

กระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา



นางสาว นลินี เหลืองรุ่งรอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1044-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A MICROFILTRATION PROCESS FOR WATER SUPPLY PRODUCTION

Miss Nalinee Laungrong



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2001
ISBN 974-03-1044-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา
โดย นางสาว นลินี เหลืองรังรอง
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล)

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์)

นลินี เหลืองรุ่งรอง : กระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา

(A MICROFILTRATION PROCESS FOR WATER SUPPLY PRODUCTION)

อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวลิต รัตนธรรมสกุล, 264 หน้า.

ISBN 974-03-1044-3.

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา โดยใช้น้ำดิบจากคลองประปา บริเวณจตุรบน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 3 การทดลอง โดยใช้โมดูลเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงที่มีขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาเพื่อหาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม จากค่าฟลักซ์ที่ทำการศึกษาคือ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ การทดลองที่ 2 เป็นการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) โดยใช้ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 ส่วนการทดลองที่ 3 เป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันในการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าสู่กระบวนการ MF เพื่อปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว

จากการวิจัยพบว่า ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมคือ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ สำหรับเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของค่าความดันมีค่าสูงกว่าในกรณีของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น สี และเหล็ก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ในทุกการทดลอง ส่วนประสิทธิภาพการกำจัด UV260 และ TOC พบว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ แต่ค่าฟลักซ์ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัด สำหรับการบำบัดน้ำขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันแสดงให้เห็นว่าการบำบัดขั้นต้นช่วยลดการสะสมของอนุภาคที่ผิวหน้าเมมเบรนได้มาก สังเกตได้จากค่าความดันที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเดินระบบในระยะยาว สำหรับประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น สี TOC และเหล็ก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้น ส่วนประสิทธิภาพการกำจัด UV260 พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำกว่าน้ำที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ น้ำ permeate ที่ได้ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดไว้ทั้งความขุ่น สี เหล็ก แมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

4170363521 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD: MEMBRANE / MICROFILTRATION / PRETREATMENT

NALINEE LAUNGRUNGRONG : A MICROFILTRATION PROCESS FOR WATER
SUPPLY PRODUCTION. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF.

CHAVALIT RATANATAMSKUL, Ph.D., 264 pp. ISBN 974-03-1044-3.

The purposes of this research was to study the performance of microfiltration (MF) process for water supply production by using raw water in canal at the intake of Bangkhen Water Treatment Plant during low and high turbidity water. The research was carried out in three experiments by using two hollow-fiber membrane modules with the pore sizes of 0.1 and 0.4 μm s. The first experiment was to obtain the optimum flux from the studied flux of 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$. The second experiment was to investigate a long-run operation using the optimum flux from the first experiment. The third experiment, the application of coagulation process as a pre-treatment of MF process was done to improve the performance of the long-run operation.

The results showed that the optimum fluxes were 0.2 and 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ for both membranes. However, the increase in transmembrane pressure was higher in the case of the membrane with 0.1 μm -pore size. Removal efficiencies in terms of turbidity, color and Fe were not significantly different from those of the membrane with 0.4 μm -pore size for all cases. For UV260 and TOC removal efficiencies, it was found that the membrane with 0.4 μm -pore size had higher removal efficiencies than those of the membrane with 0.1 μm -pore size in the case of the high turbidity water at the flux of 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$. Comparision between flux 0.2 and 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$, it was found that the flux of 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ yielded a more increase in transmembrane pressure than the flux of 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{day}$ but it had no effect on removal efficiencies. The study of pretreatment by coagulation process showed that the pretreatment could reduce cake layer formation on membrane surface by observing from the constant transmembrane pressure all the time of long-run operation. Removal efficiencies in terms of turbidity, color Fe and TOC were not significantly different from those of the raw water without pretreatment. For UV260 removal efficiencies, it was found that the raw water with pretreatment had lower removal efficiencies than that of the raw water without pretreatment. Furthermore, permeate water could comply with the standard of drinking water in terms of turbidity, color, Fe, Mn and coliform bacteria.

Department Environmental Engineering

Student's signature

Field of study Environmental Engineering

Advisor's signature

Academic year 2001

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยกรุณาตรวจทาน
แก้ไขวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้คำชี้แนะ
วิทยานิพนธ์ จนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
(สวสท) ที่ช่วยสนับสนุนเงินทุนอุดหนุนงานวิจัยบางส่วน

ขอขอบพระคุณ คุณเดิมาศศักดิ์ โชติวรรณวิรัช และเจ้าหน้าที่ทุก ๆ คน ในส่วน
วิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ สำนักงานผลิตน้ำบางเขน ที่ให้ความ
อนุเคราะห์นำดิบที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำอัน
เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจด้วยดี
เสมอมา และขอขอบคุณ เพื่อน รุ่นพี่และรุ่นน้องทุกคน ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ตลอดการ
ทำงานวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.2 ขอบเขตการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร.....	4
2.1 คุณสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ.....	4
2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ.....	4
2.1.2 คุณสมบัติทางเคมี.....	8
2.1.3 คุณสมบัติทางแบคทีเรีย.....	11
2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ.....	13
2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำ.....	13
2.3 กระบวนการเมมเบรน.....	15
2.4 กระบวนการไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration , MF).....	18
2.4.1 กลไกการทำงานของกระบวนการ MF.....	18
2.4.2 ลักษณะการกรองในระบบ MF.....	18
2.4.3 ทฤษฎีไมโครฟิลเตรชัน.....	20
2.4.4 โมดูลชนิดต่าง ๆ ของกระบวนการ MF.....	21
2.4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของ MF.....	23
2.4.6 การประยุกต์ใช้ MF.....	26
2.4.7 การเดินระบบ MF และการบำรุงรักษา.....	28
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 แผนการทดลองและวิธีดำเนินการวิจัย.....	36
3.1 แผนการทดลอง.....	36
3.2 ตัวแปรที่พิจารณา.....	36
3.3 เตรียมน้ำที่ใช้ในการทดลอง.....	37
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	39
3.5 การติดตั้งเครื่องมือ-อุปกรณ์ทั้งหมดและรูปแบบการดำเนินระบบ ที่ใช้ในการทดลอง.....	43
3.6 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....	46
3.6.1 การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ.....	46
3.6.2 การเดินระบบระยะยาว (10 วัน).....	47
3.6.3 การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาวโดยกระบวนการบำบัดขั้นต้น....	48
3.7 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ทำการวัด.....	49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำดิบที่ใช้ในงานวิจัย.....	50
4.2 การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ.....	53
4.2.1 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ.....	53
4.2.2 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง.....	67
4.2.3 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ.....	81
4.2.4 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง.....	96
4.3 การเดินระบบระยะยาว (10 วัน).....	110
4.3.1 ผลของขนาดรูกรอง.....	110
4.3.2 ผลของค่าฟลักซ์.....	144
4.4 การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยกระบวนการบำบัดขั้นต้น.....	164
4.4.1 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	165
4.4.2 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	173

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.3	น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	182
4.4.2	น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	196
4.4.3	น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	198
4.4.2	น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	207
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง.....	216
5.1	การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ.....	216
5.2	การเดินระบบระยะยาว (10 วัน)	216
5.2.1	ผลของขนาดรูกรอง.....	216
5.2.2	ผลของค่าฟลักซ์.....	217
5.3	การปรับปรุงการเดินระบบระยะยาว (10 วัน)	217
5.4	ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไป.....	219
รายการอ้างอิง.....		220
ภาคผนวก.....		223
ภาคผนวก ก	ข้อมูลดิบของผลการทดลอง.....	224
ภาคผนวก ข	มาตรฐานน้ำประปา.....	259
ภาคผนวก ค	วิธีวัดสี.....	261
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		264

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1	ข้อมูลความขุ่นของน้ำประเภทต่าง ๆ.....6
ตารางที่ 2.1	ประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในขั้นตอนต่าง ๆ.....14
ตารางที่ 2.3	คุณภาพของน้ำดิบที่สามารถใช้ผลิตน้ำประปา.....16
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบกระบวนการเมมเบรนชนิดต่าง ๆ.....17
ตารางที่ 2.5	เปรียบเทียบประโยชน์ของโมดูลแต่ละชนิด.....21
ตารางที่ 2.6	เมมเบรน MF ที่มีขายตามท้องตลาด.....23
ตารางที่ 2.7	การกำจัดสารประกอบอินทรีย์และจุลชีพโดยกระบวนการเมมเบรน.....33
ตารางที่ 2.8	การประยุกต์ MF ในการบำบัดน้ำผิวดิน ; เงื่อนไขการเดินระบบทางศาสตร์.....33
ตารางที่ 2.9	การกำจัด P.aeruginosa และ E.Coli โดยเมมเบรน MF หลายชนิด ที่พีเอช 7 ภายใต้เงื่อนไขการไหลตรง และความดันสูงสุด.....34
ตารางที่ 2.10	คุณภาพน้ำดิบและน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว ในฤดูฝน.....34
ตารางที่ 3.1	ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาค่าพลาซมีดที่เหมาะสมในการเดินระบบ.....46
ตารางที่ 3.2	ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการเดินระบบระยะยาว (10 วัน).....48
ตารางที่ 3.3	ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน.....49
ตารางที่ 3.4	พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ , วิธีวิเคราะห์ และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์.....49
ตารางที่ 4.1	ค่าพารามิเตอร์ของน้ำดิบในคลองประปา บริเวณโรงงานผลิตน้ำบางเขน ประจำเดือนมกราคมถึงธันวาคม ปี 2543.....52
ตารางที่ 4.2	ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ.....66
ตารางที่ 4.3	ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง.....80
ตารางที่ 4.4	ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ.....95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.5 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง.....	109
ตารางที่ 4.6 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการเดินระบบระยะยาว (10 วัน).....	110
ตารางที่ 4.7 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	122
ตารางที่ 4.8 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	132
ตารางที่ 4.9 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	143
ตารางที่ 4.10 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm	154
ตารางที่ 4.11 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	163
ตารางที่ 4.12 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาวโดย กระบวนการบำบัดน้ำขึ้นต้น.....	164
ตารางที่ 4.13 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	173
ตารางที่ 4.14 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	181

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.15 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	190
ตารางที่ 4.16 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	198
ตารางที่ 4.17 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	207
ตารางที่ 4.18 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	215
ตารางที่ 5.1 ค่ามาตรฐานน้ำประปาและค่าแนะนำจากการทดลอง.....	218

สารบัญรูป

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบการกรองแบบไหลผ่านและไหลขวาง.....	19
รูปที่ 2.2 โมดูลของเมมเบรน 4 ชนิด.....	22
รูปที่ 2.3 โมดูลเส้นใยกลวงแบบเปลือย.....	24
รูปที่ 2.4 การเกิด Concentration Polarization.....	25
รูปที่ 2.5 กระบวนการบำบัดน้ำ.....	26
รูปที่ 2.6 การประยุกต์ใช้ MF.....	27
รูปที่ 2.7 แสดงผลของการล้างย้อนต่อการฟื้นฟูค่าฟลักซ์หรือความดันของกระบวนการ MF.....	29
รูปที่ 2.8 ผลการทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมีต่อการฟื้นฟูค่าฟลักซ์ หรือความดันของ MF.....	30
รูปที่ 2.9 ผลของ pH ของสารโคแอกกูแลนต์ที่มีต่อค่าฟลักซ์ที่ผ่านเมมเบรน.....	32
รูปที่ 2.10 การกำจัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการ MF.....	33
รูปที่ 3.1 แผ่นกรองใยแก้วแบบหยาบ	38
รูปที่ 3.2 แผ่นกรองใยแก้วแบบละเอียด.....	38
รูปที่ 3.3 ไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน.....	40
รูปที่ 3.4 มาตรฐานวัดความดันและปั๊มแบบไดอะแฟรม.....	41
รูปที่ 3.5 ลักษณะการวางหัวกระจายอากาศที่ด้านล่างของถังปฏิกรณ์.....	42
รูปที่ 3.6 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง.....	43
รูปที่ 3.7 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง.....	44
รูปที่ 3.8 การวัดอัตราการกรองน้ำ.....	45
รูปที่ 3.9 การเติมอากาศที่ด้านล่างของถัง.....	45
รูปที่ 4.1 พารามิเตอร์แสดงคุณภาพที่คลอกรองประปาบางพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง ในเดือนมกราคมถึงธันวาคม ปี 2543.....	51
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU).....	53
รูปที่ 4.3 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	55
รูปที่ 4.4 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.5 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	59
รูปที่ 4.6 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	61
รูปที่ 4.7 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	63
รูปที่ 4.8 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	65
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	68
รูปที่ 4.10 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	69
รูปที่ 4.11 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	71
รูปที่ 4.12 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	73
รูปที่ 4.13 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	75
รูปที่ 4.14 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	77
รูปที่ 4.15 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	79
รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU).....	82
รูปที่ 4.17 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	84
รูปที่ 4.18 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	86

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.19 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	88
รูปที่ 4.20 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	90
รูปที่ 4.21 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	92
รูปที่ 4.22 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90NTU).....	94
รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	96
รูปที่ 4.24 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	98
รูปที่ 4.25 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	100
รูปที่ 4.26 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	102
รูปที่ 4.27 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	104
รูปที่ 4.28 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	106
รูปที่ 4.29 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU).....	108
รูปที่ 4.30 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	112
รูปที่ 4.31 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	112

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.46 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	135
รูปที่ 4.47 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	136
รูปที่ 4.48 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	138
รูปที่ 4.49 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	139
รูปที่ 4.50 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าเหล็ก สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	141
รูปที่ 4.51 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าแมงกานีส สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม ³ /ม ² -วัน.....	142
รูปที่ 4.52 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	145
รูปที่ 4.53 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	145
รูปที่ 4.54 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	146
รูปที่ 4.55 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	148
รูปที่ 4.56 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	150
รูปที่ 4.57 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	151
รูปที่ 4.58 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm.....	153
รูปที่ 4.59 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm.....	155

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.60 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	155
รูปที่ 4.61 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	157
รูปที่ 4.62 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	158
รูปที่ 4.63 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	160
รูปที่ 4.64 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	161
รูปที่ 4.65 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm	162
รูปที่ 4.66 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	166
รูปที่ 4.67 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความ- ต้านทานรวม สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	166
รูปที่ 4.68 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	167
รูปที่ 4.69 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าสี. สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	169
รูปที่ 4.70 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	170
รูปที่ 4.71 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	172
รูปที่ 4.72 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	174
รูปที่ 4.73 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความ- ต้านทานรวม สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$	174

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน หรือที่เรียกว่า Conventional Process ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการโคแอกกูเลชัน ฟลอคคูเลชัน การตกตะกอน การกรอง และการฆ่าเชื้อโรค เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่และใช้พื้นที่มาก มีการเติมสารเคมีทั้งในกระบวนการผลิตและในน้ำดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิต ทั้งนี้ปริมาณสารเคมีที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำดิบที่เข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปา

ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำดิบที่สำคัญสำหรับการผลิตน้ำประปา ได้รับการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนที่อยู่ริมฝั่งแม่น้ำ โดยเฉพาะช่วงหน้าแล้งจะมีการปนเปื้อนสูงมาก ทำให้การประปานครหลวงต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ในการใช้สารเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำดิบให้อยู่ในเกณฑ์ที่สะอาดเพียงพอ ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำประปาต่อไป ซึ่งนับวันน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาก็ยิ่งมีคุณภาพต่ำลงเรื่อย ๆ การประปานครหลวงต้องเสียเงินงบประมาณสำหรับกระบวนการดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ราคาน้ำประปาสูงขึ้นด้วย

โดยในปี 1986 USEPA ได้ประกาศใช้กฎข้อบังคับการทำความสะอาดน้ำผิวดิน (Surface Water Treatment Rule , SWTR) เพื่อแก้ไขมาตรฐานน้ำดื่มที่ปลอดภัย โดยบังคับให้องค์กรที่ผลิตน้ำสำหรับสาธารณูปโภค ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคและการกรอง อีกทั้งค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของน้ำประปาเคร่งครัดมากยิ่งขึ้น ทำให้ค่าระดับความปนเปื้อนสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Contaminant Levels , MCLs) มีค่าต่ำลงมาก ซึ่งในอนาคตอันใกล้ประเทศไทยอาจจะต้องปรับมาตรฐานในการผลิตน้ำประปาให้สูงขึ้นด้วย

ปัจจุบันในบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น อเมริกา ได้มีการนำกระบวนการเมมเบรนมาใช้เป็นกระบวนการผลิตน้ำประปาแทน Conventional Process เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด การดำเนินระบบไม่ยุ่งยาก น้ำที่ออกจากกระบวนการมีคุณภาพสูง ทั้งยังช่วยลดต้นทุนการดำเนินระบบและการบำรุงรักษาอีกด้วย

กระบวนการเมมเบรนที่ใช้คือ กระบวนการไมโครฟิลเตรชันหรืออัลตราฟิลเตรชัน ซึ่งกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน จะมีอัตราการผลิตน้ำสูงกว่ากระบวนการเมมเบรนแบบอื่น ๆ ที่ความดันเดียวกัน น้ำที่ผ่านการกรองจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำที่ได้จากกระบวนการแยกทั่ว ๆ ไป เช่น การตกตะกอน การเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง การกรองทราย เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดแบคทีเรีย และจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ ศึกษาถึงการใช้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการบำบัดน้ำจากแหล่งน้ำซึ่งใช้สำหรับผลิตน้ำประปา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำประปาของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดความขุ่น สี สารอินทรีย์ เหล็ก แมงกานีส และจุลินทรีย์ออกจากน้ำ โดยใช้น้ำซึ่งมาจากแหล่งน้ำดิบเดียวกับที่ใช้สำหรับผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน
2. ศึกษาถึงปัจจัยในการเดินระบบที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน ได้แก่
 - ขนาดรูกรองของเมมเบรน
 - ค่าฟลักซ์ในการกรองน้ำ
 - คุณสมบัติของน้ำดิบ
3. ศึกษาการปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าระบบด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้ทำในระดับ Lab-scale โดยใช้ไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน ซึ่งเป็นโมดูลชนิด Hollow Fiber Polyethylene ติดตั้งจมตัวในถังปฏิกรณ์ (Submerged Tank Microfiltration ; SMF) มีการเป่าอากาศบริเวณด้านล่างของถัง โดยใช้เมมเบรนที่มีขนาดรูกรองแตกต่างกัน 2 ขนาดคือ 0.1 และ 0.4 μm
2. ในการทดลองนี้จะใช้น้ำดิบจากคลองประปา โดยทำการเก็บที่บริเวณจุดรับน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน ในช่วงความขุ่นต่ำและความขุ่นสูง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่าความขุ่นตลอดทั้งปี ซึ่งจะนำน้ำดิบมากรองผ่านแผ่นกรองใยแก้วที่มีรูพรุนหยาบและละเอียดก่อนนำไปใช้

3. ศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ โดยดูถึงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดันและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน

4. การเดินระบบระยะยาว (10 วัน) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยในการเดินระบบที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน

5. ศึกษาการปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาวโดยการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าระบบ ในการทดลองนี้ใช้น้ำจากคลองประปาที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน มีการเติมสารโคแอกกูแลนต์และตกตะกอนแล้ว โดยทำการเก็บที่บริเวณทางน้ำออกจากถังตกตะกอนก่อนเข้าถังกรองทรายในกระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

6. วิเคราะห์ค่าความขุ่น สี เหล็ก แมงกานีส ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำจะใช้ค่าสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) และค่าการดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร (UV260) เป็นตัวแทน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณจุลชีพ จะใช้แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform) และฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) เป็นตัวแทน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 คุณสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ

คุณสมบัติของน้ำดิบตามธรรมชาติ สามารถจำแนกตามปริมาณและชนิดของสารที่เจือปน ได้เป็น 3 ประเภท คือ

- คุณสมบัติทางกายภาพ เป็นคุณสมบัติเกี่ยวกับสี กลิ่น รส และความขุ่นของน้ำ
- คุณสมบัติทางเคมี เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวกับแร่ธาตุและสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ
- คุณสมบัติทางแบคทีเรีย เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวกับพวกเชื้อแบคทีเรียและจุลินทรีย์

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพ เป็นคุณสมบัติของน้ำที่เกิดขึ้นจากมีสิ่งบางสิ่งมาทำให้คุณสมบัติอันนี้เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพนี้เราสามารถจะทราบได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ และสามารถจะกำจัดออกได้โดยวิธีง่าย ๆ มากกว่าคุณสมบัติด้านอื่น ๆ นอกจากนั้นยังอาจเป็นอันตรายน้อยกว่าคุณสมบัติด้านอื่นถ้าหากมีความจำเป็นต้องบริโภคน้ำนั้น ตัวอย่างเช่น น้ำผิวดิน โดยมากคุณสมบัติทางด้านกายภาพมักจะไม่ค่อยดีนัก เพราะมีตะกอนหรือความขุ่นมากเนื่องจากน้ำได้พัดพาเอาอนุภาคของสารต่าง ๆ บนพื้นดินปะปนมา ซึ่งขึ้นอยู่กับฤดูกาลด้วย เช่น ฤดูฝน น้ำผิวดินจะขุ่นมาก และมีผลกระทบต่อการทำงานของคุณภาพน้ำอย่างมาก ในที่นี้จะขอล่าวถึงคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำเฉพาะความขุ่นและสีเท่านั้น

2.1.1.1 ความขุ่น

ความขุ่นในน้ำผิวดินเกิดจากการสลายตัวของดิน หิน โคลน ออกไซด์ของโลหะที่อยู่ในดิน เยื่อไม้ แพลงตอนและจุลินทรีย์ น้ำที่จากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมจะมีสารที่ทำให้เกิดความขุ่นได้มากมายหลายชนิด คอลลอยด์ที่คงตัวมักเกิดจากสบู่ ผงซักฟอก นอกจากนี้ emulsifying agents ก็เป็นตัวทำให้เกิดความขุ่นด้วย

เราไม่นิยมวัดค่าของแข็งแขวนลอย ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดื่มมาใช้ เนื่องจากน้ำที่มีของแข็งแขวนลอยเท่ากัน อาจให้ความรู้สึกยอมรับต่างกัน ค่าความขุ่นจึงมีความสำคัญต่อทัศนคติของผู้ใช้น้ำมากกว่าปริมาณของแข็งแขวนลอย อย่างไรก็ตาม น้ำที่ขุ่นบางครั้งอาจไม่มีโทษต่อร่างกาย แต่จะทำให้ไม่น่าดื่มมาใช้ ในทางตรงกันข้ามน้ำที่ใสสะอาดอาจจะไม่

ปลอดภัยสำหรับดื่ม ตัวอย่างเช่น น้ำที่มีแร่เหล็กอาจใส่สะอาดในตอนแรก แต่จะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นมีสีน้ำตาลอ่อนเมื่อสัมผัสกับอากาศในภายหลัง

ความขุ่นทำให้น้ำไม่เป็นที่ยอมรับ เพราะสังเกตเห็นได้ทันทีถ้าบรรจุในภาชนะใส สารคอลลอยด์ที่ให้ความขุ่นจะเป็นตัวดูดซับสารเคมี อาจก่อให้เกิดสารอันตรายหรือทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ต้องการ ความขุ่นในน้ำธรรมชาติมีสีน้ำตาล แต่อาจมีสีอื่นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสารที่ก่อให้เกิดความขุ่น ความขุ่นจะบดบังการส่องผ่านของแสงลงสู่ก้นน้ำ มีผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชในลำน้ำและทะเลสาปลดลง นอกจากนี้ความขุ่นที่ทับถมจมลงสู่ก้นลำน้ำหรือทะเลสาปจะจับตัวเป็นโคลนเลน และเปลี่ยนสภาพความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตใต้น้ำต่าง ๆ

ความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- ขนาดของสิ่งแขวนลอย (ละเอียดหรือหยาบ)
- ปริมาณมากหรือน้อย
- ความกระจัดกระจายของอนุภาค
- คุณสมบัติของการดูดซึมแสงของสารแขวนลอยเหล่านั้น

