTES IN DIRECT FILTRATION SYSTEM THESIS ADVISOR : ASSO. PROF.MUNSIN TANTOOLAVEST, 154 PP.

This research composed of two parts, one was the use of filterability index for selecting the most suitable one from three types of cationic polyelectrolytes, another was the study of capability of a filter by using the selected polyelectrolyte. (from the previous part) as a coagulant. In the first part, three cationic polyelectrolytes were N 8103, S 581 and C 2830, which are available in the local markets and proper tobe used in direct filtration. The experiments performed by using a column which consisted of 4 cm.thick silica sand with the size between 0.295-0.420 mm. The level of turbidity in this research were 10, 30 and 50 NTU, the amount of the polyelectrolytes were 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0 mg/l. Results showed that N 8103 could be the most suitable one because of it provided the lowest F-NUMBER. The second part, using filter column 42.0 mm. diameter, consisted of anthracite coal 45.5 cm. height (ES=1.30, UC=1.50) and silica sand 24.5 cm. height (ES=0.55, UC= 1.50), G value approximately 600 S^{-1} and contact time was about 2.5 S. The variable parameters were the level of turbidity at 10, 30 and 50 NTU, filtration rate at 5, 10 and 15 m/hr, the polyelectrolyte's dosing st 0.1, 0.5 and 1.0 mg/l.

Results showed that N 8103 could be used effectively with 10 NTU synthetic water at 0.1 mg/l dose and 15 m/hr filtration rate. The filter run time was 19 hrs. and was terminated due to excessing headloss. The results also tending to be concluded that the filter run time and the filtrate turbidity varied in proposion to the initial turbidity of raw water and the backwash water varied in proposion to the added coagulant.

Furthermore, many experiments used C 2830 at 0.1 mg/l and alum at 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 and 10.0 mg/l with 10 NTU systhetic water. It was found that C 2830 could be effectively used but the length of filter run was only 9 hrs.

When experimented raw water from klong prapa with about 60 NTU turbidity and using N 8103 at 0.1, 0.25, 0.5 and 1.0 mg/l and then diluted them to 10 NTU using N 8103 at 0.1 and 1.0 mg/l. It was found that N 8103 could be effectively used by 0.1 mg/l when used with the diluted raw water from klong prapa and it's run time was 19 hrs.

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต ....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ อาจารย์ที่ปรึกษา เป็นอย่างสูง ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำแนะนำอันมีค่า และข้อคิดเห็นต่างๆ ต่อผู้เขียนโดยตลอด จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ คณาญาติและกัลยาณมิตรทุกท่าน ที่ได้ทุ่มเททั้งกำลังกายและกำลังใจ แก่ผู้เขียนตลอดการทำงาน

ขอขอบคุณ บริษัท พีดีไอ คอนซัลแตนท์ จำกัด และบริษัท ฟรีแมนฟอกซ์ อินเตอร์คอนคอนซัลแทนท์ จำกัด ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ วัสดุ อุปกรณ์ในการพิมพ์

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทำให้การวิจัยสำเร็จมาได้ จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ คุณประโยชน์และความดีใดที่ปรากฏอยู่ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่บุพการีซึ่งเป็นผู้มีพระคุณสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.. ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ

กิตติกรรมประกาศ.. ฉ

สารบัญ.. ช

สารบัญตาราง.. ญ

สารบัญรูป.. ฎ

บทที่

1 บทนำ.. 1

2 ทฤษฎี.. 2

2.1 ชนิดของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์.. 2

2.1.1 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ประจุบวก.. 4

2.1.2 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ประจุลบ.. 4

2.1.3 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ไม่มีประจุ.. 5

2.1.4 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ให้ทั้งประจุบวกและลบ.. 5

2.2 กลไกการทำลายเสถียรภาพด้วยสารพอลิอิเล็กโทรไลต์.. 5

2.2.1 กลไกการสร้างสะพาน.. 6

2.2.2 กลไกการเกิดหย่อมประจุไฟฟ้าสถิตย์.. 8

2.3 เครื่องกวนสถิตย์.. 9

2.3.1 Kenics Mixer.. 9

2.3.2 Ross ISG Mixer.. 9

2.3.3 Sulzer SMV Mixer.. 9

2.4 การกรองโดยตรง.. 13

2.4.1 กลไกของระบบการกรองโดยตรง.. 13

2.4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการกรองโดยตรง.. 19

2.4.3 ข้อดีและข้อเสียเมื่อเทียบกับระบบอื่น.. 20

2.5 มาตรฐานความขุ่นของน้ำดื่ม.. 21

2.6 การศึกษาที่ผ่านมา.. 21

3 การดำเนินการวิจัย.. 24

3.1 แผนการวิจัย.. 24

3.1.1 ขั้นตอนและรายละเอียดการทดลอง.. 24

3.1.2 พารามิเตอร์ที่แปรเปลี่ยนในการวิจัย.. 25

บทที่ หน้า

3.1.3 พารามิเตอร์ที่คงที่ในการวิจัย........................ 26

3.2 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย........................ 29