ความขุ่นของน้ำมีความสำคัญเกี่ยวกับกิจการประปามาก กล่าวคือ

1. ประชาชนที่ใช้น้ำประปาทั่ว ๆ ไป มักจะเข้าใจกันว่า น้ำที่ขุ่นมักจะถูกปนเปื้อนมาจากพวกน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน เพราะส่วนมากแล้วพวกน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนมักจะมี ความขุ่นมาก ซึ่งจะก่อให้เกิดพิษภัยต่อสุขภาพขึ้นได้ ทำให้ประชาชนไม่นิยมดื่ม น้ำของการประปา หันไปใช้น้ำจากแหล่งอื่นที่อาจจะไม่ปลอดภัยพอก็ได้
2. น้ำที่มีความขุ่นสูง จะทำให้การกรองน้ำของกิจการประปาช้าลง และระยะเวลาในการใช้งานสั้นลง น้ำที่มีความขุ่นมาก ๆ จะใช้กับถังกรองช้าแทบไม่ได้เลย ต้องใช้กับถังกรองเร็ว ซึ่งถ้าใช้ถังกรองเร็วก็ขึ้นอยู่กับสารโคแอกกูแลนต์ ว่าจะสามารถกำจัดความขุ่นได้มากน้อยเท่าไร อายุการใช้งานของเครื่องกรองจะไดยาวนานขึ้น
3. การฆ่าเชื้อโรค น้ำที่มีความขุ่นสูง ๆ จะเป็นอุปสรรคต่อการฆ่าเชื้อโรคมาก เพราะแบคทีเรียอาจจะไปหลบอยู่ตามสารแขวนลอยเหล่านั้น ทำให้สารฆ่าเชื้อโรคเข้าไปทำลายไม่ถึงทำให้การฆ่าเชื้อโรคไม่ได้ผลเต็มที่ และเป็นการเปลืองสารฆ่าเชื้อโรคด้วย
4. ตะกอนแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งโดยมากเป็นสารอินทรีย์ที่จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนทำให้เกิดสาร Thialomethanes ซึ่งพบว่ามีความไว้มากที่จะก่อให้เกิดมะเร็งในร่างกาย
5. อาจเป็นตัวที่พาหรือเก็บสะสมสารพิษอันตรายได้ เช่น โลหะหนักต่าง ๆ

ความขุ่นของน้ำสามารถวัด โดยใช้หลักการให้แสงผ่านขวดแก้วใสที่บรรจุตัวอย่างน้ำ หากมีความขุ่นมากแสงก็จะผ่านได้ยากหรือได้น้อยลง การวัดความขุ่นของน้ำจะต้องมีค่าความขุ่นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมา โดยใช้สารซิลิกาเป็นตัวแสดงความขุ่นมาตรฐาน คือมี 1 มก SiO₂/ล จะเทียบเท่ากับค่าความขุ่น 1 หน่วย

วิธีวัดความขุ่นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีดังนี้

1. Jackson Candle Turbidimeter มีหน่วยเป็น JTU
2. Formazin Turbidimeter มีหน่วยเป็น FTU
3. Nephelometric Turbidimeter มีหน่วยเป็น NTU

ในปัจจุบันนี้นิยมใช้วิธี Nephelometric Turbidimeter เป็นเครื่องมือวัด โดยมีหน่วยเป็น Nephelometric Turbidity Units (NTU) เพราะเป็นเครื่องมือวัดที่ง่ายและได้ผลรวดเร็ว ตารางที่ 2.1 เป็นข้อมูลความขุ่นของน้ำประเภทต่าง ๆ สำหรับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ขององค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้ว่า น้ำประปาควรมีค่าความขุ่นไม่เกิน 5 NTU

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลความขุ่นของน้ำประเภทต่าง ๆ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2536)

น้ำประเภทต่าง ๆ	ความขุ่น (NTU)
น้ำผิวดินที่มีความขุ่นมาก	1000
แม่น้ำทั่วไป	100
ทะเลสาบ	10
หลังจากผ่านระบบ Coagulation และ Flocculation แล้ว	1-5
หลังจากผ่านเครื่องกรองแล้ว	0.1

2.1.1.2 สี

สีของน้ำเกิดขึ้นจากสาเหตุใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ

1. เกิดจากการสลายตัวของพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ใบไม้เน่าเปื่อย โดยมากมักจะเป็นสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีชา ทั้งนี้เพราะเกิดสารประกอบของพวกกรดแทนนิก (tannic acid)
2. เกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือเกิดจากน้ำทิ้งของฟาร์มต่าง ๆ สีของน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม มักจะมีสีตามน้ำทิ้งนั้น ๆ

ส่วนมากแล้วสารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสีในน้ำ มักจะเป็นสารแขวนลอยที่มีประจุลบ ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถกำจัดสีของน้ำได้โดยใช้เกลือของธาตุที่มีวาเลนซ์ 3 ได้ เช่น Al^{+3} และ Fe^{+3} เป็นต้น โดยมากน้ำผิวดินจะปรากฏว่ามีสีสูงมาก ทั้งนี้เพราะสารที่ทำให้น้ำเกิดสีสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ และน้ำผิวดินมีโอกาสที่จะถูกปนเปื้อนได้มากกว่าน้ำชนิดอื่น ๆ

สีของน้ำจะมีปรากฏอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

1. สีปรากฏ เกิดจากสารพวกแขวนลอยต่าง ๆ ซึ่งสามารถจะกำจัดออกได้โดยการกรองหรือเหวี่ยง (centrifugal)
2. สีจริง เกิดจากสารพวกที่ละลายได้เป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ

โดยปกติสีธรรมชาติของน้ำจะไม่เป็นอันตรายสำหรับการบริโภค แต่จะทำให้น้ำรังเกียจ น้ำที่มีสีไม่เหมาะที่จะใช้ซักล้างเสื้อผ้า อุตสาหกรรมพลาสติก ผลิตภัณฑ์ ย้อมผ้า ทำกระดาษ เป็นต้น ดังนั้นการกำจัดสีจึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญ ในการผลิตน้ำใช้ทั้งในครัวเรือน และในอุตสาหกรรม สารอินทรีย์ที่ทำให้เกิดสีจริงในน้ำสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีน ทำให้ค่าความต้องการคลอรีนของน้ำเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความสามารถฆ่าเชื้อโรคลดลง นอกจากนี้สารประกอบของคลอรีนกับกรดอินทรีย์บางตัวที่เกิดขึ้นจัดเป็นสารก่อมะเร็งด้วย และสารประกอบพวกฟีนอลที่ได้จากการเน่าเปื่อยของผักผลไม้ สามารถรวมตัวกับคลอรีนเกิดเป็นสารประกอบที่มีกลิ่นและรสที่รุนแรง

สีสามารถวัดหาค่าขนาดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่องเทียบสีกับสีมาตรฐาน ที่ได้มาจากสารแพลตทินัม คือ 1 มก/ล ของแพลตทินัม (K_2PtCl_6) จะมีความเข้มสีเท่ากับ 1 หน่วย โดยการเตรียมสารมาตรฐานนี้จะเติมสารโคบอลต์คลอไรด์ผสมลงไปด้วย การวัดสีไม่ควรเก็บตัวอย่างไว้นาน เพราะจุลชีพต่าง ๆ อาจมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพหรือทางกายภาพ ทำให้มีผลต่อสี ค่าที่อ่านได้อาจผิดพลาด จากค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาขององค์การอนามัยโลก กำหนดไว้ว่า น้ำประปาควรมีความเข้มของสีไม่เกิน 5 หน่วย

2.1.2 คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีเป็นคุณสมบัติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือสัมผัสอื่น ๆ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการปฏิกิริยาเคมีเพื่อจะได้ทราบผล โดยจะสามารถบอกได้ว่า น้ำมีคุณภาพลักษณะไหน คือ น้ำมีความกระด้างหรือน้ำอ่อน น้ำมีสภาพเป็นกรดหรือด่างมากน้อยเพียงใด น้ำมีแร่ธาตุอะไรละลายอยู่ มีสารพิษอันตรายปะปนอยู่หรือไม่ เมื่อทราบผลการวิเคราะห์น้ำแล้วจึงสามารถบอกได้ว่าน้ำมีคุณภาพไปในลักษณะใด จำเป็นต้องผ่านกระบวนการ

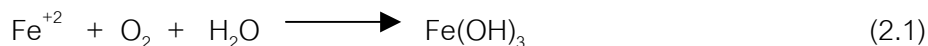
บำบัดเป็นน้ำประปาด้วยวิธีใด และจะช่วยในการออกแบบโรงผลิตน้ำประปาด้วย ช่วยในการคำนวณหาปริมาณสารเคมีที่ต้องการเติมผสมลงไปใต้น้ำดิบ ทั้งหมดนี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ ในการใช้ข้อมูลของคุณสมบัติทางเคมีมาพิจารณาในงานการประปา ซึ่งจะขอกล่าวถึงเฉพาะเหล็ก , แมงกานีส และสารอินทรีย์เท่านั้น

2.1.2.1 เหล็ก (Fe)

เหล็กมักจะพบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป โดยเฉพาะน้ำใต้ดิน เหล็กเกิดขึ้นในแหล่งธรรมชาติที่ชั้นใต้ดิน ซึ่งมีมากที่สุดแร่ธาตุหนึ่ง เหล็กที่อยู่ในน้ำจะมีอยู่ 2 รูปคือ ในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{+2}) ซึ่งจะละลายน้ำได้ดี และในรูปของเฟอร์ริก (Fe^{+3}) ซึ่งจะไม่ละลายน้ำแต่จะตกตะกอนติดเป็นคราบอยู่ตามภาชนะ พวกเหล็กเฟอร์รัสจะพบได้มากในน้ำใต้ดินโดยเฉพาะน้ำบาดาล โดยมักจะละลายอยู่ในรูปของ $Fe(HCO_3)_2$ และ $FeCl_2$ จากคุณสมบัติทางเคมีของเฟอร์รัส ทำให้น้ำที่มี Fe^{+2} ยังคงเป็นน้ำใสอยู่ แต่เมื่อสูบน้ำขึ้นมา พวก Fe^{+2} จะไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งทำให้เกิดเป็น Fe^{+3} ที่ตกตะกอน ทำให้น้ำขุ่นขึ้นและมีสีสนิมเหล็กอยู่ในน้ำประปา

โดยทั่วไปเหล็กที่อยู่ในน้ำประปาจะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาขององค์การอนามัยโลกได้กำหนดไว้ว่า น้ำประปาควรมีความเข้มข้นของเหล็กไม่เกิน 0.3 มก/ล ทั้งนี้เพื่อไม่ให้น้ำประปามีสีสนิมเหล็ก ไม่ให้มีกลิ่นและรส ไม่ให้เกิดคราบสนิมเหล็กที่เครื่องสุขภัณฑ์ ไม่ทำให้เสื้อผ้าเปื้อนสนิมเหล็ก และอาจเป็นแหล่งอาหารให้แก่แบคทีเรียที่เจริญขยายพันธุ์ขึ้นในระบบท่อจ่ายน้ำประปาและในบ่อน้ำทั่วไป ซึ่งเรียกแบคทีเรียนี้ว่า Iron Bacteria เช่น พวก Gallionella ซึ่งทำให้น้ำประปาเกิดปัญหาดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น และยังทำให้ท่อประปาอุดตันได้ พร้อมทั้งทำให้เครื่องสูบน้ำประปาเสียหายได้อีกด้วย

นอกจากนี้เหล็กเป็นธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงของคนและสัตว์ ความต้องการของคนอยู่ในช่วง 7-35 มก/วัน ดังนั้นคนที่ขาดเหล็กมักจะเป็นโรคโลหิตจาง แต่ถ้าน้ำดื่มมีเหล็กมากเกินไปอาจทำให้ผู้ที่ดื่มน้ำนั้นเป็นโรคเกี่ยวกับไต เพราะร่างกายไม่สามารถขับถ่ายออกได้หมด เหล็กก็จะถูกสะสมอยู่ที่ตับ ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับตับอีกด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับและระยะเวลาที่ร่างกายได้รับเข้าไป ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในน้ำจึงนับว่าสำคัญมาก เหล็กสามารถถูกกำจัดได้โดยการเติมอากาศ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของการเติมอากาศ คือ



ซึ่งจะทำให้เหล็กเฟอร์รัส (Fe^{+2}) กลายเป็นเหล็กเฟอร์ริก (Fe^{+3}) หากน้ำมีความกระด้างอยู่ด้วย เหล็กจะถูกกำจัดได้ง่ายมาก แต่ถ้าน้ำมีกรดสูงเหล็กจะถูกกำจัดออกได้ยากกว่า เพราะน้ำที่มีค่าความเป็นกรดสูงเหล็กมักจะเกิดอยู่ในรูปเฟอร์รัส ดังนั้นเราต้องเติมด่างลงไปเพื่อยกระดับของพีเอชของน้ำให้มีค่าประมาณ 9 เสียก่อน จึงค่อยทำการเติมอากาศต่อไป

วิธีการตรวจวัดเหล็กที่ใช้กันมาก คือ วิธีฟีแนนโทโรลีน (Phenanthroline) โดยวัดเหล็กในรูปเฟอร์รัสจะรวมตัวกับ 1, 10-phenanthroline ที่ pH 3.2-3.3 เกิดเป็นอิมอนเชิงซ้อนที่มีสีแดงส้ม วัดค่า Absorbance นำไปเทียบกับเส้นกราฟมาตรฐานก็จะหาความเข้มข้นของเหล็กในน้ำได้ นอกจากนี้ยังมีวิธี Atomic Absorption Spectrometric ซึ่งใช้วิเคราะห์เหล็กได้ทั้งในรูปเฟอร์รัสและเฟอร์ริก โดยทั้ง 2 วิธีเหมาะสำหรับน้ำธรรมชาติและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

2.1.2.2 แมงกานีส (Mn)

แมงกานีสจะพบอยู่ในแหล่งน้ำทั่วไป โดยมักจะพบปะปนอยู่กับเหล็กเสมอ แต่โดยจะมีปริมาณที่น้อยกว่า แมงกานีสก็จะพบได้ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน แมงกานีสที่อยู่ในน้ำจะมีอยู่ 2 รูป คือ Mn^{+2} ซึ่งไม่ละลายน้ำและ Mn^{+4} ซึ่งละลายน้ำ โดยแมงกานีสจะคงตัวไม่แปรเปลี่ยนรูปง่ายกว่าของเหล็ก ทำให้การกำจัดแมงกานีสออกจากน้ำจึงกระทำได้ยากกว่า จำเป็นต้องมีทั้งออกซิเจนและคลอรีนมาช่วยในการกำจัดแมงกานีสออก

เนื่องจากแมงกานีสเป็นโลหะจำเป็นสำหรับการทำงานของเอนไซม์บางตัว ดังนั้นการรับแมงกานีสจากอาหารในระดับ 10 มก/วัน จึงไม่ถือว่าเป็นอันตราย หากปริมาณมากกว่านี้อาจเป็นอันตรายได้ แต่กว่าจะถึงระดับนั้นมันจะก่อความรำคาญอย่างหนักขึ้นก่อน แมงกานีสความเข้มข้นเกินกว่า 0.05 มก/ล หรือความเข้มข้นรวมกับเหล็กที่มากกว่า 0.3-0.5 มก/ล จะเริ่มสร้างปัญหา โดยที่แมงกานีสจะตกตะกอนแยกตัวจากน้ำถ้าสัมผัสกับออกซิเจนหรือคลอรีน เกิดเป็นคราบจับติดอยู่ภายในท่อ ซึ่งบางครั้งก็หลุดติดไปกับน้ำประปาด้วย คราบที่เกิดจากแมงกานีสไดออกไซด์จะมีสีดำ แต่ถ้ามีเหล็กอยู่ด้วยจะเป็นคราบสีน้ำตาลเข้ม ถ้าใช้น้ำประปาที่มีแมงกานีสเจือปนอยู่ซักผ้าสีอ่อน ๆ จะมีรอยด่าง หรือถ้าใช้กับสุขภัณฑ์สีขาวจะมีคราบน้ำที่มีแมงกานีสอยู่ สำหรับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ว่า น้ำประปาควรมีความเข้มข้นของแมงกานีสไม่เกิน 0.1 มก/ล

2.1.2.3 สารอินทรีย์

สารอินทรีย์ที่ไม่เสถียรจะถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ โดยออกซิเจนจะถูกใช้ในปฏิกิริยา สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำเหล่านี้ประกอบด้วย แป้ง ไขมัน โปรตีน แอลกอฮอล์ กรด อัลดีไฮด์ และเอสเทอร์ ซึ่งมาจากการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ในแหล่งน้ำ หรือจากน้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรมและน้ำเสียจากการเกษตร สารอินทรีย์เหล่านี้มักทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความขุ่น สี กลิ่นและรสของน้ำ

เราใช้ค่า TOC (Total Organic Carbon) ในการวัดปริมาณสารอินทรีย์ทุกชนิดที่มีองค์ประกอบเป็นธาตุคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วย

- สารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย (Dissolved Organic Carbon , DOC) ซึ่งเป็น TOC ส่วนที่ผ่านสารกรองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.45 ไมครอน
 - อนุภาคสารอินทรีย์คาร์บอน (Particulate Organic Carbon , POC) คือ สารอินทรีย์คาร์บอนที่ไม่ละลายน้ำ และถูกกักแยกโดยสารกรองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.45 ไมครอน
 - สารอินทรีย์คาร์บอนระเหย (Volatile Organic Carbon , VOC) คือ สารอินทรีย์คาร์บอนที่สลายตัวได้และถูกกำจัดออกโดย gas stripping ภายใต้สภาวะจำเพาะ
- VOC ส่วนใหญ่เป็นสารจากอุตสาหกรรม พบปนเปื้อนอยู่ทั้งในแหล่งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน หลายตัวในสารกลุ่มนี้จัดให้เป็นสารก่อมะเร็ง สารในกลุ่มนี้ที่ EPA กำหนดค่าสูงสุดในน้ำดื่ม ได้แก่ Benzene , 1,1-dichloroethylene , para - dichlorobenzene , 1,1-trichloroethane , trichloroethylene และ Vinyl chloride
- สารอินทรีย์คงตัว (Nonpurgeable Organic Carbon , NPOC) คือ ส่วนของ TOC ที่ไม่ถูกกำจัดออกโดย gas stripping

สำหรับสารอินทรีย์ที่ไม่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในน้ำธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส กรดแทนนิน กรดลิกนิน สารฮิวมิก เป็นต้น จะใช้ค่าการดูดซึ่มรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) เป็นตัวแทนของปริมาณสารอินทรีย์เหล่านี้ทั้งในน้ำสะอาดและน้ำเสีย ซึ่งช่วงค่าความยาวคลื่นมาตรฐานคือ 253.7 นาโนเมตร แต่ก็สามารถกำหนดใช้ช่วงค่าความยาวคลื่นอื่น ๆ ได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสารรบกวนอื่น ๆ ในน้ำ ซึ่งอาจจะสามารถดูดซึ่มรังสีอัลตราไวโอเล็ตในช่วงค่าความยาวคลื่นนั้น ๆ ได้เช่นกัน ทำให้ค่าที่วัดได้ผิดไปจากที่ควรจะเป็น โดยอัตราส่วนระหว่างค่าการดูดซึ่มรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อสารอินทรีย์คาร์บอน สามารถแสดงถึงลักษณะของสารอินทรีย์ธรรมชาติได้

นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยได้อีกประเภทหนึ่ง ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นเองตามกระบวนการตามธรรมชาติ แต่มักจะมาจากการสังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้งานในจุดประสงค์ต่าง ๆ และจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหลังใช้งานเสมอ สารอินทรีย์เหล่านี้มักจะมีเจือปนอยู่ในปริมาณน้อย แต่จะมีอันตรายต่อผู้ได้รับ เราอาจเรียกสารอินทรีย์กลุ่มนี้ว่า Trace Organics ซึ่งในที่นี่จะกล่าวถึงเพียงบางชนิดเท่านั้น และเชื่อว่าในอนาคตจะต้องมีจำนวนและปริมาณเพิ่มขึ้นอีกมาก สารเหล่านี้ได้แก่ สารซักล้าง (ABS) , สารปราบศัตรูพืช (DDT) , สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (THMs) , ไซยาไนด์ และฟีนอล เป็นต้น

2.1.3 คุณสมบัติทางแบคทีเรีย

คุณสมบัติอันนี้ถือว่าสำคัญที่สุด เพราะเป็นอันตรายที่จะทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บขึ้นได้ โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อหลายชนิดด้วยกัน เช่น บิด อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ และโรคระบบทางเดินอาหารต่าง ๆ เกิดขึ้น เนื่องจากแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตราย (pathogenic bacteria) ที่นำโรคเหล่านี้ปนเปื้อนลงไปในน้ำ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโรคเหล่านี้มักจะมีการระบาดบ่อย ๆ ในประเทศที่ด้อยพัฒนาหรือกำลังพัฒนา ทั้งนี้เพราะประเทศเหล่านี้มีระดับความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิตที่ไม่ถูกต้องตามสุขลักษณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสุขาภิบาลเรื่องน้ำยังไม่ดีพอ เชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจจะแบ่งเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 พวก คือ

1. พวกที่สามารถทำให้เกิดโรคได้ในคน เป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นอันตรายและมีอยู่ในลำไส้คน เรียกว่า เอนเทอริก พาโทเจน (Enteric pathogens) เชื้อพวกนี้จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 37°C คือเท่ากับอุณหภูมิในร่างกายคน เมื่อคนป่วยที่เป็นโรคบิดก็ดี อหิวาต์ก็ดี หรือไทฟอยด์ก็ดี ถ่ายอุจจาระลงไปในน้ำ แบคทีเรียพวกนี้ก็จะไปปนเปื้อนอยู่ในน้ำและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน การที่จะตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรียพวกนี้จากน้ำ มีกรรมวิธีที่ละเอียดรอบคอบและยุ่งยากมาก ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์น้ำทางด้านแบคทีเรียจึงไม่นิยมตรวจเชื้อพวกนี้โดยตรง

2. แบคทีเรียพวกที่อยู่ในลำไส้คนและสัตว์มากที่สุด มีชื่อเรียกว่า โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform bacteria) พวกนี้จะมีอยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ในอุจจาระปกติของคน 1 กรัม จะมีโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่ประมาณ 10^5 ถึง 10^9 ตัว โดยปกติแล้วแบคทีเรียพวกนี้ไม่ก่อให้เกิดโรค เป็น non-pathogen แต่เมื่อถ่ายออกมากับอุจจาระลงไปในน้ำ มันจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในน้ำได้นานกว่าพวกแรก การตรวจวิเคราะห์ก็ง่ายกว่าพวกแรก ดังนั้นเขาจึงตกลงกันเลือกเอาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นดัชนีชี้ถึงคุณภาพทางแบคทีเรียของน้ำ

เหตุที่เลือกเอาโคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีในการตรวจคุณภาพน้ำ มีดังนี้

1. การตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำ ทำได้ง่ายกว่าการตรวจหาพวกเอนเทอริค พาโทเจนตัวอื่น ๆ เพราะโคลิฟอร์มแบคทีเรียสามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้กรดและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแบคทีเรียอื่น ๆ ที่ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสได้ก็มีแต่จำนวนน้อยมาก
2. เนื่องจากโคลิฟอร์มแบคทีเรียปกติจะมีอยู่ในอุจจาระคนและสัตว์ 95% อยู่ในดินเพียง 5% ดังนั้นน้ำที่มีอุจจาระปนอยู่จึงมีโอกาสตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
3. ในสภาวะอย่างเดียวกัน คือ น้ำชนิดเดียวกัน อุณหภูมิเท่ากัน โคลิฟอร์มแบคทีเรียจะมีความทนทานได้ดีกว่าเอนเทอริค พาโทเจน แบคทีเรียตัวอื่น ๆ
4. เมื่อตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ ก็พอจะลงความเห็นได้ว่าน้ำนั้นมีอุจจาระของคนหรือของสัตว์ปะปนอยู่ด้วยแน่ และอาจจะคาดการณ์ได้ว่าอาจจะมีเชื้อโรคของระบบทางเดินอาหารปะปนอยู่ด้วย
5. การตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ เป็นเครื่องชี้ให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความสกปรกมากน้อยเพียงใด ไม่เหมาะสมที่จะใช้ กล่าวคือ ถ้าตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมาก แสดงว่าน้ำนั้นสกปรกมาก ถ้าน้ำสกปรกน้อยก็พบจำนวนโคลิฟอร์มแบคทีเรียน้อย หรืออาจจะไม่พบเลย

การตรวจวิเคราะห์ทางแบคทีเรียจะมี 3 ตัวกำหนด คือ

1. การตรวจจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total or standard Plate Counting)

ใช้น้ำตัวอย่าง 1 มล. มาเพาะเชื้อในตูบที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชม. แบคทีเรียแต่ละตัวที่อยู่ในน้ำจะเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนมากขึ้น จับเป็นกลุ่มหรือเป็นจุดเล็ก ๆ บนอาหารวุ้นที่เลี้ยงไว้ เรียกกลุ่มหรือจุดเหล่านี้ว่า โคโลนี ซึ่งสามารถนับได้ด้วยตาเปล่า

ตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ว่า น้ำประปาจะต้องตรวจไม่พบแบคทีเรียทั้งหมด เพราะแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำมีปริมาณสูง โอกาสที่จะมีเชื้อโรคก็ย่อมมีมากด้วยแต่ไม่ได้ใช้เป็นค่าตายตัวแน่นอน นอกจากสำหรับควบคุมหรือตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำประปาเท่านั้น
2. การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Index)

แบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์มแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

 - ฟีคอลลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียพวกนี้ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น จะถูกขับถ่ายออกมาพร้อมกับอุจจาระ เช่น *Escherichia coli* (*E.coli*)
 - นันฟีคอลลโคลิฟอร์ม แบคทีเรียพวกนี้มักจะอาศัยอยู่ในดินและพืช เช่น *Aerobacter aerogenes* (*A.aerogenes*)

ดังนั้นการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำ จึงไม่ได้เป็นการยืนยันว่าน้ำนั้นได้รับการปนเปื้อนจากของเสียของคนหรือสัตว์ ควรตรวจหาฟีคอลลโคลิฟอร์ม หรือ *E.coli* เพื่อให้แน่ชัดลงไป

การตรวจหาโคลิฟอร์มแบคทีเรียในงานวิเคราะห์ประจำ (routine work) จะใช้วิธี Multiple Tube Technique ซึ่งต้องอาศัยการเปรียบเทียบเชิงสถิติมาอ่านเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นหน่วยที่ใช้จึงเป็น MPN/100 ml โดย MPN ย่อมาจาก Most Probable Number สำหรับค่ามาตรฐานน้ำประปาขององค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ว่า จะต้องตรวจไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

3. การตรวจหา E.coli

การตรวจหา E.coli จะใช้ membrane filter technique โดยกรองน้ำที่ต้องการตรวจผ่านเยื่อกรองแบบ cellulose acetate หรือ glass filter ที่มีรูเปิดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนเมตร นำเยื่อกรองที่มีแบคทีเรียค้างอยู่ไปเพาะเชื้อในอาหารพิเศษ ซึ่งจะทำให้โคโลนีของ E.coli มีสีต่างจากแบคทีเรียตัวอื่นสามารถนับได้อย่างแน่นอน สำหรับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปាកำหนดไว้ว่า จะต้องตรวจไม่พบ E.coli

การตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียมีข้อควรคำนึงหลายประการ ตามปกติน้ำที่ผ่านการกรองถูกต้องจะมีแบคทีเรียน้อยมาก แต่ถ้าท่อน้ำประปาหรือภาชนะที่บรรจุไม่สะอาดเพียงพอ ก็จะทำให้พบว่ามีโคลิฟอร์มมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงมีข้อควรระวังอย่างมากในการตรวจวิเคราะห์ทางด้านนี้ ตั้งแต่วิธีการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้องและปราศจากการปนเปื้อนจากแบคทีเรียภายนอก ภาชนะที่บรรจุตัวอย่างมาวิเคราะห์ ตลอดจนวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ทุกขั้นตอน ควรทำแบบปลอดเชื้อ (Sterile technique)

2.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้นิยามของวัตถุประสงค์การปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคไว้ 3 ประการ คือ

- ผลิตน้ำสะอาดเพื่อใช้ในการอุปโภคได้โดยปลอดภัย (Safe and Wholesome)
- ผลิตน้ำให้พอกับความต้องการของผู้ใช้น้ำ (Adequate Quantity)
- ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำและพร้อมที่จะจ่ายน้ำให้แก่ผู้ต้องการใช้น้ำได้อย่างทั่วถึง

(Readily Available To The Users)

2.2.1 กระบวนการบำบัดน้ำ

กระบวนการบำบัดน้ำประกอบด้วยหลายขั้นตอน คือ เดิมอากาศ ตกตะกอน ธรรมชาติ ระบบทรายกรองเร็ว การแก้ความกระด้างและการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งประสิทธิภาพของแต่ละขั้นตอนแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประสิทธิภาพของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำในขั้นตอนต่าง ๆ (โทมัส คิวบอร์ , 2533)

คุณสมบัติ	กำจัดโดย				
	พ่นอากาศ (Aeration)	ตกตะกอนธรรมดา (Plain Sedimentation)	ตกตะกอนด้วยสารเคมี และ กรองอย่างรวดเร็ว (Coagula- tion, Rapid filtration)	แก้ความกระด้างโดย ใช้ปูนขาว (Lime Softening)	ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (Disinfection)
จุลินทรีย์ (Microorganisms)	ไม่ได้ผล	พอประมาณ	ดี	พอประมาณ (โดยวิธี excess lime)	ดี
สี	ไม่ได้ผล (ยกเว้น Fe)	ไม่ได้ผล	ดี	ดี	ไม่มีผล (ยกเว้นใน กรณี dose สูง ๆ)
ความขุ่น	ไม่ได้ผล	พอประมาณหรือดี	ดี	ดี	ไม่ได้ผล
กลิ่น, รส	ดี	ไม่ได้ผล	ดี	ได้ผลเล็กน้อย	ดี (ถ้าเป็น Superchlo- rination)
ความกระด้าง	ได้ผลเล็กน้อย (CO ₂)	ไม่ได้ผล	เปลี่ยนรูปของความกระด้าง	ดี	ไม่ได้ผล
ความกัดกร่อน (Corrosiveness)	กำจัด CO ₂ แต่เพิ่ม O ₂	ไม่ได้ผล	ตัวช่วยสร้างตะกอน (Coagulants จะให้ก๊าซ CO ₂ ออกมา)	ไม่แน่นอน	ไม่ได้ผล
เหล็กและแมงกานีส	ดี	ดี, หลังจากผ่านขบวนการเติมอากาศ			

จากผลการแก้ไขมาตรฐานน้ำดื่มที่ปลอดภัยของสหรัฐอเมริกา ในปีค.ศ. 1986 ทำให้กฎข้อบังคับการทำความสะอาดน้ำผิวดิน (Surface Water Treatment Rule , SWTR) ซึ่งประกาศใช้โดย USEPA ได้บังคับให้องค์กรที่ผลิตน้ำสำหรับสาธารณูปโภค ซึ่งใช้ระบบการกรองแบบธรรมดาและกรองโดยตรง ต้องทำให้น้ำที่ผ่านการกรองมีความขุ่นไม่เกิน 0.5 NTU หรือต่ำกว่า และอาจจะถูกบังคับให้ผลิตน้ำกรองให้มีระดับของความขุ่นต่ำกว่า 0.2 NTU นอกจากนี้ค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของน้ำประปาที่เคร่งครัดมากขึ้น จึงทำให้ค่าระดับความปนเปื้อนสูงสุดที่ยอมรับได้ (Maximum Contaminant Levels , MCLs) มีค่าต่ำลงมากและผลจากกฎข้อบังคับเหล่านี้ ทำให้มีความสนใจในเทคโนโลยีการกรองอื่น ๆ เพิ่มมากยิ่งขึ้น เช่น กระบวนการเมมเบรน เพื่อให้ น้ำที่ผลิตได้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

ในปี 1994 ที่ North America มีการสร้างระบบ MF ขนาดใหญ่แห่งแรกสำหรับ บำบัดน้ำผิวดิน ออกแบบให้มีความจุ 5 mgd (19 ML/d) ซึ่งสามารถบำบัดน้ำผิวดินที่มีความขุ่นมากกว่า 250 NTU ให้เหลือ 0.03 NTU การประยุกต์ใช้ MF ในการบำบัดน้ำผิวดินจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา (Lozier และคณะ , 1997)

แม้ว่าในปัจจุบันกระบวนการเมมเบรนจะยังไม่นิยมใช้ในประเทศไทย เนื่องจาก ราคาที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการบำบัดแบบธรรมดา แต่ในอนาคตถ้าหากแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพเหมาะสมในการผลิตน้ำหายากขึ้น กระบวนการเมมเบรนจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับกระบวนการบำบัดน้ำ ซึ่งคุณภาพของน้ำดิบที่สามารถใช้ผลิตน้ำประปา แสดงดังตารางที่ 2.3

2.3 กระบวนการเมมเบรน

เมมเบรน คือ เยื่อฟิล์มบางที่สังเคราะห์ขึ้นจากวัสดุอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เช่น เซลลูโลสอะซิเตตและโพลีเอไมด์ ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการเลือกกักแยกอนุภาคต่าง ๆ สารอินทรีย์-อนินทรีย์ และไอออน ออกจากของเหลวหรือก๊าซได้

กระบวนการเมมเบรน หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่อาศัยเยื่อเมมเบรน (Semi-Permeable Membrane) ในการแยกสารละลายออกจากน้ำหรือของเหลว ใช้แรงขับเคลื่อนในการเคลื่อนของไหลให้ซึมผ่านเยื่อเมมเบรนไป และกักสารต่างๆไว้ในรูปของสารละลายเข้มข้น โดยไม่ยอมให้ผ่านไปได้

ตารางที่ 2.3 คุณภาพของน้ำดิบที่สามารถใช้ผลิตน้ำประปา (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ , 2536)

ลักษณะของน้ำดิบ	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้	
	องค์การอนามัยโลก	อเมริกา
สี, หน่วยสี	300	75
ของแข็งละลายน้ำ (TDS), มก/ลิตร	1500	500
ไขมัน, มก/ลิตร	1	ต้องไม่ปรากฏเห็น
โคลิฟอร์ม, จำนวนต่อ 100 มล.	-	10,000
Zinc, มก/ลิตร	1.5	5
Copper, มก/ลิตร	1.5	1.0
Manganese, มก/ลิตร	5	0.05
Iron, มก/ลิตร	50	0.3
Lead, มก/ลิตร	0.05	0.05
Chromium, มก/ลิตร	0.05	0.05
Cadmium, มก/ลิตร	0.01	0.01
Arsenic, มก/ลิตร	0.05	0.05
Cyanide, มก/ลิตร	0.20	0.20
Selenium, มก/ลิตร	0.01	0.01
Fluoride, มก/ลิตร	1.50	-
Phenols, มก/ลิตร	0.002	0.001
Nitrate, มก/ลิตร	45	-
Ammonia, มก/ลิตร ของ N	0.5	0.5
TKN, มก/ลิตร ของ N	1.0	-
Carbon Chloroform Extract	0.5	0.15
BOD ₅ , มก/ลิตร	6	-
COD, มก/ลิตร	10	-

กระบวนการเมมเบรนที่ใช้ในการบำบัดน้ำและน้ำเสียที่สำคัญมี 4 แบบ คือ Reverse Osmosis (RO) , Nanofiltration (NF) , Ultrafiltration (UF) และ Microfiltration (MF) ตารางที่ 2.4 สรุปถึงความแตกต่างของกระบวนการเมมเบรน 4 ประเภท

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบกระบวนการเมมเบรนชนิดต่าง ๆ (Zeman and Zydney , 1996)

Process	Materials removed	Applications	Transmembrane pressures kPa (psi)
Microfiltration	Suspended solids and large colloids	Removal of bacteria, flocculated materials, and TSS	69–173 (10–25)
Ultrafiltration	Colloids, proteins, microbiological contaminants, and large organic molecules	Virus removal, removal of colloids and some organic molecules	103–690 (15–100)
Nanofiltration	Organic molecules with weights greater than 200 to 400, some TDS ^a reduction	Removal of color, TOC, ^b hardness, radon, and TDS reduction	345–1550 (50–225)
Reverse osmosis	Dissolved salts, inorganic molecules, organic molecules with molecular weights greater than 100	Desalination, wastewater reuse, food and beverage processing, industrial process water	1379–6895 (200–1000)

^a TDS = total dissolved solids.
^b TOC = total organic carbon.

ประโยชน์ของกระบวนการเมมเบรนเมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการบำบัดน้ำแบบธรรมดา (Anselme และคณะ , 1993) มีดังนี้คือ

- เป็นการกรองซึ่งแยกออกอย่างสมบูรณ์ ตรงข้ามกับการกรองแบบติดค้างในชั้นกรอง
- การแยกของแข็งออกจากของเหลวและการฆ่าเชื้อโรค โดยไม่มีการเติมสารเคมีเพิ่ม
- ไม่พบสารโคแอกกูเลชัน และ สารฆ่าเชื้อโรค เหลือตกค้างในน้ำออก
- ขนาดกระทัดรัด และช่วยลดต้นทุนการเดินระบบและบำรุงรักษา
- การใช้เครื่องจักรแทนการทำงานของมนุษย์
- คุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองคงที่และมีคุณภาพสูง แม้ว่าคุณภาพแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลง

ปัจจุบันนี้ เริ่มมีการใช้กระบวนการเมมเบรนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำแทนกระบวนการบำบัดแบบธรรมดา เนื่องจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.4 กระบวนการไมโครฟิลเตรชัน (MF)

กระบวนการไมโครฟิลเตรชัน (MF) เป็นกระบวนการทางกายภาพ อาศัยแรงดันที่ต่ำเป็นแรงขับเคลื่อนให้ของเหลวผ่านช่องว่างของเมมเบรน ในการแยกอนุภาคแขวนลอยที่มีขนาดอยู่ในช่วง 0.01-10 ไมโครเมตร รวมทั้งแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่น ๆ ออกจากของเหลว กระบวนการ MF เป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง เนื่องจากมีอัตราการผลิตน้ำสูงกว่ากระบวนการเมมเบรนแบบอื่นที่ความดันเดียวกัน น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณภาพดีกว่าน้ำที่ได้จากกระบวนการแยกทั่วไป เช่น การตกตะกอน การเหวี่ยงเหวี่ยง การกรองทราย เป็นต้น นอกจากนี้สารมลพิษในน้ำส่วนใหญ่ จะมีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.05-10 ไมโครเมตร ทำให้สามารถกำจัดได้โดยกระบวนการ MF เนื่องจากขนาดอนุภาคดังกล่าวอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดของ MF พอดี

2.4.1 กลไกการทำงานของกระบวนการ MF

กลไกการทำงานของกระบวนการ MF จะแตกต่างจากการกรองแบบธรรมดา (Conventional filtration) คือ ในระบบการกรองแบบธรรมดา เมื่อปล่อยให้ไหลผ่านชั้นกรองอนุภาคแขวนลอยจะถูกกำจัดโดยจะติดค้างอยู่ที่ผิวหน้าของสารกรอง (Surface filtration) หรือติดค้างในชั้นกรอง (Indepth filtration) ส่วนใน MF อนุภาคแขวนลอยหรือสารอินทรีย์ จะถูกกำจัดโดยจะติดค้างอยู่ในช่องว่างของเมมเบรน เรียกกลไกนี้ว่า “กลไกการแยกสารแบบคัดขนาดอนุภาค (Sieve Mechanism)”

สำหรับสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน แบคทีเรีย อนุภาคแขวนลอย อาจถูกกำจัดด้วยกลไกการดูดติดผิวหน้าของเมมเบรนหรือภายในโครงสร้าง ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน คือ วัสดุชนิด Hydrophobic จะมีสมบัติในการดูดติดสารอินทรีย์สูง และยอมให้น้ำไหลผ่านได้น้อยกว่าชนิด Hydrophilic (เทียบที่ MWCO เดียวกัน) แต่จะก่อให้เกิดการอุดตันเมมเบรน

จุลินทรีย์อาจถูกกำจัดด้วยกลไกที่เป็นไปได้ (Jacangelo และคณะ , 1995) คือ

- การเกาะติดของอนุภาคซึ่งอยู่ในน้ำดิบและสามารถถูกกำจัดโดยเมมเบรนได้
- การกำจัดโดยการเกิดชั้นแค้กชั้นที่ผิวหน้าของเมมเบรน
- การกำจัดโดย membrane foulants ซึ่งอัดแน่นโดยไม่สามารถล้างย้อนโดยอาศัยแรงดันนี้แก้ไขให้คืนสภาพเดิมได้

2.4.2 ลักษณะการกรองในกระบวนการ MF

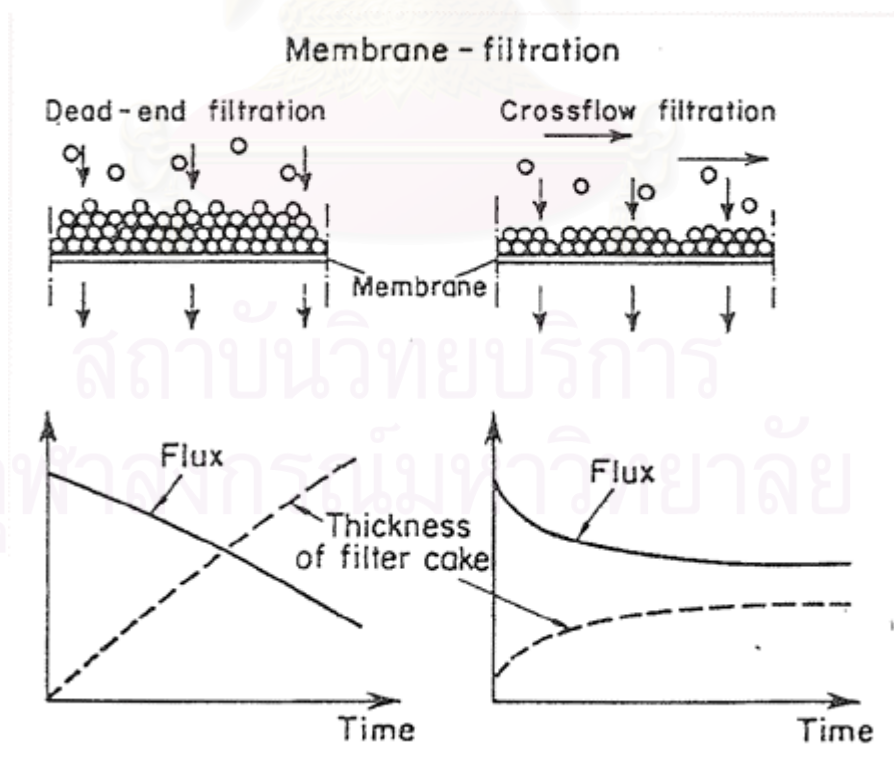
ลักษณะการกรองแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Dead-end และ Crossflow

2.4.2.1 การกรองแบบ Dead-end

เป็นการใช้ความดันป้อนสารละลายให้ไหลในทิศทางที่ตั้งฉากกับเมมเบรน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 สารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อแผ่นจะถูกกักไว้บนผิวหน้าของเมมเบรน หรืออยู่ในรูพรุนของเมมเบรน ทำให้เกิดการอุดตันของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน และเกิดการสะสมอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า “เค้ก (cake)” ปริมาณ permeate ที่ได้จะลดลงอย่างมาก ในทางปฏิบัติอาจต้องทำการล้างเมมเบรนบ่อยครั้งหรือเปลี่ยนเมมเบรนใหม่ ก่อนทำการกรองต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบนี้เหมาะสำหรับใช้เมื่อสารละลายประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กและมีความเข้มข้นต่ำ

2.4.2.2 การกรองแบบ Crossflow

เป็นการใช้ความดันป้อนสารละลายให้ไหลในแนวขนานกับเยื่อแผ่น หรือตั้งฉากกับทิศทางการไหลของ permeate ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งทำให้เกิดแรงเฉือนบริเวณผิวหน้าของเมมเบรน กวาดอนุภาคที่เกาะบริเวณนั้นให้กลับเข้าไปในสารละลายอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถควบคุมการอุดตันของเมมเบรนได้ดี ปริมาณ permeate ที่ได้จึงมีค่าสูงกว่าการกรองแบบแรก ดังนั้นการประยุกต์ใช้ในปัจจุบัน จึงเป็น MF แบบไหลขวางเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบการกรองแบบไหลผ่านและไหลขวาง (Ripperger และคณะ , 1989)

2.4.3 ทฤษฎีไมโครฟิลเตรชัน

ในกระบวนการ MF แบบไหลขวาง ค่าฟลักซ์จะเป็นตัวบอกถึงประสิทธิภาพของการกรอง โดยแสดงในรูปปริมาตรของ permeate ที่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนต่อหน่วยพื้นที่ของเมมเบรนต่อเวลา ซึ่งในการกรองสารละลายแขวนลอย ค่า permeate flux ของสารละลายที่ผ่านรูพรุนของเยื่อแผ่น สามารถแสดงในรูปของความต้านทานการกรองดังนี้

$$J_v = \frac{\Delta P}{\mu_v R_t} \quad (2.2)$$

เมื่อ	J_v	=	permeate flux ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)
	ΔP	=	ผลต่างความดันที่ผิวเมมเบรนด้านสารละลายป้อนกับ permeate (Pa)
	μ_v	=	ความหนืดของสารละลาย (Pa.s)
	R_t	=	ความต้านทานรวม (m^{-1})

ในกรณีที่ไม่มีตัวถูกละลาย permeate flux ของน้ำที่ผ่านรูพรุน จะแสดงในรูปความต้านทานเดียวกับสมการ (2.2) โดยที่ $R_t = R_m$

เมื่อ R_m = ความต้านทานของเมมเบรน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเมมเบรน ความหนาแน่นของรูพรุน ขนาดรูพรุน และความหนาของเมมเบรน

ความต้านทานรวม (R_t) ในกระบวนการ MF มีผลจากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ

- ความต้านทานของเมมเบรน
- ความต้านทานเนื่องจากการเกิดโพลาไรเซชัน (R_p) ซึ่งเป็นผลรวมของความต้านทานเนื่องจากการเกิด concentration polarization (R_{cp}) และ gel polarization (R_g)
- ความต้านทานเนื่องจากการเกิดการอุดตัน (R_f) ซึ่งเป็นผลรวมของความต้านทานเนื่องจากการอุดตัน (R_a) และการอุดตันรูพรุนของตัวถูกละลาย (R_{pp}) ดังสมการ

$$R_t = R_m + (R_{cp} + R_g) + (R_a + R_{pp}) \quad (2.3)$$

$$R_t = R_m + R_p + R_f \quad (2.4)$$

ในกระบวนการ MF จะใช้ความดันเป็นแรงขับ (driving force) ซึ่งแสดงในรูปของผลต่างความดันที่ผิวหน้าของเมมเบรนด้านสารละลายป้อนกับ permeate (transmembrane pressure) ดังสมการ

$$\Delta P = \frac{P_i + P_o}{2} - P_f \quad (2.5)$$

- เมื่อ ΔP = ผลต่างความดันที่ผิวเมมเบรนด้านสารละลายป้อนกับ permeate (บาร์)
- P_i = ความดันขาเข้าของสารละลายป้อน (บาร์)
- P_o = ความดันขาออกของสารละลายป้อน (บาร์)
- P_f = ความดันด้านของน้ำ permeate (บาร์)

2.4.4 โมดูลชนิดต่าง ๆ ของกระบวนการ MF

โมดูลที่ใช้สำหรับกระบวนการ MF มี 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 คือ

- แบบม้วน (Spiral wound)
- แบบท่อ (Tubular)
- แบบเส้นใยกลวง (Hollow fiber)
- แบบแผ่น (Plate and frame)