3.2.1 อุปกรณ์หาค่าดัชนีการกรอง........................ 29

3.2.2 อุปกรณ์การกรองโดยตรง........................ 29

3.2.3 อุปกรณ์การวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ........................ 32

3.2.4 ทรายกรอง........................ 32

3.2.5 ถ่านแอนทราไซท์........................ 35

3.2.6 เครื่องกวนสถิตย์ที่ใช้ในการทดลอง........................ 36

3.3 สารเคมี........................ 37

3.3.1 สารที่ใช้ในการเตรียมความขุ่นสังเคราะห์........................ 37

3.3.2 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์........................ 37

3.3.3 สารส้ม........................ 38

3.3.3 สารละลายกรดเกลือ........................ 38

3.4 การดำเนินการทดลอง........................ 38

3.4.1 การหาชนิดและปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ โดยอุปกรณ์หาค่าดัชนีการกรองขนาดเล็ก........................ 38

3.4.2 การทดลองเพื่อศึกษาสมรรถนะการกรองโดยตรง โดยอุปกรณ์การกรองโดยตรงขนาดจำลอง........................ 40

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล........................ 41

4.1 เครื่องกวนสถิตย์........................ 42

4.2 การหาชนิดและปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์........................ 44

4.3 การกรองโดยตรง........................ 53

4.3.1 ความเร็วเกรเดียนท์ (G) ในระหว่างการกรองน้ำ........................ 56

4.3.2 คุณภาพน้ำและอายุการกรอง........................ 60

4.3.2.1 ปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์........................ 60

4.3.2.2 การใช้สารเคมีชนิดอื่นเปรียบเทียบ........................ 65

4.3.2.3 การแปรเปลี่ยนของอัตราการกรอง........................ 69

4.3.2.4 ความขุ่นน้ำดิบ........................ 69

4.3.3 การอุดตันของชั้นกรอง........................ 78

4.3.3.1 การอุดตันภายในชั้นกรอง........................ 78

4.3.3.2 การอุดตันของเครื่องกรอง........................ 78

4.3.4 น้ำล้างย้อน........................ 85

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการกรองและการกรองโดยตรง........ 88

4.3.6 ประสิทธิภาพการกรองน้ำเปรียบเทียบเมื่อใช้และไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์.. 89

4.3.7 สาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการวิจัย............................ 89

5. สรุปผลการทดลอง.. 91

6. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยเพิ่มเติม.. 93

เอกสารอ้างอิง.. 94

ภาคผนวก ก เครื่องกวนสถิตย์.. 98

ภาคผนวก ข ผลการทดลองการหาค่าดัชนีการกรอง........................100

ภาคผนวก ค ผลการทดลองการกรองโดยตรง................................105

ประวัติผู้เขียน..154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ทั่วไปในกระบวนการกรอง (2)................ 3

2.2 ข้อเปรียบเทียบระบบการกรองโดยตรงกับระบบการกรองน้ำแบบธรรมดา...... 20

2.3 มาตรฐานความขุ่นของน้ำดื่มจากนานาประเทศ (24)...................... 21

2.4 การศึกษาเกี่ยวกับสารพอลิอิเล็กโทรไลต์กับระบบการกรองโดยตรงที่ผ่านมา.... 22

3.1 พารามิเตอร์ที่แปรเปลี่ยนในการวิจัย.. 25

3.2 การกระจายขนาดของทรายกรองที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.25 มม.
สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50.. 34

3.3 การกระจายขนาดของทรายกรองที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 0.55 มม.
สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50.. 34

3.4 การกระจายขนาดของถ่านแอนทราไซต์ที่มีขนาดสัมฤทธิ์ 1.30
สปส.ความสม่ำเสมอ 1.50.. 35

3.5 คุณสมบัติทั่วไปของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการทดลอง................ 37

3.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ในการทดลอง............ 38

4.1 การศึกษาผลของความยาวของเครื่องกวนสถิตย์ต่อค่า G....................... 43

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการกรองน้ำ
เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีการกรอง.. 51

4.3 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ และ N 8103
เป็นสารโคแอกกูแลนท์.. 54

4.4 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์โดยไม่ใช้สารเคมี............... 55

4.5 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์โดยใช้สารเคมีชนิดอื่นเปรียบเทียบ
และการทดลองไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์ในการกรองโดยตรง........................ 66

4.6 ผลการกรองโดยตรงเมื่อใช้น้ำดิบจากคลองประปาโดยใช้ N 8103
เป็นสารโคแอกกูแลนท์.. 75

4.7 ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการกรองน้ำโดยวิธีการหาค่าดัชนีการกรอง
และการกรองโดยตรง.. 88