สำหรับข้อดีของโมดูลแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบข้อดีของโมดูลแต่ละชนิด (Mallevalle และคณะ , 1996)

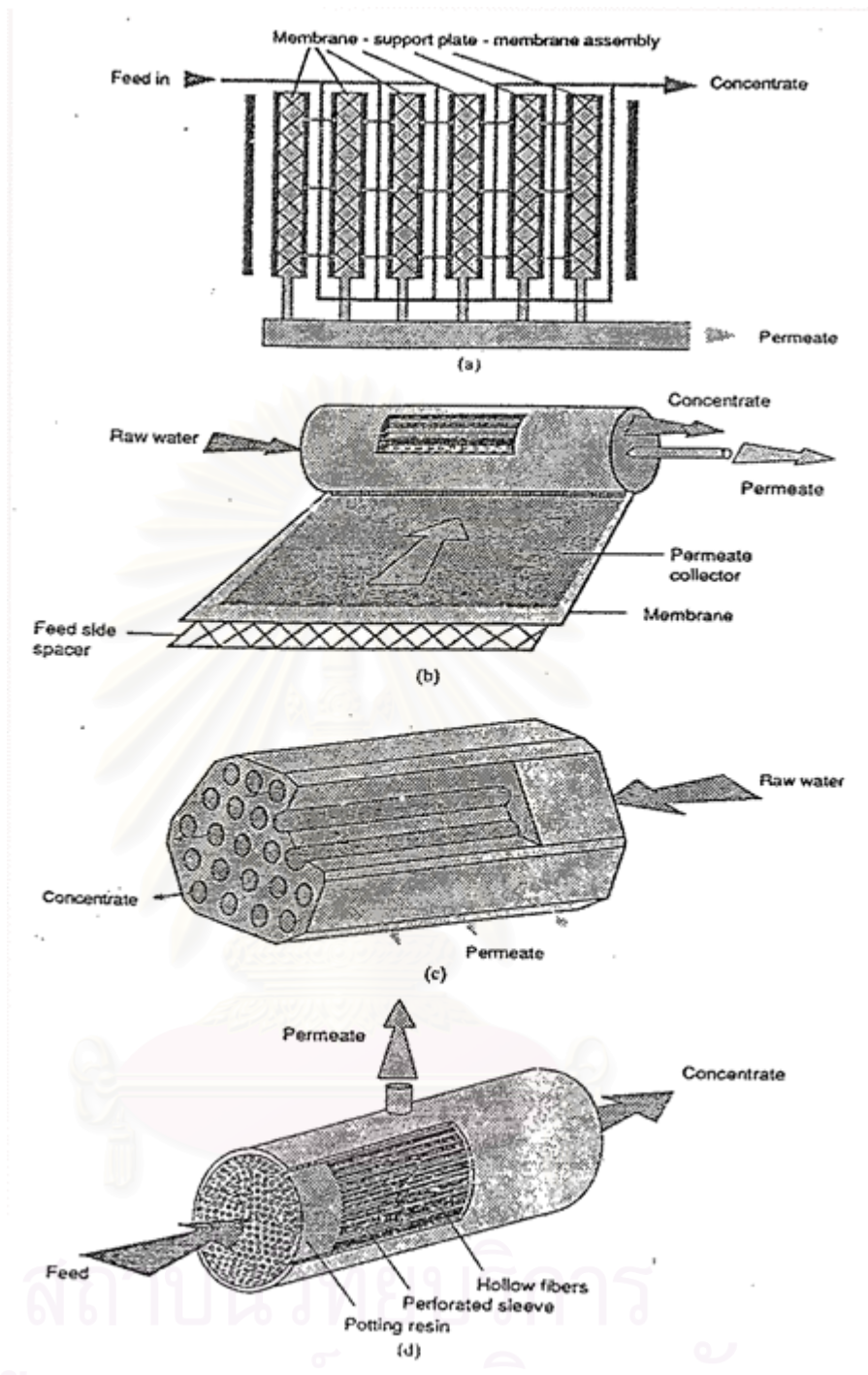
Criteria	Plate and frame	Spiral-wound	Tubular	Hollow fiber Fine (RO)	Capillary (UF/MF)	Rotating disc or cylinder
Packing density	+	++	-	+++	+++	-
Ease of cleaning						
-in situ	+	-	++	-	-	+
-by backflush	-	-	-(1)	-	+++	-
Cost of module	+	+++	-	+++	+++	-
Pressure drop	-	++	+++	++	++	+++
Hold-up volume	+	+	-	+++	++	-
Quality of pretreatment required	+	-	+++	-	++	+++

- Clear disadvantage

+++ Clear advantage

(1) With the exception of certain ceramic modules where the layer forming the membrane is chemically bound to its support

ในกระบวนการ MF ไม่นิยมใช้เมมเบรนแบบม้วน เนื่องจากโครงสร้างเมมเบรนเป็นแผ่นแบบ ซึ่งยากต่อการทำความสะอาดผิวหน้าของเมมเบรน แต่สำหรับแบบเส้นใยกลวงและแบบท่อ สามารถทำการล้างย้อน ซึ่งเป็นกลไกในการควบคุมการอุดตันเนื่องจากอนุภาคและสารอินทรีย์ เมมเบรน MF ที่มีขายในท้องตลาด แสดงในตารางที่ 2.6 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบเส้นใยกลวง เนื่องจากใช้ในการงานวิจัย



รูปที่ 2.2 โมดูลของเมมเบรน 4 ชนิด

a) แบบแผ่น b) แบบม้วน c) แบบท่อ d) แบบเส้นใยกลวง

(Mallevalle และคณะ , 1996)

ตารางที่ 2.6 เมมเบรน MF ที่มีขายตามท้องตลาด (Mallevalle และคณะ , 1996)

Pore size, μm	Configuration	Material	Membrane area per module, m^2 (min-max)	Manufacturer
2, 3, 5	T	C	0.02-7.1	US Filters
1.4	T	C	0.005-7.4	US Filters
1	T	C	0.09-10.0	CTI TechSep
0.5, 0.7, 0.8	T	C	0.02-7.1	US Filters
0.5	T	C	0.13-11.5	Ceramem
0.45	T	C	0.09-10.0	CTI TechSep
0.45	HF	PS	0.01-3.7	AG Technology
0.2	T	C	0.02-7.1	US Filters
0.2	T	C	0.13-11.5	Ceramem
0.2	T	C	0.09-10.0	CTI TechSep
0.2	HF	PP	2.0	Akzo
0.2	HF	PP/VF	10.8-15	Memtec
0.2	T	C		Membralox
0.2	HF	VF		Dow
0.2-0.5	T	PWF	4.7-106	Renovex Technology
0.1	T	C	0.02-7.1	US Filters
0.1	HF	PS	0.01-3.7	AG Technology
0.1	HF	PVA	0.09-12.0	Kuraray
0.1	SW	PTFE	5.0-8.0	Desal
0.05	T	C		Membralox

HF = hollow fiber
 SW = spiral wound
 T = tubular
 C = ceramic
 PP = polypropylene
 PS = polysulfone
 PVA = polyvinylalcohol
 VF = fluorinated polymer
 PWF = polyester woven fiber

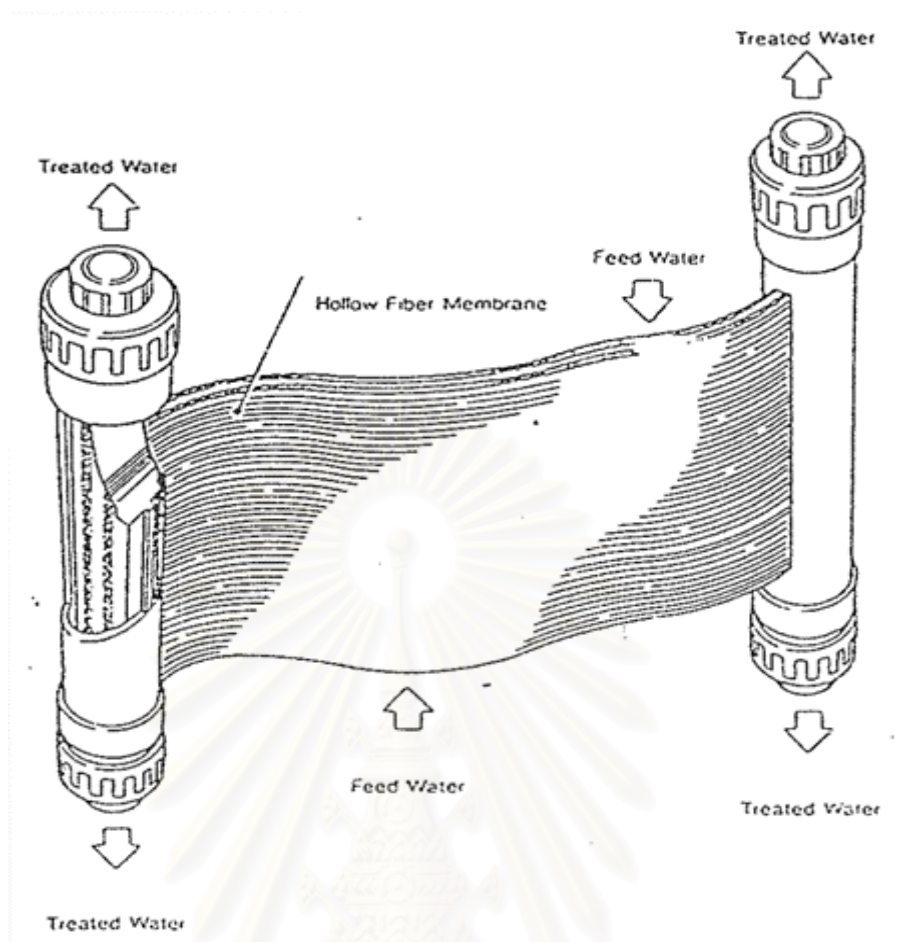
2.4.4.1 Hollow Fiber Capillary Membrane

ลักษณะโครงสร้างของ Hollow Fiber Capillary Membrane เหมือนกับท่อขนาดเล็กหรือเส้นผม ด้านในจะมีผิวคล้ายฟองน้ำล้อมรอบผิวชั้นใน เมื่อมองรูปตัดจะเป็นรูปวงแหวน การนำไปใช้งานจะนำเส้นใยมามัดรวมกันเป็นรูปเกือกม้าหรือตัวยู (U) ปลายทั้ง 2 ข้างของเส้นใยถูกตรึงติดกับทางน้ำออก บรรจุอยู่ในท่อรูปทรงกระบอก เรียกว่า โมดูล ซึ่งจะประกอบด้วยเส้นใยหลายร้อยถึงหลายพันเส้น ทำให้มีพื้นที่ผิวสูง

นอกจากนี้ Hollow Fiber Capillary Membrane ยังสามารถใช้งานได้ในอีกลักษณะหนึ่งคือ นำเส้นใยมาซึ่งเรียงเป็นแผ่น ปลายทั้ง 2 ข้างตรึงติดกับทางน้ำออก 2 ท่อ มีลักษณะเป็นโมดูลแบบเบลีเย่ ติดตั้งจุ่มตัวอยู่ในน้ำภายในถัง โดยดูดซึมน้ำผ่านเข้าภายในเส้นใยไหลตามรูกลงไปรวมกันที่ท่อทางน้ำออก ดังแสดงในรูปที่ 2.3

2.4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของ MF

เนื่องจากกลไกการกำจัดอนุภาคของกระบวนการ MF เป็นการกรองแบบคัดขนาด ดังนั้นปัญหาที่มักเกิดขึ้นในการทำงาน คือ การอุดตันที่เกิดจากสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ ทำให้อัตราการผลิตน้ำ (Permeate Flux) และอายุการใช้งานของเมมเบรนลดลง ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ มีดังนี้



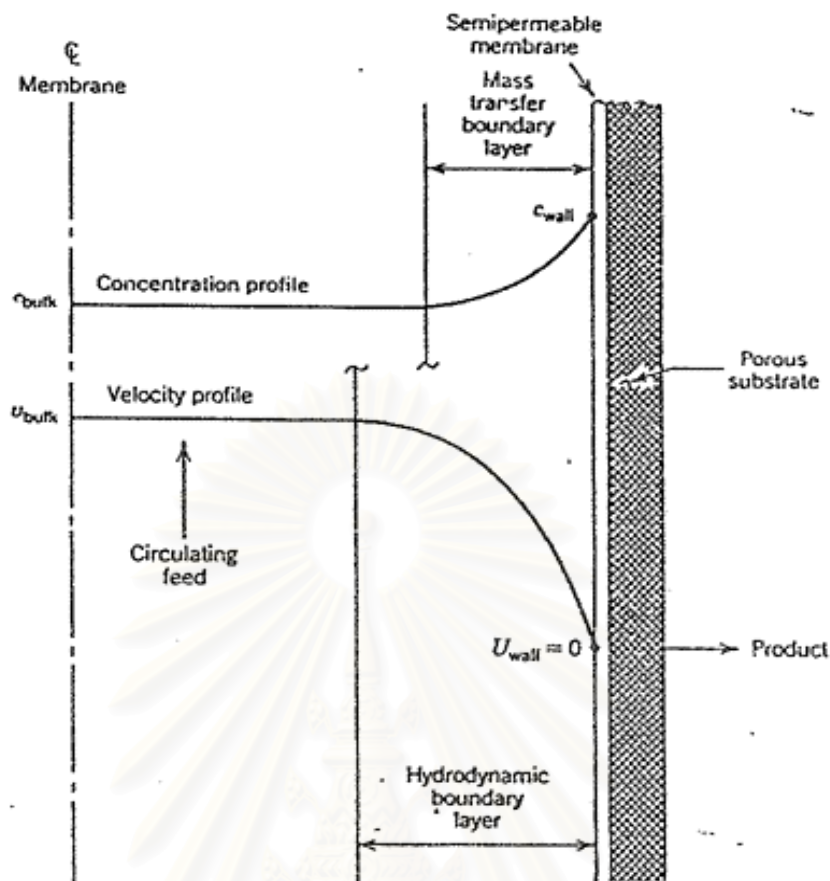
รูปที่ 2.3 โมดูลเส้นใยกลวงแบบเปลือย (Mitsubishi Rayon , 1998)

2.4.5.1 Concentration Polarization

Concentration Polarization หรือ Gel layer เกิดขึ้นเนื่องจากการที่อนุภาคของสิ่งสกปรกหรือโมเลกุล เคลื่อนที่มาสะสมตัวที่ใกล้ผิวของเมมเบรนในชั้นน้ำ ที่เรียกว่า Boundary layer ทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกบริเวณผิวของเมมเบรน จนกระทั่งมีความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของน้ำดิบหลายเท่า ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ทำให้อัตราการผลิตน้ำลดลง ซึ่งการอุดตันนี้สามารถคืนสภาพได้โดยใช้การล้างย้อน (Backwash) และการกระแทกน้ำเป็นช่วง ๆ (Pulsing)

2.4.5.2 ลักษณะสมบัติของน้ำดิบ

ความเข้มข้นและชนิดของสารอินทรีย์ในน้ำ จะมีผลถึงลักษณะสมบัติของน้ำที่จะผ่านเมมเบรนโดยตรง โมเลกุลสารอินทรีย์ที่ติดค้างจะทำปฏิกิริยากับเมมเบรน เช่น ดูดติด เกิดเจลขึ้น ที่บริเวณผิวเมมเบรนกับความต้านทานการไหลที่ต่าง ๆ กัน องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำจะแตกต่างกันในแต่ละแห่ง และเปลี่ยนแปลงเป็นบางครั้งในแหล่งเดียวกัน



รูปที่ 2.4 การเกิด Concentration Polarization (Eykamp และ Steen , 1987)

2.4.5.3 วัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน

วัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน ขนาดของรูกรอง และการกระจายขนาดของรูในเมมเบรน มีผลต่อลักษณะการอุดตันในระบบ MF วัสดุที่ใช้ทำเมมเบรนแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ วัสดุที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และวัสดุที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยเมมเบรนชนิดที่ชอบน้ำจะดูดซับสารอินทรีย์น้อยกว่าเมมเบรนแบบไม่ชอบน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถกล่าวได้ว่า การเกิดการอุดตันจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารอินทรีย์ในน้ำ และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรน

2.4.5.4 การปรับสภาพน้ำเบื้องต้น

สารปนเปื้อนที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติ แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ อนุภาคแขวนลอย (ส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ แต่รวมถึงสารอินทรีย์ด้วย) เกลืออนินทรีย์ละลาย สารอินทรีย์ละลาย จุลชีพ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้เกิดการอุดตันของเมมเบรนและอัตราการผลิตน้ำลดลง วิธีการป้องกัน การอุดตันอาจทำได้โดย การปรับสภาพน้ำก่อนเข้าสู่กระบวนการ MF ได้แก่ การกำจัดอนุภาคแขวนลอยขนาดใหญ่ การเติมสารโคแอกกูแลนต์หรือผงถ่านกัมมันต์ การปรับพีเอชและอุณหภูมิ

2.4.5.4 ความดัน

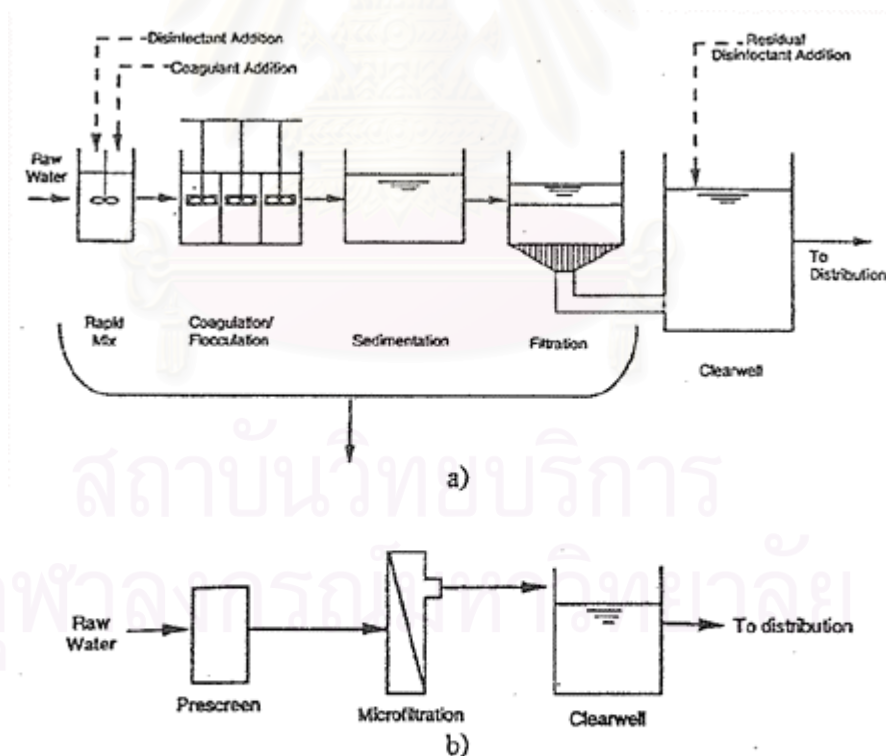
การเพิ่มแรงดันมากขึ้นจะทำให้อัตราการผลิตน้ำและคุณภาพน้ำที่ได้ดีขึ้น แต่ถ้าแรงดันเพิ่มขึ้นจนเกินขีดจำกัด จะทำให้โครงสร้างและอนุภาคต่าง ๆ ที่สะสมบริเวณผิวหน้าของเมมเบรนอัดตัวกันแน่น จนทำให้ค่าฟลักซ์ลดลง และอาจทำลายโครงสร้างภายในของเมมเบรน จนไม่อาจคืนสภาพการกรองน้ำได้ดังเดิม

2.4.5.5 ความเร็วของการไหลของของเหลว

การไหลของของเหลวด้วยความเร็วสูงผ่านเมมเบรนทำให้เกิดแรงเฉือน ซึ่งจะช่วยลดการอุดตันที่ผิวหน้าของเมมเบรน ทำให้อัตราการผลิตน้ำสูงขึ้น ในการประยุกต์ใช้อัตราการเกิดแรงเฉือน สามารถควบคุมโดยปั๊มและรูปร่างทางเรขาคณิตของเมมเบรนได้

2.4.6 การประยุกต์ใช้ MF

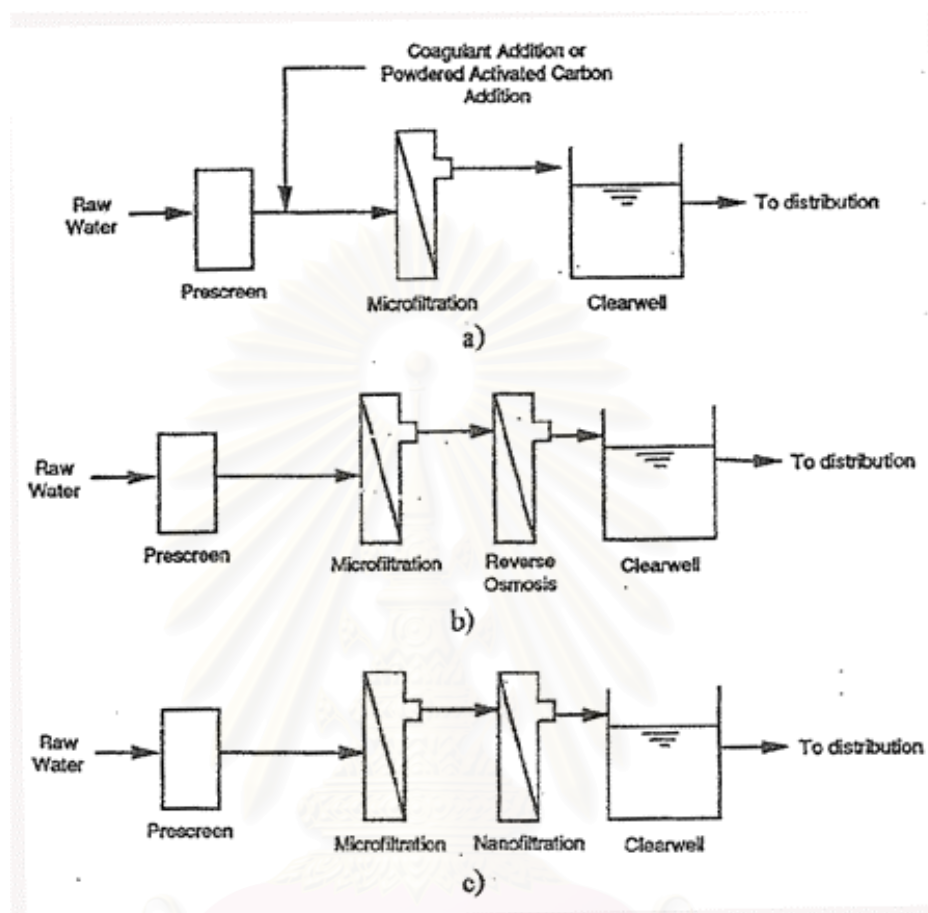
กระบวนการบำบัดน้ำทั่วไปจะประกอบด้วยกวนเร็ว โคแอกกูเลชัน/ฟลอคคูเลชัน ตกตะกอนและการกรอง ซึ่ง MF สามารถแทนที่กระบวนการทั้ง 4 หน่วยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กระบวนการบำบัดน้ำ (Mallevalle และคณะ , 1996)

a) กระบวนการแบบธรรมดา b) กระบวนการ MF

นอกจากนี้กระบวนการ MF ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมทำน้ำดื่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การประยุกต์ใช้ MF (Mallevalle และคณะ , 1996)

a) MF + Coagulant or PAC

b) MF เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าสู่ RO c) MF เป็นการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าสู่ NF

รูป a) แสดงถึงการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้ MF ร่วมกับสารโคแอกกูแลนต์ หรือ ผงถ่านกัมมันต์ (PAC)

รูป b) – c) แสดงถึงการใช้ MF เป็นการบำบัดน้ำขั้นต้นก่อนเข้าสู่ RO และ NF ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ระบบนี้นิยมใช้ในการกำจัดเกลือและความกระด้างน้ำบาดาล

นอกจากนี้ MF ยังสามารถใช้เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นก่อนเข้าสู่ RO สำหรับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ และใช้ในการรีดน้ำออกจากสลัดจ์ ได้อีกด้วย

2.4.7 การเดินระบบ MF และการบำรุงรักษา

การเดินระบบ MF สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- รักษาค่าฟลักซ์ของการผลิตน้ำให้คงที่ ด้วยการปรับความดัน
- รักษาความดันให้คงที่ ด้วยการปรับค่าฟลักซ์

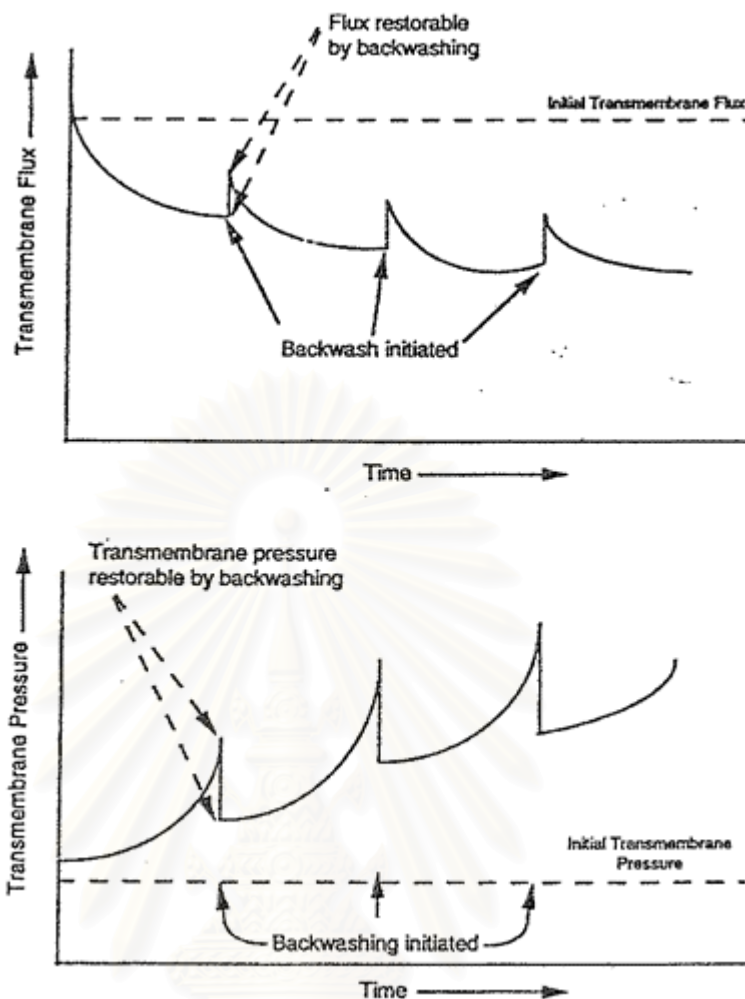
ในกระบวนการบำบัดน้ำ การเดินระบบจะหมายถึงความดันคงที่และอัตราการกรองลดลง ตามลำดับ ซึ่งแต่ก่อนจะเดินระบบแบบอัตราการผลิตน้ำคงที่ โดยอุปรกรณ์ที่สำคัญ คือ การลดลงของค่าฟลักซ์ เนื่องจากเมมเบรนอุดตันเพราะการตกตะกอนของสารบนผิวหน้าของเมมเบรนหรือในช่องว่าง การลดลงของฟลักซ์นั้นสามารถทำให้กลับสู่สภาพเดิมได้ โดยเครื่องกลหรือเคมี ซึ่งหมายถึง Reversible fouling ส่วนเมมเบรน MF ซึ่งสูญเสียฟลักซ์ และไม่สามารถทำให้กลับสู่สภาพเดิมได้ หมายถึง Irreversible fouling membrane

ในกระบวนการ MF มี 3 วิธี สำหรับการรักษาหรือการสร้าง Permeate Flux ใหม่ คือ

- การล้างย้อนเมมเบรน
- การทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมี
- การบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าสู่เมมเบรน

2.4.7.1 การล้างย้อนเมมเบรน

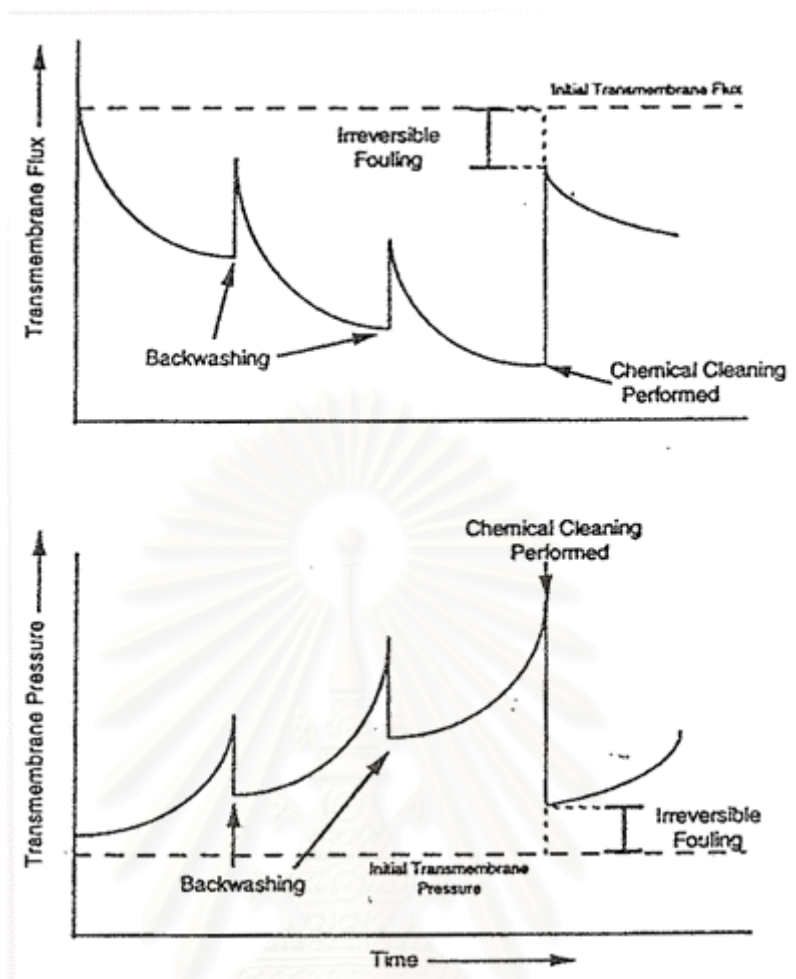
การล้างย้อนเมมเบรน ทำเพื่อป้องกันการสะสมตัวอย่างต่อเนื่องของของแข็งบนผิวหน้าของเมมเบรน ระบบ MF โดยส่วนมากจะใช้น้ำหรือก๊าซทำการล้างย้อนจากด้านในออกมาด้านนอก เวลาในการล้างย้อน 1-3 นาที เมื่อเดินระบบทุก ๆ 30-60 นาที การล้างย้อนจะทำตอนช่วงพักของรอบการกรอง เพื่อรักษาอัตรา permeate flux หรือ transmembrane pressure รูปที่ 2.7 แสดงผลของการล้างย้อนต่อการฟื้นฟูค่าฟลักซ์หรือความดันของเมมเบรน MF จะเห็นได้ว่าการล้างย้อนสามารถทำให้บางส่วนหรือทั้งหมดของความดันหรือฟลักซ์กลับคืนสู่สภาพเดิม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของการอุดตัน ถ้าการล้างย้อนไม่สามารถฟื้นฟูค่าฟลักซ์ได้ จะต้องใช้การทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมีช่วย



รูปที่ 2.7 แสดงผลของการล้างย้อนต่อการฟื้นฟูค่าฟลักซ์หรือความดันของกระบวนการ MF (Mallevalle และคณะ , 1996)

2.7.4.2 การทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมี

เมื่อความเข้มข้นของสารที่อุดตันสะสมบนผิวหน้าของเมมเบรนเพิ่มขึ้น การสูญเสียของ transmembrane flux จะลดลงอย่างต่อเนื่อง การล้างย้อนเมมเบรนเป็นวิธีปกติสำหรับการกำจัดสารเหล่านั้น อย่างไรก็ตาม เมื่อสารอุดตันไม่สามารถถูกกำจัดจากผิวหน้าของเมมเบรนเป็นเวลานานโดยการล้างย้อน จึงต้องมีการทำความสะอาดด้วยสารเคมี ซึ่งตัวอย่างผลของการทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมี แสดงในรูปที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า หลังจากทำความสะอาดด้วยสารเคมี ทำให้บางส่วนหรือทั้งหมดของ transmembrane flux หรือความดัน สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้



รูปที่ 2.8 ผลการทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมีต่อการฟื้นฟูค่าฟลักซ์หรือความดันของ MF (Mallevalle และคณะ , 1996)

2.4.7.3 การบำบัดน้ำขั้นต้นก่อนเข้าสู่ MF

การบำบัดขั้นต้น สามารถช่วยปรับปรุงระดับการกำจัดสารที่อยู่ในน้ำธรรมชาติ รวมทั้งใช้ในการเพิ่มหรือรักษาอัตรา transmembrane flux และ/หรือทำให้เกิดการอุดตันช้าลง การบำบัดขั้นต้นที่นิยมใช้กันอยู่มี 2 ชนิด คือ การเติมสารโคแอกกูแลนต์ และผงถ่านกัมมันต์ (PAC)

การเติมสารโคแอกกูแลนต์ ในกระบวนการโคแอกกูเลชัน เป็นการทำให้สารแขวนลอยขนาดเล็ก เช่น อนุภาคคอลลอยด์ (ความขุ่น) ต่าง ๆ รวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่และกลายเป็นฟlocs การกำจัดฟลอคออกจากน้ำ สามารถกระทำได้โดยใช้ถังตกตะกอนและ/หรือถังกรอง ดังนั้นกระบวนการโคแอกกูเลชันจึงเป็นการเตรียมน้ำก่อนการกรองด้วย MF เพื่อทำให้เกิดการอุดตันช้าลง

โคเอกกูแลนที่นิยมใช้กันมากที่สุด ได้แก่ สารส้ม (อลูมิเนียมซัลเฟต) สารเคมีที่ได้รับความนิยมรองลงมา ได้แก่ สารประกอบของเหล็ก เช่น เพอริคคอลลอยด์ เพอริคซัลเฟต เป็นต้น

สำหรับการเติมผงถ่านกัมมันต์เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ MF เพื่อให้สามารถกำจัดทั้งอนุภาคและสารอินทรีย์จากแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งใช้เป็นน้ำดิบในกระบวนการผลิตน้ำดื่ม ทั้งยังช่วยลดการอุดตันที่ผิวจาก Concentration Polarization รวมถึงลดความต้านทาน และเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านชั้นเค้กของของเหลวบนผิวของเมมเบรน ซึ่งจะรักษาค่า permeate flux ให้สูงได้ในระยะเวลาที่ยาวกว่าใช้กระบวนการ MF เพียงอย่างเดียว

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

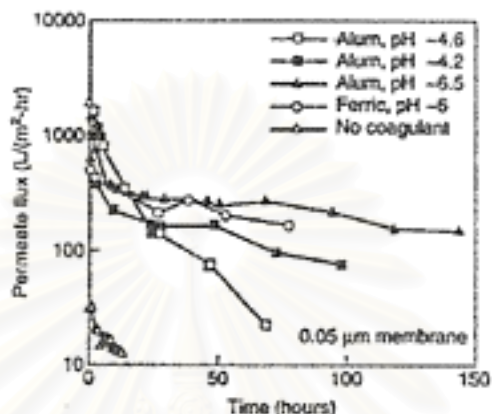
Olivieri และคณะ (1991) ทำการศึกษาโดยใช้ Hollow Fiber Polypropylene MF พบว่า สามารถลดความขุ่นของน้ำผิวดินที่เข้าระบบจากช่วง 0.5-2.5 NTU เหลือต่ำกว่า 0.2 NTU และจากการศึกษาถึงการบำบัดขั้นต้นด้วยสารโคเอกกูแลนด์ พบว่า ช่วยเพิ่มการกำจัด NOM , DOM และ Virus เมื่อเทียบกับ MF อย่างเดียว

Letterman และคณะ (1991) ทำการศึกษาโดยใช้ Hollow Fiber Polypropylene MF พบว่า อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 2 ไมโครเมตร จะถูกกำจัดมากกว่า 99% ซึ่งน้ำ permeate โดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นต่ำกว่า 200 อนุภาค/มล และความขุ่นต่ำกว่า 0.1 NTU

Wiesner และคณะ (1991) ทำการศึกษาโดยใช้ Tubular Ceramic Membrane พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate แปรผันกับขนาดช่องว่างของเมมเบรน ความขุ่นของน้ำดิบที่ใช้เท่ากับ 25 NTU เมมเบรน MF ขนาดช่องว่าง 0.05 , 0.2 และ 0.8 ไมโครเมตร จะลดความขุ่นได้เป็น 0.4 , 0.9 และ 0.8 NTU ตามลำดับ

และจากการศึกษาถึงการบำบัดขั้นต้นด้วยสารโคเอกกูแลนด์ พบว่า ช่วยลดความขุ่นได้มากขึ้น สำหรับเมมเบรน MF ขนาด 0.05 และ 0.2 ไมโครเมตร แต่สำหรับ MF ขนาด 0.8 ไมโครเมตร ความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจสืบเนื่องจาก อนุภาคของเหล็กไฮดรอกไซด์ผ่านออกไปด้วย ซึ่งเมมเบรนแบบท่อขนาด 0.05 ไมโครเมตร สามารถลดความขุ่นของอนุภาคได้ถึง 99%

Wiesner และคณะ (1992) ทำการศึกษาถึงการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าสู่กระบวนการ MF ด้วยการเติมสารโคแอกกูแลนต์ 2 ชนิด คือ 1) อลูมิเนียมซัลเฟต 2) เฟอริกซัลเฟต เปรียบเทียบกับเมื่อไม่มีการเติมสารโคแอกกูแลนต์ ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าการเติมอลูมิเนียมซัลเฟตที่ pH ~ 6.5 มีการลดลงของ permeate flux น้อยที่สุด และค่า permeate flux สูงกว่าเมื่อไม่มีการเติมสารโคแอกกูแลนต์มาก



รูปที่ 2.9 ผลของ pH ของสารโคแอกกูแลนต์ที่มีต่อค่าฟลักซ์ที่ผ่านเมมเบรน
(Wiesner และคณะ ,1992)

Anselme และคณะ (1993) ทำการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการเมมเบรนแบบต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเพื่อผลิตเป็นน้ำดื่ม

- ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ระหว่างเมมเบรน 4 ชนิด คือ Cellulosic UF , Ceramic UF , Ceramic MF และ Polypropylene MF ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.7 จะเห็นได้ว่า Polypropylene MF กำจัดสารปนเปื้อนในน้ำได้ดีกว่าเมมเบรนชนิดอื่น ๆ ยกเว้น protozoa cyst และ virus ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้หรือได้เพียงเล็กน้อย

- ศึกษาเปรียบเทียบเงื่อนไขการเดินระบบทางกลศาสตร์ในการบำบัดน้ำผิวดินของ MF ใน 3 กรณี คือ 1) MF , 2) MF + Coag , 3) MF + Coag + Ox + PAC ผลการทดลองแสดงไว้ดังตารางที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า กรณีที่ 3) ให้ค่าฟลักซ์มากกว่ากรณีที่ 2) และ 1) ตามลำดับ

- ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ของกระบวนการ MF ใน 4 กรณีคือ 1) MF , 2) MF + Coag , 3) MF + Coag + Ox , 4) MF + Coag + Ox + PAC ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า กรณี 4) กำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ TOC/UV adsorbance , ยาฆ่าแมลง (atrazine) , THMEF , กลิ่นและรสได้มากกว่า 3), 2) และ 1) ตามลำดับ

ตารางที่ 2.7 การกำจัดสารประกอบอินทรีย์และจุลชีพโดยกระบวนการเมมเบรน

(Anselme และคณะ , 1993)

	Raw Water	Cellulosic UF		Ceramic UF		Ceramic MF		Polypropylene MF	
		Permeate	Removal	Permeate	Removal	Permeate	Removal	Permeate	Removal
Turbidity (NTU)	0.5-2	0.1		0.1		0.2		0.2	
TOC (mg/l)	1-2		25%		40%		20%		40%
THMFP (mg/l)**	0.2-0.4		20%		30%		15%		30%
Total coliforms nb/100 ml	10 ⁶	0	6 UL	0	6 UL	0	6 UL	0	6 UL
Protozoa cyst nb/l	10 ³	0*	6 UL	0*	6 UL	0*	2 UL	10 ³	3 UL
Viruses*** (nb/100 ml) (bacteriophages)	10 ⁶	0	4 UL	0	4 UL	10 ⁴	2 UL	10 ³	3 UL

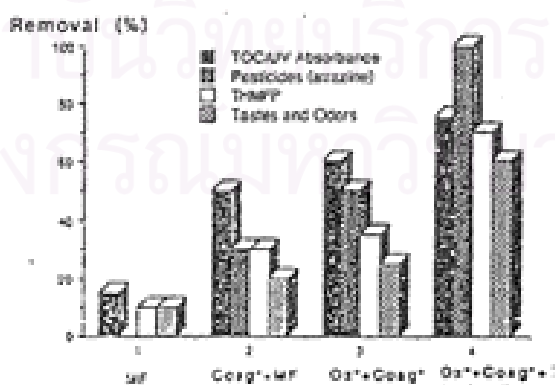
* Sample of 1 m³.
 ** THMF = 72 h contact time, excess chlorine.
 *** sample of 100 l.

ตารางที่ 2.8 การประยุกต์ MF ในการบำบัดน้ำผิวดิน ; เงื่อนไขการเดินระบบทางชลศาสตร์

(Anselme และคณะ , 1993)

Applied Treatment	MF	Coagulation + MF*	†Oxidation + ‡Coagulation + §(PAC) + MF
Type of Membrane	Support = Al ₂ O ₃ - TiO ₂ ; Membrane = TiO ₂ ; Cut-off = 0.2 μm		
Parameters			
Flux (20°C) (l/h/m ²)	100	200	300
Linear velocity (m/s)	3-5	3-5	3-5
Pressure (bar)	2-3	2-3	2-3
Backwashing			
Pressure (bar)	6-8	6-8	6-8
Duration (s)	5	5	5
Frequency (min)	30	30	30
Water loss (%)	16	10	5

Alum (WAC) = 50 g/m³.
 †Ozone = 3 g/m³.
 ‡PAC = 30 g/m³ (ex. NORIT W20 product)



รูปที่ 2.10 การกำจัดสารอินทรีย์โดยกระบวนการ MF (Anselme และคณะ , 1993)

Jacangelo และคณะ (1994) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดแบคทีเรีย E.Coli และ P.aeruginosa ของเมมเบรน 2 ชนิด คือ UF และ MF ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.9 จะเห็นได้ว่า ไม่พบแบคทีเรียในน้ำ permeate ของทั้ง UF และ MF ซึ่งแสดงว่า MF มีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย 2 ชนิดนี้เท่ากับ UF ภายใต้เงื่อนไขนี้

ตารางที่ 2.9 การกำจัด P.aeruginosa และ E.Coli โดยเมมเบรน MF หลายชนิด ที่พีเอช 7 ภายใต้เงื่อนไขการไหลตรง และความดันสูงสุด (Jacangelo และคณะ , 1994)

Membrane	Process	Cutoff	<i>P. aeruginosa</i>			<i>E. coli</i>		
			Feed, cfu/100 mL	Permeate,* cfu/100 mL	Log removal	Feed, cfu/100 mL	Permeate,* cfu/100 mL	Log removal
Mcmcor	MF	0.2 μ m	1.5E+8	<1	>8.2	1.0E+8	<1	>8.0
Optimem	MF	0.2 μ m	1.5E+8	<1	>8.2	1.0E+8	<1	>8.0
Desal	MF	0.1 μ m	1.5E+8	<1	>8.2	1.0E+8	<1	>8.0
Aquasource	UF	100 kdalton	5.3E+8 ^	<1	>8.7	1.0E+8	<1	>8.0

MF = microfiltration.
UF = ultrafiltration.
* Geometric mean of two discrete samples.
Source: Jacangelo and Adham (1994).

Herremans และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน (Microfiltration , MF) ชนิด Polypropylene Hollow Fiber ซึ่งมีขนาดช่องว่าง 0.2 ไมโครเมตร พื้นที่การกรอง 420 ตร.ม. โดยใช้น้ำใต้ดินจากบริเวณหินปูนที่มีลำธารใต้ดิน คือ Berray – Ouest ใน Normandy ประเทศฝรั่งเศส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า ระบบ MF มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคและคอลลอยด์ ซึ่งวัดโดยความขุ่น , เหล็ก และแมงกานีส รวมทั้งแบคทีเรีย สำหรับสารอินทรีย์กำจัดได้เฉพาะที่ไม่ละลายน้ำ

ตารางที่ 2.10 คุณภาพน้ำดิบและน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว ในฤดูฝน (Herremans และคณะ , 1997)

Parameter	Units	Sampling Date			
		Dec. 21, 93		Jan. 27, 94	
		Raw water	Treated water	Raw water	Treated water
Turbidity	NTU	32.0	0.3	7	≤ 0.1
Total Fe	μ g/l	8,920	< 20	115	< 20
Total Mn	μ g/l	410	< 10	< 10	< 10
Organic matter	mg O ₂ /l	12.8	3.3	1.1	0.9
Total coliforms	#/100 ml	126,000	0	1,300	0

Karimi และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการ MF ในการบำบัดน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ Hollywood ซึ่งได้ผลดังนี้คือ

- MF สามารถลดความขุ่นของน้ำในอ่างเก็บน้ำจาก 1 NTU เป็นน้อยกว่า 0.4 NTU
- การทดสอบฟลักซ์ของเมมเบรน 4 ค่า คือ 67 , 80 , 87 และ 100 gfd (114 , 136 , 148 , และ 170 L/m²/h) พบว่า ความขุ่นของน้ำที่ผลิตได้และอนุภาคในน้ำไม่ขึ้นกับค่าฟลักซ์ การค้นพบนี้มีนัยสำคัญเพราะว่ามีแนวโน้มที่จะใช้ค่าฟลักซ์ 67 gfd (114 L/m²/h) ในแคลิฟอร์เนีย
- ค่า TOC ถูกกำจัดได้ 10% ภายใต้ค่าฟลักซ์ที่ทำการทดสอบ การเติม 3 mg/L ของเพอริคลอไรด์จะช่วยเพิ่ม % การกำจัดเป็น 22 %
- MF ลด UV254 ได้เฉลี่ย 60% อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่าง TOC และ UV254 ยังไม่ถูกกำหนดอย่างชัดเจน
- THMs ไม่ถูกกำจัดในระบบนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

แผนการทดลองและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยใช้ไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน ติดตั้งจุ่มตัวในถังปฏิกรณ์ (SMF) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น สี สารอินทรีย์ เหล็ก แมงกานีสและจุลชีพ ออกจากน้ำ รวมทั้งปัจจัยในการเดินระบบที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน ได้แก่ ขนาดรูกรองของเมมเบรน ค่าฟลักซ์ในการกรองน้ำ และคุณสมบัติของน้ำดิบ นอกจากนี้ ยังศึกษาถึงการปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยการบำบัดขั้นต้นก่อนเข้าระบบด้วย กระบวนการโคแอกกูเลชัน และดำเนินการทดลองทั้งหมดที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ตัวแปรที่พิจารณาในการทดลอง

ตัวแปรควบคุม

1. ปริมาตรทำงานของถังปฏิกรณ์ 30 ลิตร
2. อัตราการไหลในการเติมอากาศ 50 ลิตร/นาที

ตัวแปรอิสระ

1. ขนาดรูกรองของเมมเบรน 2 ขนาด คือ 0.1 และ 0.4 μm
2. ความขุ่นของน้ำดิบ 2 ช่วง คือ ช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU)
3. การบำบัดน้ำขั้นต้นก่อนเข้าระบบ คือ น้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น
4. ค่าฟลักซ์ในการกรองน้ำ 4 ค่า คือ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ตัวแปรตาม

1. ค่าความดันในการกรองน้ำผ่านเมมเบรน
2. ความขุ่น , สี , เหล็ก และแมงกานีส ของน้ำ permeate ตามเวลา
3. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ของน้ำ permeate ตามเวลา โดยใช้ค่า UV260 และ TOC เป็นพารามิเตอร์แทน
4. ปริมาณจุลชีพของน้ำ permeate ตามเวลา โดยใช้แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด และฟีคอลลโคลิฟอร์ม เป็นพารามิเตอร์แทน
5. ประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

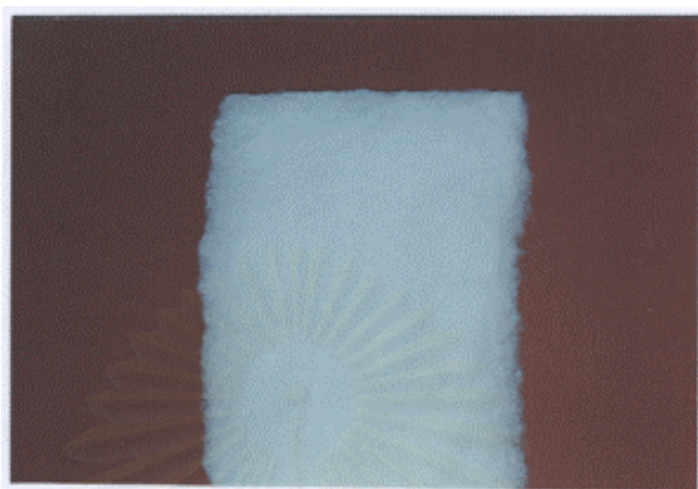
3.3 การเตรียมน้ำที่ใช้ในการทดลอง

น้ำที่ใช้ในการทดลองมี 3 ประเภท คือ

1. น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) : ใช้น้ำดิบจากคลองประปา โดยทำการเก็บที่บริเวณจุดรับน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน
2. น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) : ใช้น้ำดิบจากคลองประปา โดยทำการเก็บที่บริเวณจุดรับน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขน
3. น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน (5-10 NTU) : ใช้น้ำดิบจากคลองประปา ซึ่งมีการเติมสารโคแอกกูแลนต์และตกตะกอนแล้ว โดยทำการเก็บที่บริเวณทางน้ำออกจากถังตกตะกอนก่อนเข้าถังกรอง ในระบบผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำบางเขน

การเก็บน้ำดิบ จะทำการเก็บในช่วงเวลาที่ความขุ่นของน้ำดิบมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อให้ความขุ่นของน้ำที่เข้าระบบ และลักษณะสมบัติของน้ำดิบมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละชุดการทดลองนั้น ๆ

การเตรียมน้ำเข้าระบบจากน้ำดิบ จะทำโดยการนำน้ำดิบดังที่กล่าวไว้ข้างต้นมากรองผ่านแผ่นกรองใยแก้วที่มีขนาดรูพรุนหยาบและละเอียดตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 เพื่อให้กำจัดอนุภาคแขวนลอยขนาดใหญ่ในน้ำดิบ โดยคุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำดิบไม่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 3.1 แผ่นกรองใยแก้วแบบหยาบ



รูปที่ 3.2 แผ่นกรองใยแก้วแบบละเอียด

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ถังจ่ายน้ำดิบ : ถังพลาสติก โดยต่อวาล์วลูกกลอยที่ด้านล่างของถังเพื่อกำหนดปริมาณน้ำในถังปฏิกิริยาในคงที่ตลอดการทดลอง

- ขนาด 25 ลิตร จำนวน 1 ใบ

2. ถังจ่ายน้ำดิบสำรอง : ถังพลาสติก โดยต่อก๊อกที่ด้านล่างของถัง และปล่อยน้ำจากถังนี้สู่ถังจ่ายน้ำดิบอีกทีหนึ่ง ใช้ในกรณีที่ต้องการเพิ่มปริมาณน้ำดิบเข้าระบบ ในการทดลองที่ใช้ค่าอัตราการกรองน้ำสูง ๆ

- ขนาด 20 ลิตร จำนวน 1 ใบ

3. ถังปฏิกิริยา : ถังอะคริลิกใส

- ขนาด 30 ลิตร จำนวน 1 ใบ

4. เมมเบรน : ไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน (Microfiltration Membrane ; MF) ซึ่งเป็นโมดูลชนิด Polyethylene Hollow Fiber Membrane (Hydrophilic) ของบจก. มิตรชุบิธิ เรยอน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

- ขนาดรูกรอง 0.1 μm จำนวน 1 อัน

- ขนาดรูกรอง 0.4 μm จำนวน 1 อัน

5. มาตรวัดความดัน : มาตรวัดความดันด้านดูด ดังแสดงในรูปที่ 3.4

- ขนาด 30 in Hg จำนวน 1 ตัว

6. เครื่องสูบน้ำ : ปั๊มแบบไดอะแฟรม ดังแสดงในรูปที่ 3.4

- อัตราการไหล 0.05-0.06 ลิตร/นาที จำนวน 1 ตัว

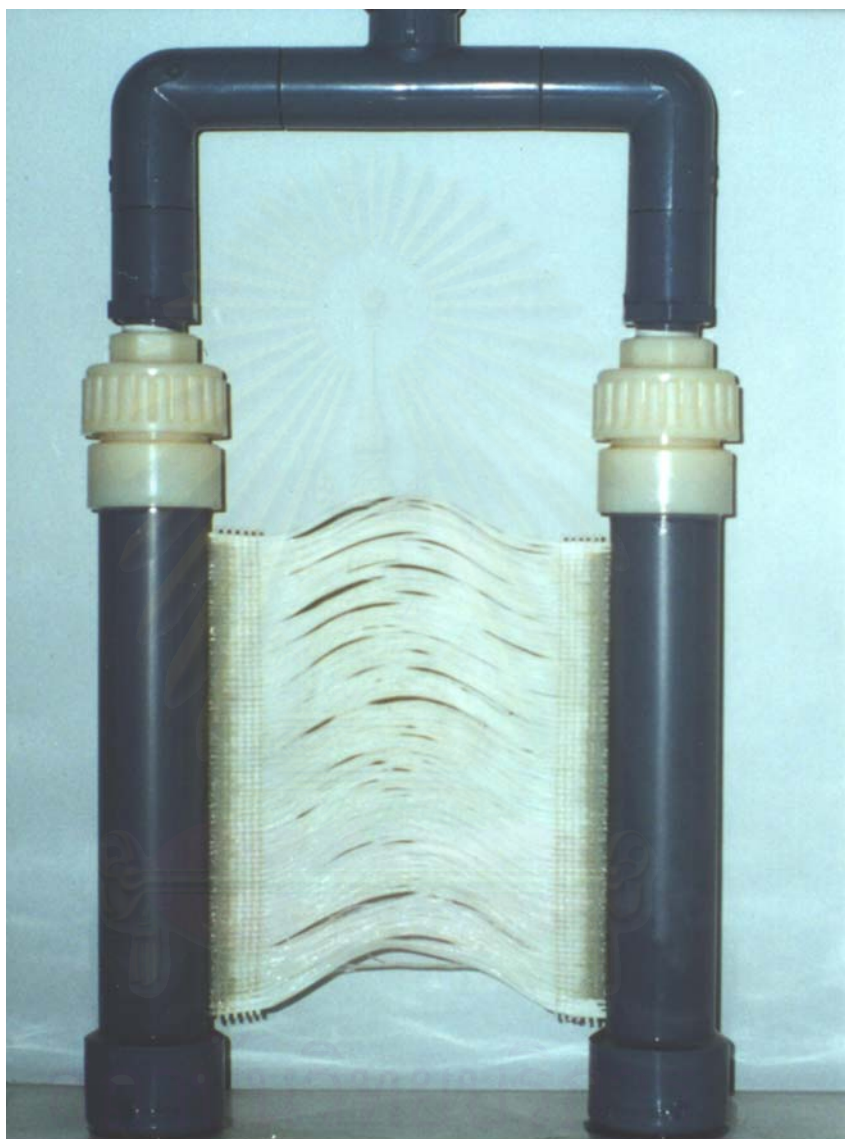
- อัตราการไหล 0.10-0.12 ลิตร/นาที จำนวน 1 ตัว

7. ท่อพีวีซีและข้อต่อต่าง ๆ

8. ชุดเติมอากาศ : ปั๊มลม

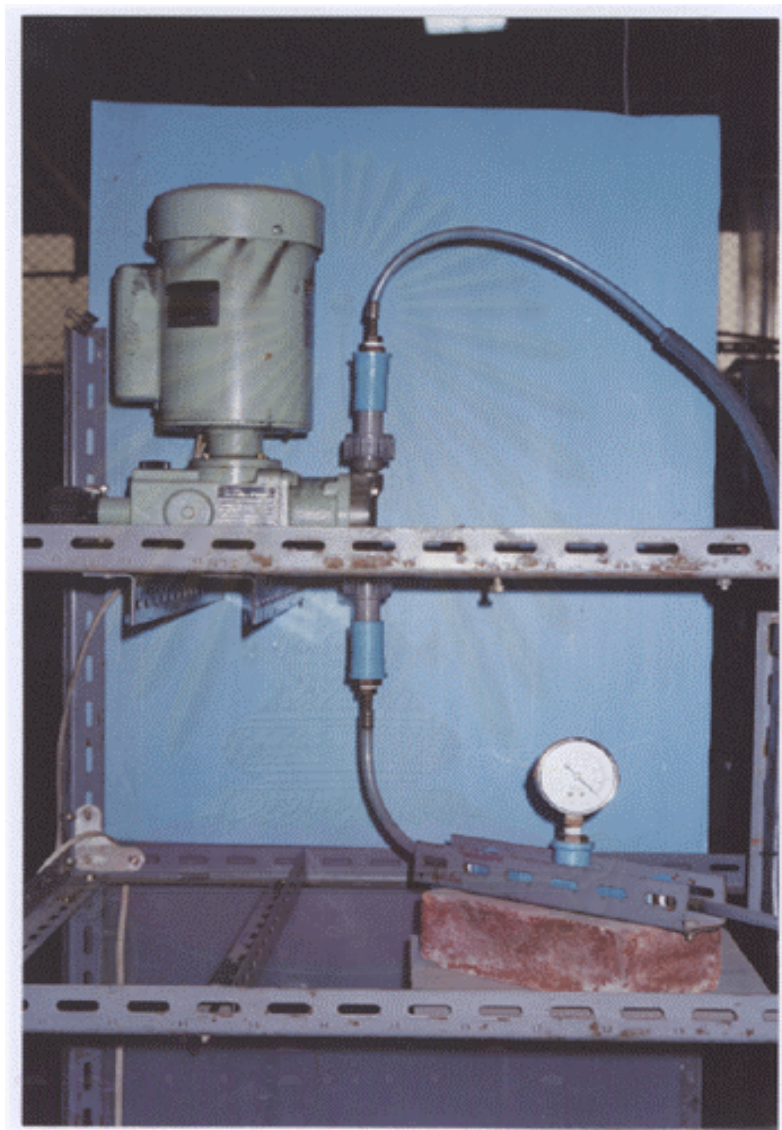
- อัตราการไหล 50 ลิตร/นาที จำนวน 1 ตัว

: หัวกระจายลม+สายยาง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ก และ 3.5 ข



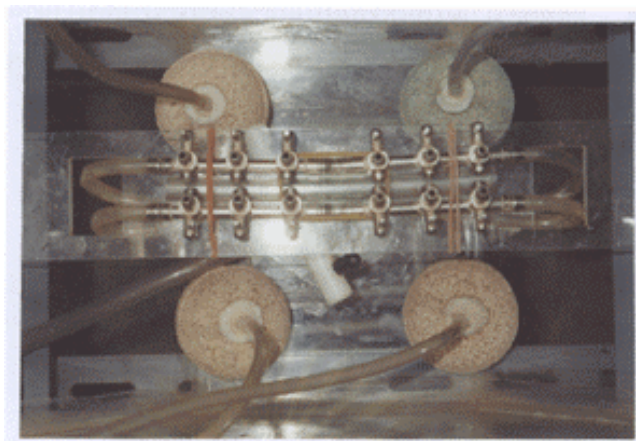
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.3 ไมโครฟิลเตรชันเมมเบรน

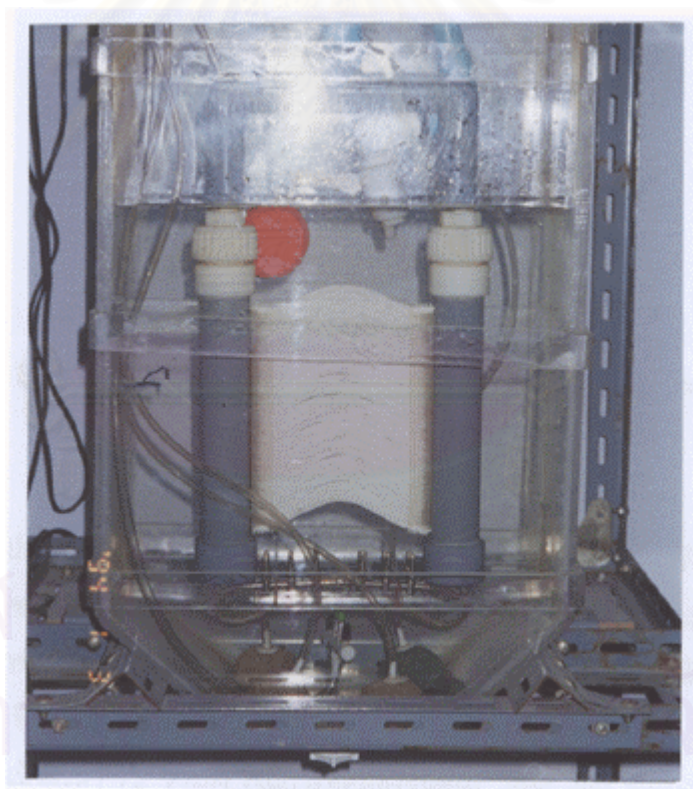


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 มาตรวัดความดันและปั๊มแบบไดอะแฟรม



รูปที่ 3.5ก รูปด้านหลัง

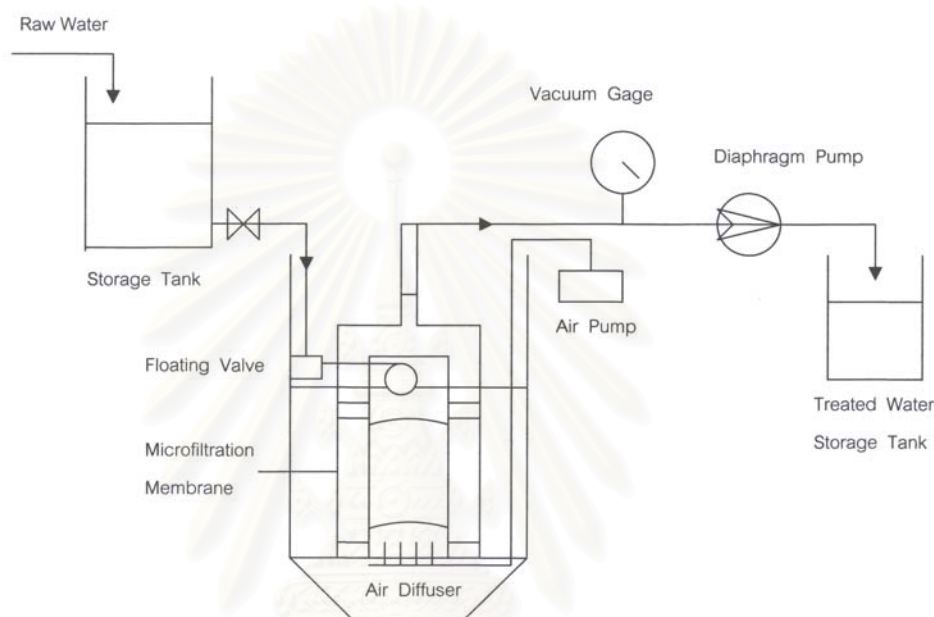


รูปที่ 3.5ข รูปด้านหน้า

รูปที่ 3.5 ลักษณะการวางหัวกระจายอากาศ

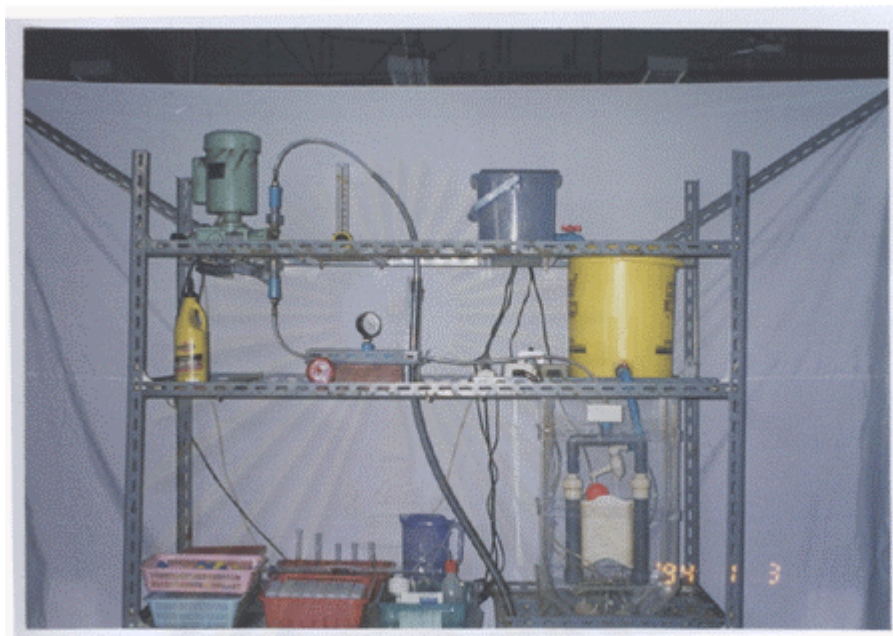
3.5 การติดตั้งเครื่องมือ-อุปกรณ์ทั้งหมด และรูปแบบการดำเนินระบบที่ใช้ในการทดลอง

แผนผังการติดตั้งเครื่องมือ-อุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ส่วนรูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งเครื่องมือ-อุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง



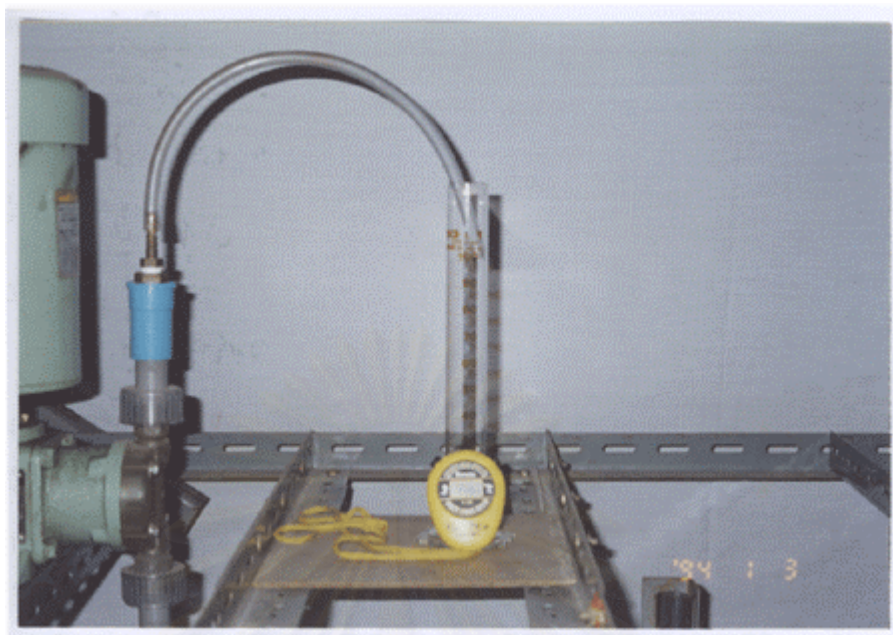
รูปที่ 3.6 แผนผังการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง

รูปแบบการดำเนินระบบในการทดลอง จะเริ่มจากการจ่ายน้ำดิบเข้าถังปฏิกรณ์ โดยใช้เสถียรภาพของระดับน้ำจากถังจ่ายน้ำดิบ ทำการสูบน้ำให้กรองผ่านเมมเบรนตลอดเวลา โดยควบคุมค่าฟลักซ์ขณะที่ปั๊มดูดทำงานให้คงที่ในแต่ละชุดการทดลอง การวัดอัตราการกรองน้ำ แสดงดังรูปที่ 3.8 ที่ด้านล่างของถังจะเป่าอากาศอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ดำเนินระบบเป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ในการทดลองขั้นต้น) และ 240 ชั่วโมง (ในการทดลองระยะยาว) จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเริ่มการทดลอง , น้ำในถังปฏิกรณ์ และน้ำออกจากระบบ ทุก ๆ 6 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง

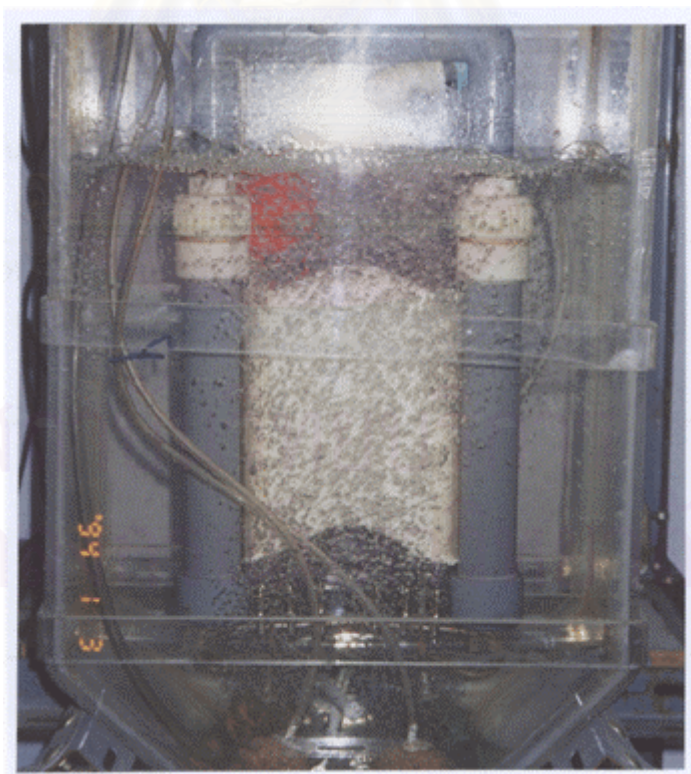


รูปที่ 3.7 การติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดในการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 การวัดอัตราการกรองน้ำ



รูปที่ 3.9 การเติมอากาศที่ด้านล่างของถัง

3.6 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 3 ส่วน คือ 1) การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ 2) การเดินระบบในระยะยาว (10 วัน) และ 3) การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยการบำบัดขั้นต้น

3.6.1 การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ

ศึกษาถึงค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) โดยใช้เมมเบรนที่มีขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm
2. เดินระบบเพื่อกรองน้ำตัวอย่างผ่านเมมเบรน ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
3. ทำการทดลองไปจนครบ 72 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้
4. ล้างเมมเบรนด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด
5. เปลี่ยนค่าฟลักซ์เป็น 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ทำซ้ำข้อ 2-4 จนครบทุกค่า
6. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) และ/หรือ

ขนาดรูกรองของเมมเบรนเป็น 0.1 และ 0.4 μm ขั้นตอนในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ลำดับขั้นตอนในการศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ

ชุดการทดลอง	การทดลองที่	ขนาดรูกรองของเมมเบรน (μm)	ลักษณะของน้ำดิบ (NTU)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)	ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
ก	1	0.1	ความขุ่นต่ำ (60 – 90)	0.1	ก1 และ ก2
	2			0.2	
	3			0.3	
	4			0.4	
ข	5	0.1	ความขุ่นสูง (230 – 260)	0.1	ข1 และ ข2
	6			0.2	
	7			0.3	
	8			0.4	

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการทดลองขั้นต้น

ชุดการทดลอง	การทดลองที่	ขนาดรูกรองของเมมเบรน (μm)	ลักษณะของน้ำดิบ (NTU)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)	ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
ค	9	0.4	ความขุ่นต่ำ (60 – 90)	0.1	ค1 และ ค2
	10			0.2	
	11			0.3	
	12			0.4	
ง	13	0.4	ความขุ่นสูง (230 – 260)	0.1	ง1 และ ง2
	14			0.2	
	15			0.3	
	16			0.4	

จากการศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ จะพิจารณาเลือกค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม 2 ค่าในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อใช้ในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) และเลือกค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมเพียง 1 ค่าในแต่ละชุดการทดลอง เพื่อศึกษาการปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาวโดยกระบวนการบำบัดน้ำขั้นต้น โดยดูจากค่าความดันในการกรองน้ำผ่านเมมเบรนและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันเป็นสำคัญ

3.6.2 การเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

ศึกษาถึงปัจจัยในการเดินระบบที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) โดยใช้เมมเบรนที่มีขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm
2. เดินระบบเพื่อกรองน้ำตัวอย่างผ่านเมมเบรน ที่ค่าฟลักซ์ ก1
3. ทำการทดลองไปจนครบ 240 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้
4. ล้างเมมเบรนด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด
5. เปลี่ยนค่าฟลักซ์เป็น ก2 ทำซ้ำข้อ 2-4 จนครบทั้ง 2 ค่า

6. ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนเป็นน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) และ/หรือ ขนาดรูกรองของเมมเบรนเป็น 0.1 และ 0.4 μm โดยใช้ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 3.6.1 (ตารางที่ 3.1) ขั้นตอนในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลำดับขั้นตอนในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

การทดลองที่	ลักษณะของน้ำดิบ	ขนาดรูกรองของเมมเบรน (μm)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
1	ความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)	0.1	ก1
2		0.1	ก2
3		0.4	ค1
4		0.4	ค2
5	ความขุ่นสูง (230-260 NTU)	0.1	ข1
6		0.1	ข2
7		0.4	ง1
8		0.4	ง2

3.6.3 การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาวโดยกระบวนการบำบัดขั้นต้น

ศึกษาการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) โดยใช้ น้ำซึ่งผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และใช้เมมเบรนขนาด 0.1 และ 0.4 μm เพื่อเปรียบเทียบกับ การเดินระบบโดยใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและความขุ่นสูง (จากหัวข้อ 3.6.2) โดยดูถึงค่าความดันและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm
2. เดินระบบเพื่อกรองน้ำตัวอย่างผ่านเมมเบรน ที่ค่าฟลักซ์ ก1 หรือ ก2
3. ทำการทดลองไปจนครบ 240 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้
4. ล้างเมมเบรนด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด
5. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 หรือ 0.4 μm และค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมที่ได้จากหัวข้อ 3.6.1 (ตารางที่ 3.1) ขั้นตอนในการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ลำดับขั้นตอนในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

การทดลองที่	ลักษณะของน้ำดิบ	ขนาดรูกรองของ เมมเบรน (μm)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
1	น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น (5-10 NTU)	0.1	ก1 หรือ ก2
2		0.1	ข1 หรือ ข2
3		0.4	ค1 หรือ ค2
4		0.4	ง1 หรือ ง2

3.7 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทำการวัด

ตารางที่ 3.4 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์, วิธีวิเคราะห์ และเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์ *	เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
พีเอชและอุณหภูมิ	pH meter	HACH EC 30
ความดัน	Vacuum Gauge	HI-LIGHT
ความขุ่น	Nephelometric	HACH รุ่น 2100 N
สี	Spectrophotometric	HITACHI รุ่น U 2000
UV260	Ultraviolet Absorption	SHIMADSU รุ่น UV-1601
TOC	High -Temperature Combustion	SHIMADSU รุ่น TOC-5000
เหล็ก	Atomic Absorption Spectrometric	VARAIN รุ่น AA 10 PLUS
แมงกานีส	Atomic Absorption Spectrometric	VARAIN รุ่น AA 10 PLUS
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์ม	Multiple Tube Fermentation Technic	หลอดทดลองและ หลอดดักก๊าซ
อัตราการไหล	วัดปริมาตรน้ำออกต่อเวลา	กระบอกตวง 25 มล. และ นาฬิกาจับเวลา

* วิธีวิเคราะห์อ้างอิงจาก Standard Methods for the Examination of Water and WasteWater 20th Edition 1998 ยกเว้นวิธีวิเคราะห์สีอ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี การประปานครหลวง มี.ค. 2540

บทที่ 4

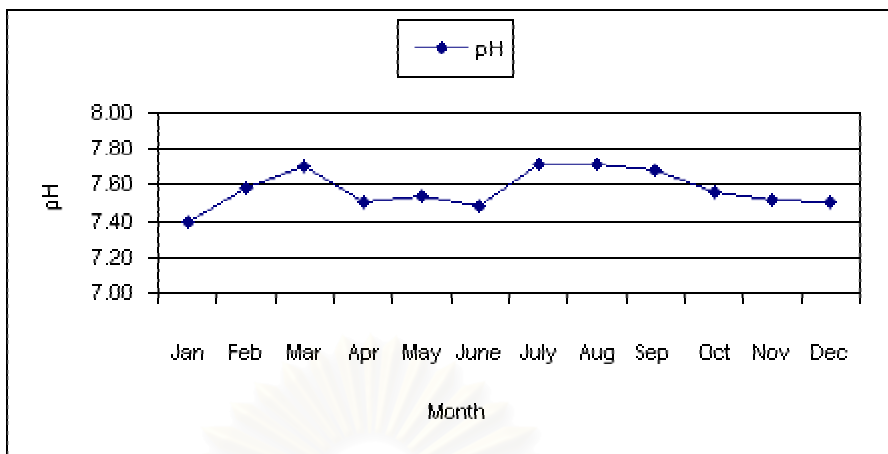
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำดิบที่ใช้ในงานวิจัย

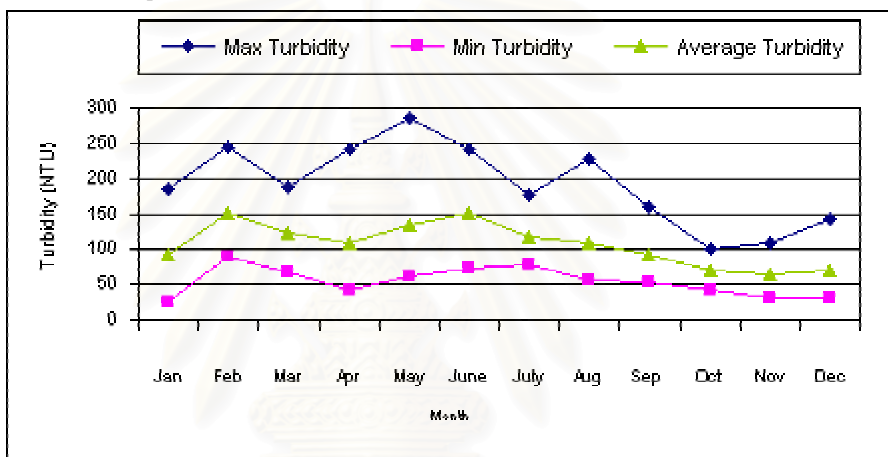
งานวิจัยนี้ศึกษาถึงกระบวนการไม่โครฟิลเตรชันในการผลิตน้ำประปา โดยใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำเดียวกับที่ใช้ผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน โรงงานผลิตน้ำบางเขนเป็นแหล่งผลิตน้ำแห่งใหญ่หล่อเลี้ยงพื้นที่ครอบคลุมกรุงเทพมหานคร ได้รับน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาจากโรงสูบน้ำดิบสำแล อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี โดยสูบน้ำดิบส่งผ่านทางคลองประปา จึงทำการเก็บน้ำดิบจากคลองประปาที่บริเวณจุดรับน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขนมาใช้ในการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของน้ำดิบในคลองประปา โดยส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำบางเขน ประจำเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม ปี 2543 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ควบคุมคุณภาพน้ำดิบของการประปานครหลวง และจากรูปที่ 4.1ก ซึ่งแสดงค่า pH ของน้ำดิบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าน้ำดิบมีค่า pH ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดทั้งปี โดยจะมีค่าสูงสุดและต่ำสุด คือ 7.71 และ 7.40 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.1ข ซึ่งแสดงค่าความขุ่นของน้ำดิบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าน้ำดิบมีค่าความขุ่นไม่คงที่ โดยค่าสูงสุดของค่าความขุ่นสูง-ต่ำ และค่าเฉลี่ยในรอบปี คือ 286 , 89 และ 151.17 NTU ตามลำดับ จึงกำหนดช่วงค่าความขุ่นที่ใช้ในการทดลอง 2 ช่วง คือ ช่วงความขุ่นสูงเท่ากับ 230-260 NTU และช่วงความขุ่นต่ำเท่ากับ 60-90 NTU เพื่อใช้เป็นตัวแทนสำหรับความขุ่นของน้ำดิบตลอดทั้งปีได้ เนื่องจากหากระบบสามารถบำบัดน้ำดิบในช่วงความขุ่นที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็น่าจะสามารถบำบัดน้ำดิบที่มีความขุ่นในช่วงที่น้อยกว่าที่กำหนดได้ และที่กำหนดเป็นช่วงค่าความขุ่น เนื่องจากความขุ่นของแหล่งน้ำธรรมชาติมีค่าไม่คงที่ จึงไม่สามารถทำการเก็บน้ำดิบที่ค่าความขุ่นค่าใดค่าหนึ่งได้ตลอดในแต่ละชุดการทดลอง โดยน้ำดิบที่มีค่าความขุ่นต่างกันไม่เกิน 30 NTU ไม่น่าจะมีคุณสมบัติของน้ำดิบที่แตกต่างกันมากนัก

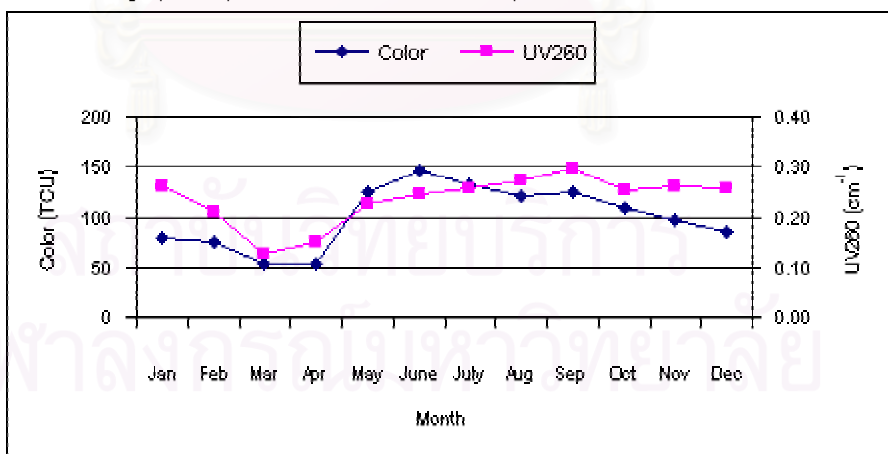
จากรูป 4.1ค ซึ่งแสดงค่าสีและค่า UV 260 ของน้ำดิบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าค่าสีมีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด คือ 133.10 และ 52.52 TCU ตามลำดับ ส่วนค่า UV260 มีค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด คือ 0.297 และ 0.126 cm^{-1} ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ค่าไม่ต่างกันมาก เมื่อเปรียบเทียบกราฟระหว่างค่าสีและค่า UV260 จะพบว่าลักษณะของกราฟทั้ง 2 ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าสีและค่า UV260 ในน้ำดิบจึงมีความสัมพันธ์กัน คือ หากน้ำดิบมีค่าสีมาก ก็จะมีค่า UV260 มากด้วย



รูปที่ 4.1ก ค่า pH ของน้ำดิบ ในเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2543



รูปที่ 4.1ข ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของค่าความขุ่นน้ำดิบ ในเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2543



รูปที่ 4.1ค ค่าสีของน้ำดิบ ในเดือนมกราคม-ธันวาคม ปี 2543

รูปที่ 4.1 พารามิเตอร์แสดงคุณภาพน้ำคลองประปาบางเขนบางพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง
ในเดือนมกราคมถึงธันวาคม ปี 2543

แหล่งข้อมูล : รายงานผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ สำนักการผลิตน้ำบางเขน

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำดิบในคลองประปา บริเวณโรงงานผลิตน้ำบางเขน ประจำเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคมปี 2543

Month	Raw Water									Clarified Water			Filtered Water						Treated Water													
	SS	Conduc	Color	E220	E260	Turbidity (NTU)			Alk	pH	Turb	Alk	pH	Color	E220	E260	Turb	Alk	pH	Color	E220	E260	Conductivity(US/cm)				Turbidity (NTU)				Alk	pH
	(mg/L)	(US/cm)	(TCU)			Min	Max	Avg	(mg/L)		(NTU)	(mg/L)		(TCU)			(NTU)	(mg/L)		(TCU)			DPS1	TR2	DPS2	AVG	DPS1	TR2	DPS2	AVG	(mg/L)	
January 2000	77.58	279.83	78.74	0.475	0.263	25	186	93.79	97.81	7.40	6.16	85.14	7.11	7.55	0.309	0.127	0.97	85.21	7.07	1.61	0.275	0.102	288.50	287.88	288.80	288.39	1.06	1.13	1.15	1.11	82.16	6.97
February 2000	128.97	313.80	75.17	0.458	0.208	89	244	150.10	104.74	7.58	6.01	85.19	7.04	4.55	0.319	0.095	0.97	85.20	7.03	1.28	0.301	0.077	325.90	324.79	326.02	325.57	1.07	1.25	1.32	1.21	82.16	6.93
March 2000	119.10	270.33	52.52	0.294	0.126	68	187	121.97	95.06	7.70	5.58	82.52	7.22	5.13	0.209	0.047	0.90	81.84	7.21	0.58	0.199	0.036	279.81	279.03	280.17	279.67	0.93	1.02	1.05	1.00	79.59	7.10
April 2000	100.27	287.59	54.27	0.316	0.150	41	240	108.26	85.12	7.51	5.93	73.62	7.15	11.10	0.216	0.066	1.00	73.77	7.11	2.10	0.202	0.050	297.04	295.64	296.08	296.24	1.03	1.11	1.14	1.09	71.18	7.01
May 2000	119.16	241.61	124.81	0.432	0.227	63	286	134.62	79.14	7.54	5.90	65.56	7.07	18.52	0.231	0.066	1.16	66.21	7.05	2.84	0.210	0.046	253.07	252.55	252.05	252.56	1.11	1.22	1.32	1.22	63.37	6.94
June 2000	133.67	219.37	146.27	0.416	0.247	74	241	151.17	73.38	7.48	5.98	55.77	6.93	14.73	0.193	0.069	1.21	56.49	6.92	2.30	0.179	0.058	234.58	233.43	233.38	233.80	1.18	1.31	1.35	1.28	53.06	6.83
July 2000	103.16	237.81	133.10	0.450	0.257	79	177	118.53	86.61	7.71	5.28	72.25	7.14	15.77	0.234	0.075	1.17	72.65	7.16	2.77	0.217	0.058	250.61	248.19	248.18	249.00	1.09	1.25	1.49	1.28	69.80	7.01
August 2000	93.39	241.44	120.42	0.462	0.273	56	227	110.20	84.67	7.71	5.21	72.68	7.20	12.55	0.229	0.078	1.12	72.69	7.19	1.68	0.208	0.071	257.39	255.14	254.25	255.59	1.05	1.16	1.17	1.14	69.73	7.06
September 2000	75.57	215.47	125.23	0.502	0.297	52	160	93.47	83.19	7.66	6.06	67.85	7.14	9.17	0.230	0.086	1.00	68.47	7.13	1.33	0.209	0.060	227.14	226.43	226.28	226.61	1.01	1.14	1.21	1.12	65.69	7.01
October 2000	55.19	201.86	107.94	0.407	0.252	42	100	69.01	77.62	7.56	5.83	65.25	7.11	9.74	0.196	0.083	0.90	65.66	7.11	3.84	0.180	0.091	209.92	209.42	209.66	209.67	0.96	1.02	1.07	1.02	62.51	7.00
November 2000	55.67	187.59	97.63	0.430	0.260	32	110	65.72	77.69	7.52	5.86	66.26	7.12	9.93	0.222	0.086	0.99	66.33	7.10	5.00	0.203	0.071	195.38	194.83	195.23	195.15	1.05	1.09	1.07	1.07	62.94	7.00
December 2000	57.71	256.74	84.19	0.402	0.259	32	144	69.33	96.43	7.51	5.88	84.36	7.19	9.32	0.255	0.103	1.00	84.75	7.18	3.94	0.236	0.082	279.13	263.28	263.30	268.57	1.07	1.11	1.09	1.09	80.79	7.07
MIN	55.19	187.59	52.52	0.29	0.126	25	-	65.72	73.38	7.40	5.21	55.77	6.93	4.55	0.193	0.047	0.90	56.49	6.92	0.58	0.179	0.036	195.38	194.83	195.23	195.15	0.93	1.02	1.05	1.00	53.06	6.83
MAX	133.67	313.80	146.27	0.50	0.297	-	286	151.17	104.74	7.71	6.16	85.19	7.22	18.52	0.319	0.127	1.21	85.21	7.21	5.00	0.301	0.102	325.90	324.79	326.02	325.57	1.18	1.31	1.49	1.28	82.16	7.10
AVG	93.29	246.12	100.02	0.42	0.235	-	-	107.18	86.79	7.57	5.81	73.04	7.12	10.67	0.237	0.082	1.03	73.27	7.10	2.44	0.218	0.067	258.20	255.88	256.12	256.73	1.05	1.15	1.20	1.14	70.25	6.99
STD	27.50	35.69	29.77	0.06	0.048	-	-	28.67	9.27	0.10	0.29	9.13	0.08	3.99	0.038	0.020	0.10	8.90	0.08	1.24	0.035	0.018	36.28	35.67	35.98	35.92	0.06	0.09	0.13	0.09	8.95	0.07

Remark :

DPS1 = Bang Khen Distribution Station No.1

TR2 = Bang Khen Transmission Station No.2

DPS2 = Bang Khen Distribution Station No.2

AVG = Average of DPS1, TR2 and DPS2

แหล่งที่มา :

รายงานผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายควบคุมการผลิตน้ำ สำนักงานผลิตน้ำบางเขน

4.2 การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ

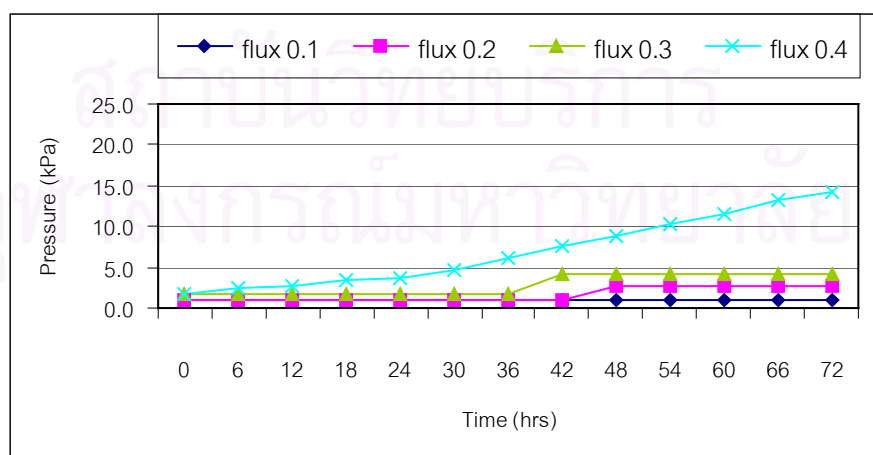
ศึกษาผลของค่าฟลักซ์ 4 ค่า คือ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่มีต่อค่าความดันและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน แบ่งเป็น 4 การทดลอง คือ

- 1) ใช้เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)
- 2) ใช้เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU)
- 3) ใช้เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)
- 4) ใช้เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU)

4.2.1 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)

4.2.1.1 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง คือ เท่ากับ 1.0 kPa ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.3 kPa ที่เวลา 72 ชั่วโมง ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมื่อเริ่มเดินระบบจะมีค่าคงที่ที่ 1.0 kPa เมื่อเดินระบบไประยะหนึ่ง ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.7 kPa ที่เวลา 48 ชั่วโมง และคงที่ไปตลอดการทดลอง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมื่อเริ่มเดินระบบจะมีค่าคงที่ที่ 1.7 kPa ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.1 kPa ที่เวลา 42 ชั่วโมง



รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา

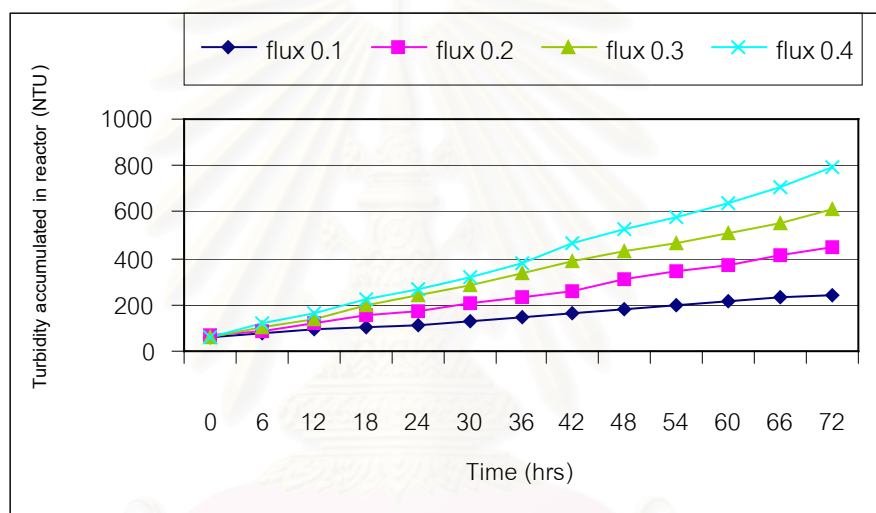
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

4.2.1.2 ผลของค่าฟลักซ์ต่อประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน

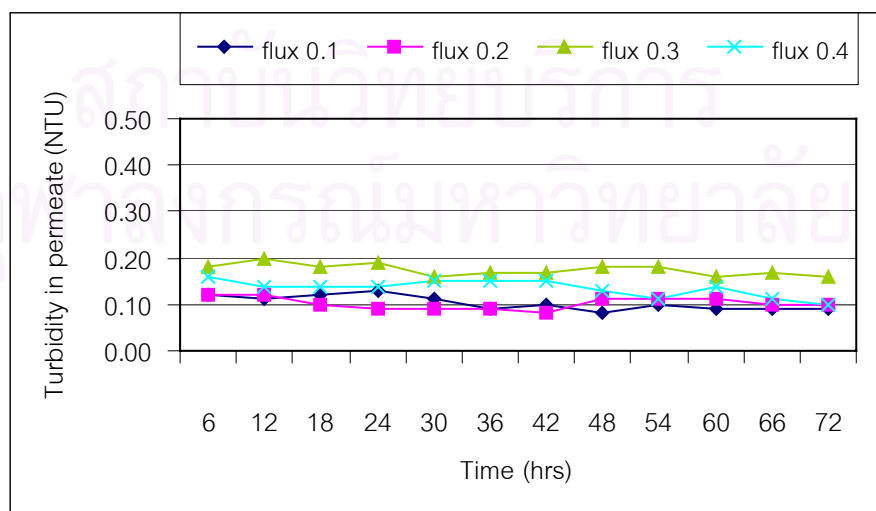
ศึกษาผลของค่าฟลักซ์ต่อการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็กแมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้งคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบ

ความขุ่น

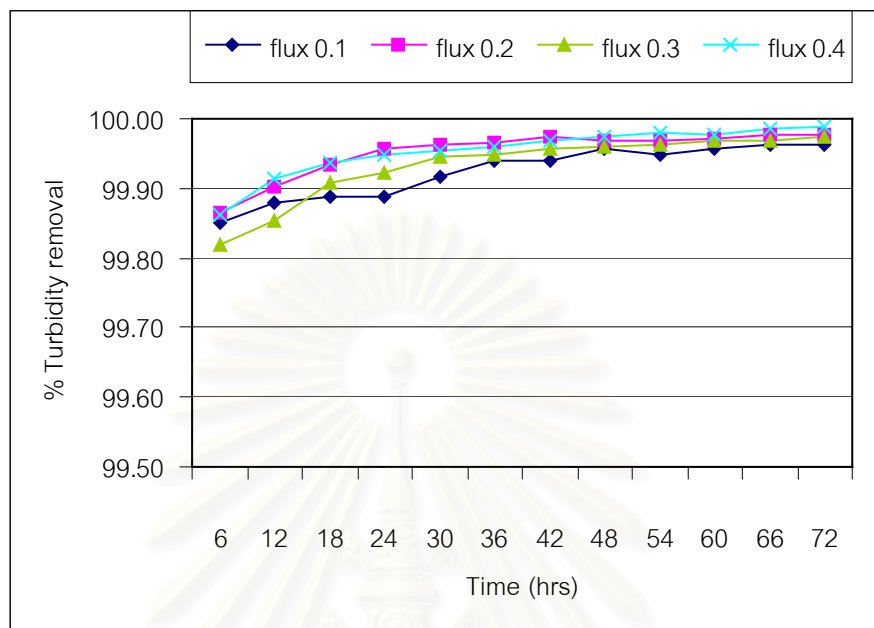
จากรูปที่ 4.3 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.3ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.3ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.3ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

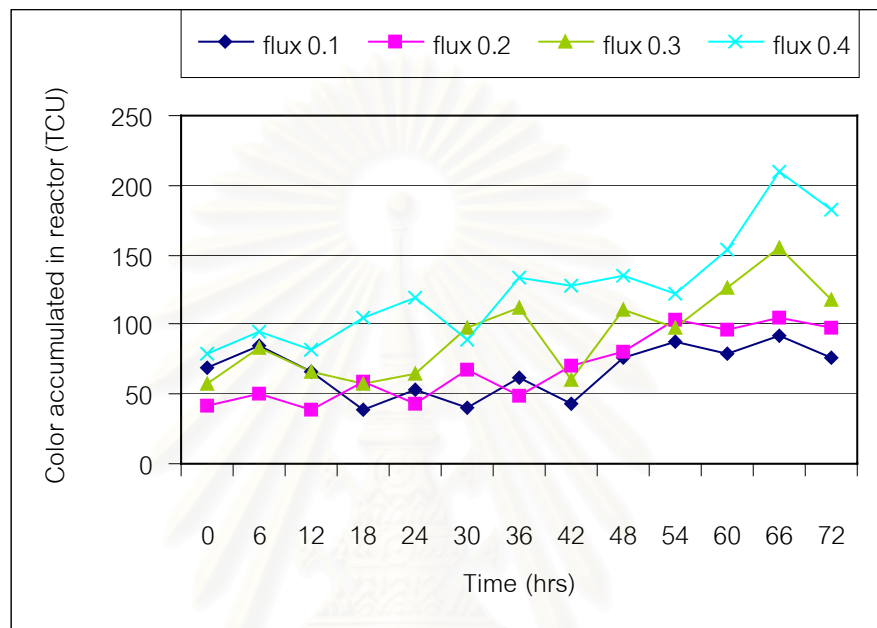
รูปที่ 4.3 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

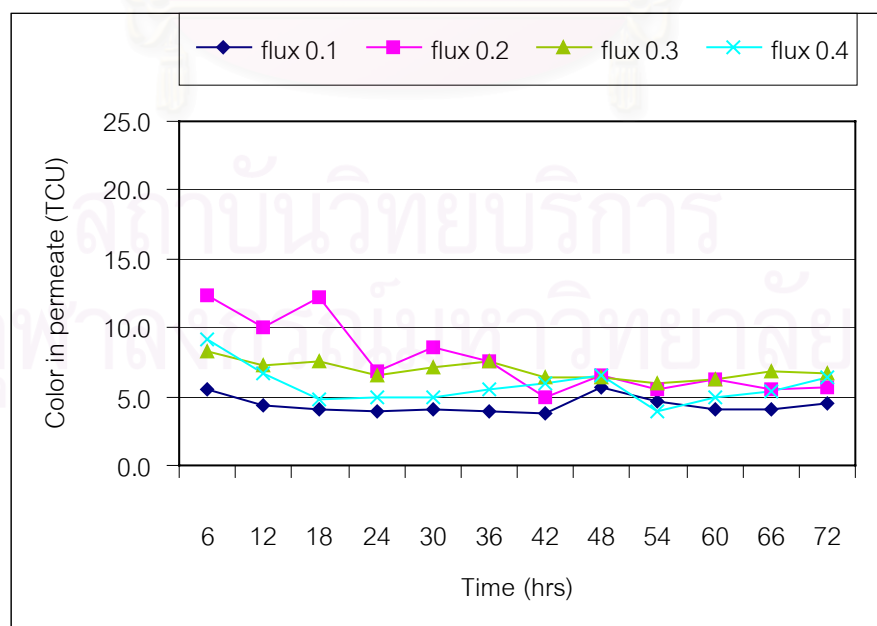
จากรูปที่ 4.3ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดการทดลองที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ โดยที่เวลา 72 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 245 , 444 , 608 และ 795 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ โดยมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 , 0.2 และ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ อย่างเห็นได้ชัดที่เวลาเดียวกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.3ข ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.08-0.20 NTU จากรูปที่ 4.3ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดความขุ่นค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณเกือบ 100% ซึ่งหมายถึง ระบบสามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

๒๖

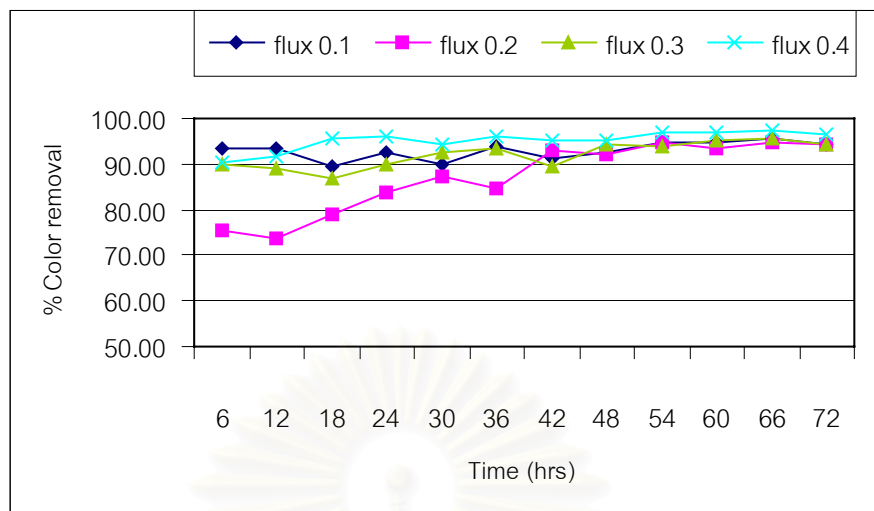
จากรูปที่ 4.4 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาด
รูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.4ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.4ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.4ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

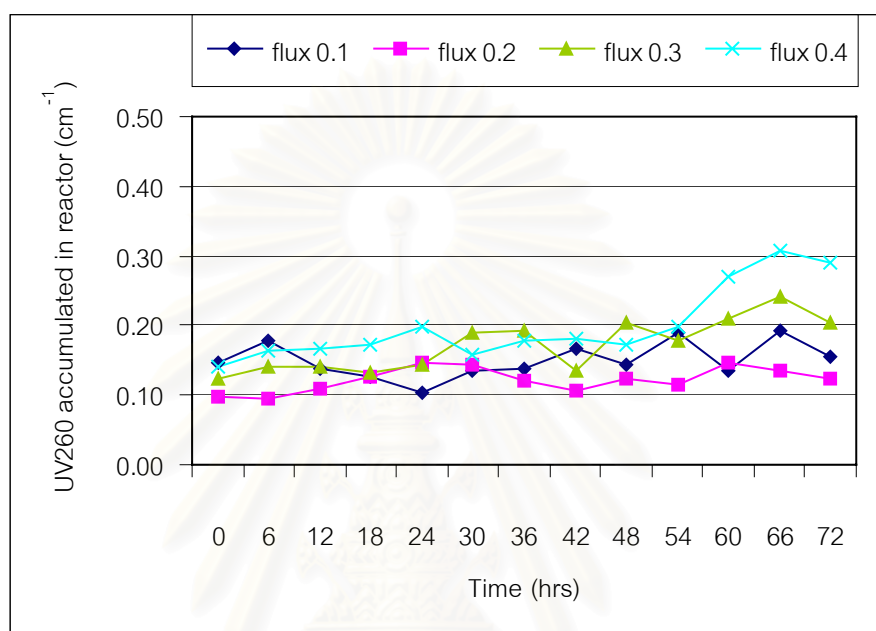
รูปที่ 4.4 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

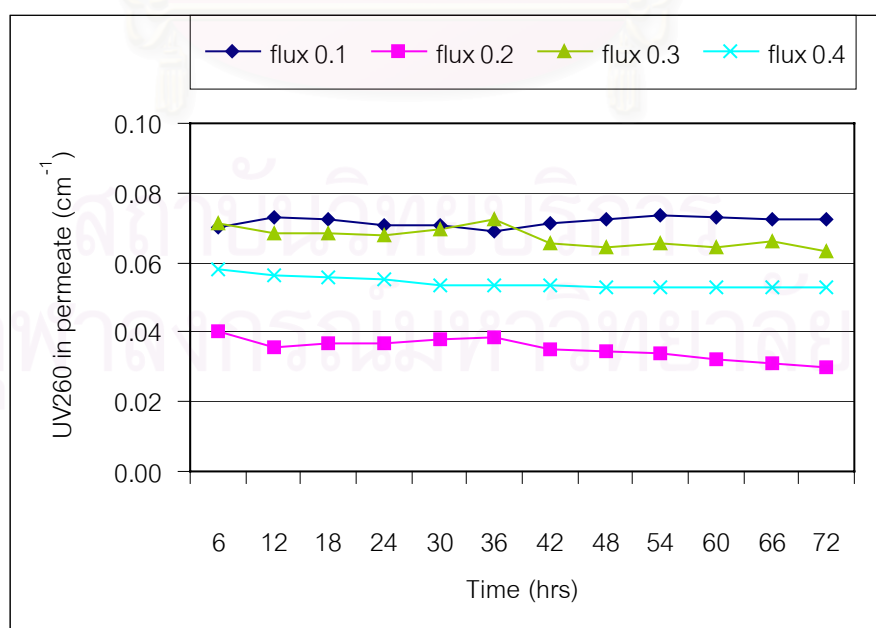
จากรูปที่ 4.4ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพิ่มสูงขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 105.40 , 91.45 , 154.70 และ 209.40 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลาดังแสดงในรูปที่ 4.4ข จะเห็นได้ว่าค่าสีของน้ำ permeate ในช่วงแรก ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะมีค่าค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 10-12.4 TCU เมื่อเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ซึ่งมีค่าประมาณ 3.7-5.6 , 6.0-8.2 และ 3.9-9.1 TCU ตามลำดับ แต่เมื่อเดินระบบไปได้ระยะหนึ่ง ค่าสีของน้ำ permeate มีแนวโน้มลดลงในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ และมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 3.9-6.8 TCU เมื่อเดินระบบนานกว่า 54 ชั่วโมง และจากรูปที่ 4.4ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสีในช่วงแรกที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย คือ ประมาณ 70-80% และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 90-95% เมื่อเดินระบบเป็นเวลานานกว่า 42 ชั่วโมง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดสีใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 90-95%

UV260

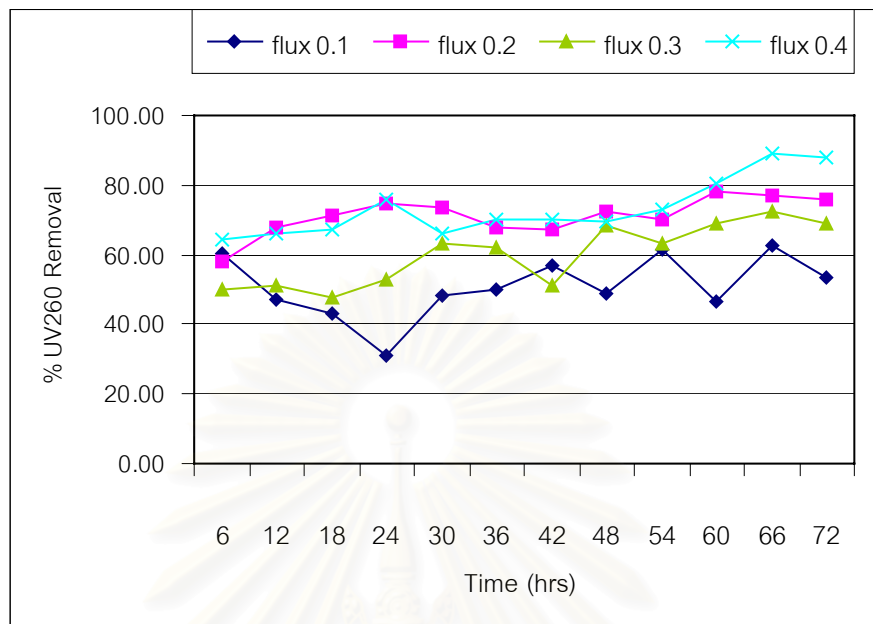
จากรูปที่ 4.5 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.5ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.5ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.5ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

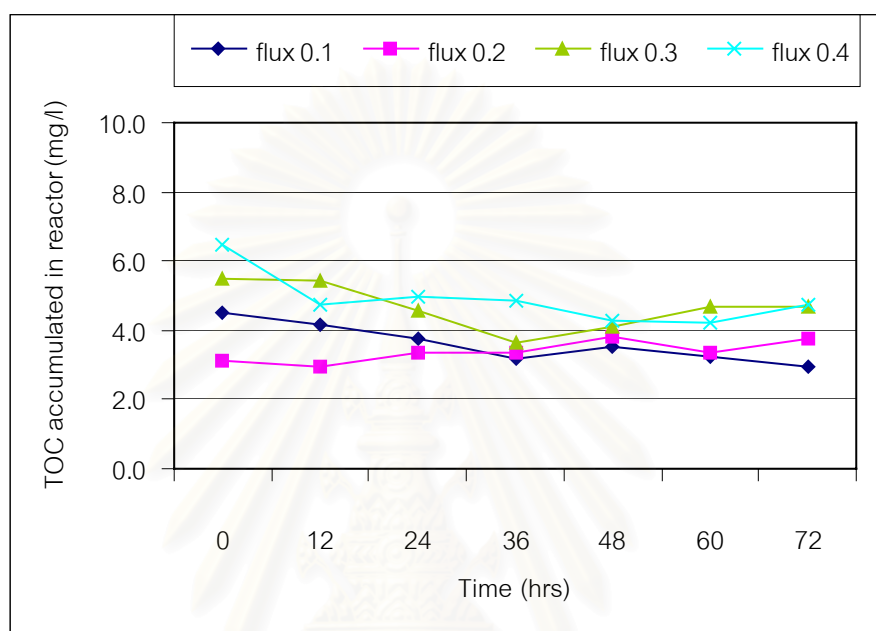
รูปที่ 4.5 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

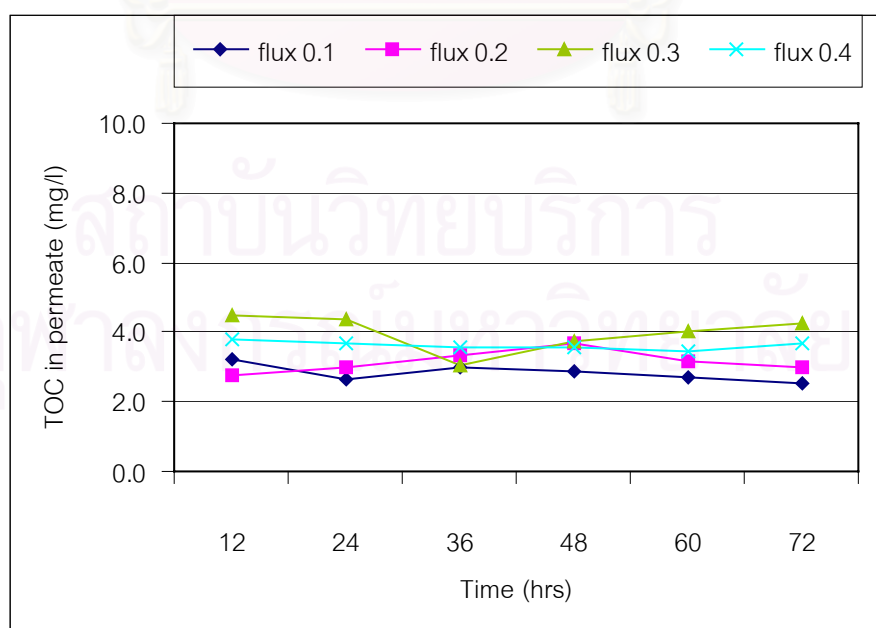
จากรูปที่ 4.5ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.1925 , 0.1476 , 0.2404 และ 0.3085 ชม^{-1} ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.5ข จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ $0.03\text{-}0.07 \text{ ชม}^{-1}$ และจากรูปที่ 4.5ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 สูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ $60\text{-}80\%$ ส่วนที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 ประมาณ $50\text{-}70\%$ และที่ค่าฟลักซ์ $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 ต่ำที่สุด คือ ประมาณ $30\text{-}60\%$ โดย %การกำจัด UV260 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อยในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

TOC

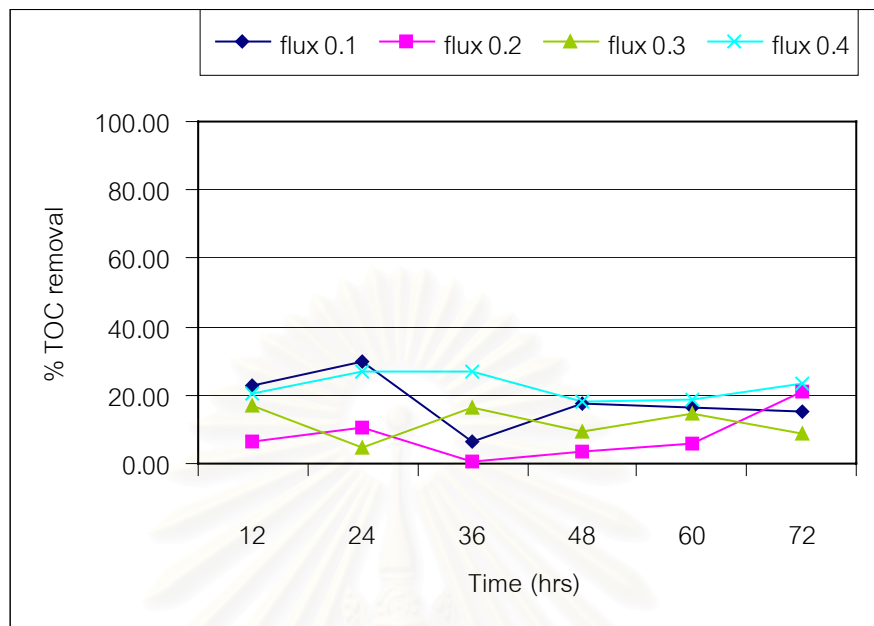
จากรูปที่ 4.6 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.6ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.6ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.6ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

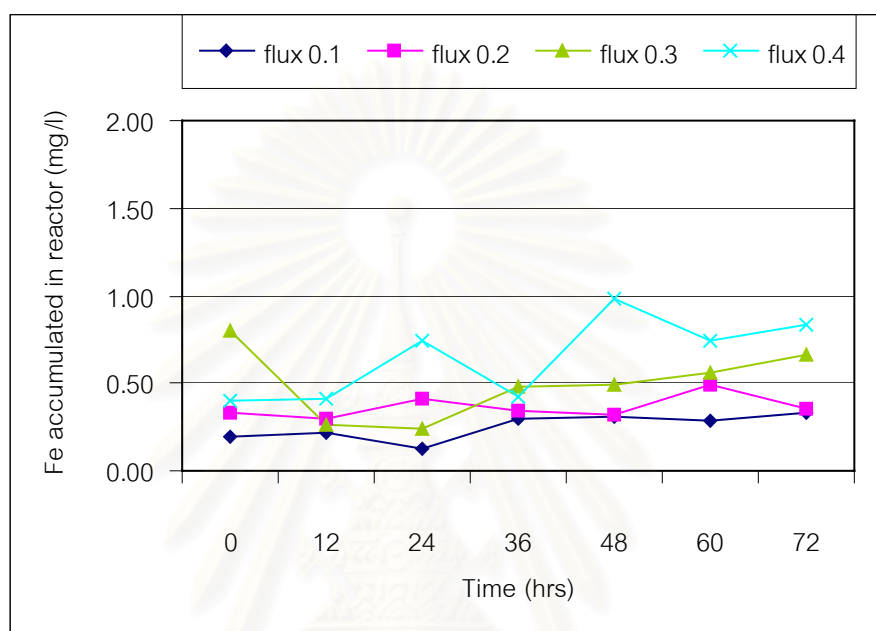
รูปที่ 4.6 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

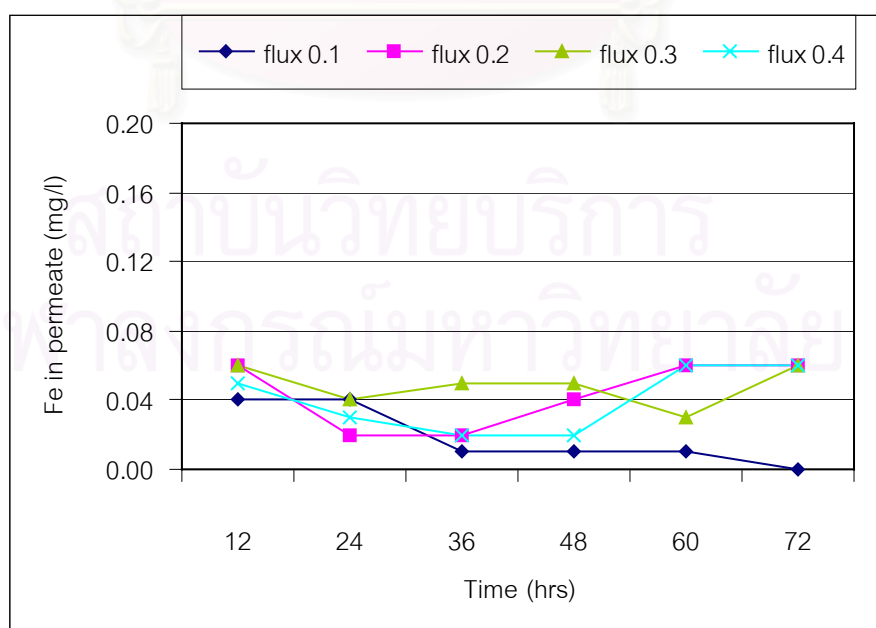
จากรูปที่ 4.6ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง มีค่าประมาณ 3.0-4.5 , 3.0-4.0 , 3.5-5.5 และ 4.0-6.5 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับที่ค่าฟลักซ์ 0.1 และ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ แต่มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.6ข จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างสูงในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ เมื่อเทียบกับค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่า TOC ของน้ำ permeate ต่ำที่สุด คือ ประมาณ 2.5-3.2 มก/ล แต่ไม่ต่างไปจากที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มากนัก ซึ่งมีค่าประมาณ 2.8-3.7 , 3.0-4.5 และ 3.4-3.9 มก/ล ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.6ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าสูงสุด คือ ประมาณ 20-30% แต่ก็ไม่ต่างไปจากที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มากนัก ซึ่งมีค่าประมาณ 10-30% , 0-20% และ 5-20% ตามลำดับ

เหล็ก