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์ด้วยกลไกการสร้างสะพานโดยสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ (4)	7
2.2	ความเป็นไปได้ในการจัดเรียงตัวของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์บนอนุภาคที่มีความหนาแน่นของประจุลบต่ำ (2)	8
2.3	เครื่องกวนสถิตย์แบบ Kenics Mixer (5) , (6)	10
2.4	การไหลและการผสมของไหลเมื่อผ่านเครื่องกวนสถิตย์แบบ Kenics Mixer (7)	10
2.5	เครื่องกวนสถิตย์แบบ Ross ISG Mixer (6)	11
2.6	เครื่องกวนสถิตย์แบบ Sulzer Mixer (2) , (6)	12
2.7	ส่วนประกอบต่างๆของกระบวนการโคแอกกูเลชัน (9)	14
2.8	กลไกการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยเข้าหาสารกรอง (11)	17
2.9	ประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้ายสารแขวนลอยแปรผันกับขนาดอนุภาค (12)	18
2.10	กลไกการกรองน้ำในเครื่องกรองทรายแบบกรองเร็ว (12)	18
3.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนและรายละเอียดการทดลอง	23
3.2	แผนภูมิแสดงการทดลองหาค่าดัชนีการกรอง	27
3.3	แผนภูมิแสดงการทดลองการกรองโดยตรง	28
3.4	อุปกรณ์การหาค่าดัชนีการกรอง	30
3.5	อุปกรณ์การกรองโดยตรง	31
3.6	การกระจายขนาดของทรายกรองและถ่านแอนทราไซต์	33
4.1	ข้อมูลเปรียบเทียบการใช้กราฟ Semi-Log และ Log-Log เพื่อประเมินค่า G	42
4.2	ผลของขนาดทรายต่อค่าดัชนีการกรอง	45
4.3	ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์	47
4.4	ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ S 581 เป็นสารโคแอกกูแลนท์	48
4.5	ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้ C 2830 เป็นสารโคแอกกูแลนท์	49
4.6	ค่าดัชนีการกรองเมื่อใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์	50
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีการกรองกับความขุ่นน้ำดิบสำหรับสารพอลิอิเล็กโทรไลต์แต่ละชนิดที่จุด Optimum dose	52

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่		หน้า

4.8 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 10 NTU.................... 57
4.9 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 30 NTU.................... 58
4.10 การเปลี่ยนแปลงของค่า G ในระหว่างการกรองน้ำที่ปริมาณของสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ระดับต่างๆ ที่ความขุ่น 50 NTU.................... 59
4.11 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรองที่ความขุ่น 10 NTU.................................... 61
4.12 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรองที่ความขุ่น 30 NTU.................................... 62
4.13 ผลของปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ต่อคุณภาพน้ำและอายุการกรองที่ความขุ่น 50 NTU.................................... 63
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกรองน้ำที่อัตราการกรองระดับต่างๆ........................ 64
4.15 คุณภาพน้ำที่ผ่านการกรองเมื่อใช้สารส้ม C 2830 และ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์.. 67
4.16 อายุการกรองและการสิ้นสุดของการกรองเมื่อใช้สารส้ม C 2830 และ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์............................ 68
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการกรองกับอัตราการกรองเมื่อใช้ปริมาณของ N 8103 ระดับต่างๆ............................ 70
4.18 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 0.1 มก./ล........ 71
4.19 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 0.5 มก./ล........ 72
4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ N 8103 ปริมาณ 1.0 มก./ล........ 73
4.21 ผลการกรองน้ำดิบจากคลองประปาโดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์ที่อัตราการกรอง 10 ม./ชม. เปรียบเทียบกับน้ำขุ่นสังเคราะห์ 50 NTU..... 76
4.22 ผลการกรองน้ำดิบจากคลองประปาเจือจางโดยใช้ N 8103 เป็นสารโคแอกกูแลนท์ที่อัตราการกรอง 10 ม./ชม. เปรียบเทียบกับน้ำขุ่นสังเคราะห์ 10 NTU..... 77
4.23 การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.................. 79

รูปที่		หน้า
4.24	การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.5 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.	80
4.25	การอุดตันภายในชั้นกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 1.0 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.	81
4.26	การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 10 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.	82
4.27	การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 30 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.	83
4.28	การอุดตันของเครื่องกรองที่ระดับความขุ่น 50 NTU ปริมาณของ N 8103 0.1 มก./ล. อัตราการกรอง 5 10 และ 15 ม./ชม.	84
4.29	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำล้างย้อนกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการกรอง	85
4.30	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำล้างย้อนกับอัตราการกรอง	87
4.31	ผลการกรองโดยตรงเปรียบเทียบเมื่อใช้และไม่ใช้เครื่องกวนสถิตย์	90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย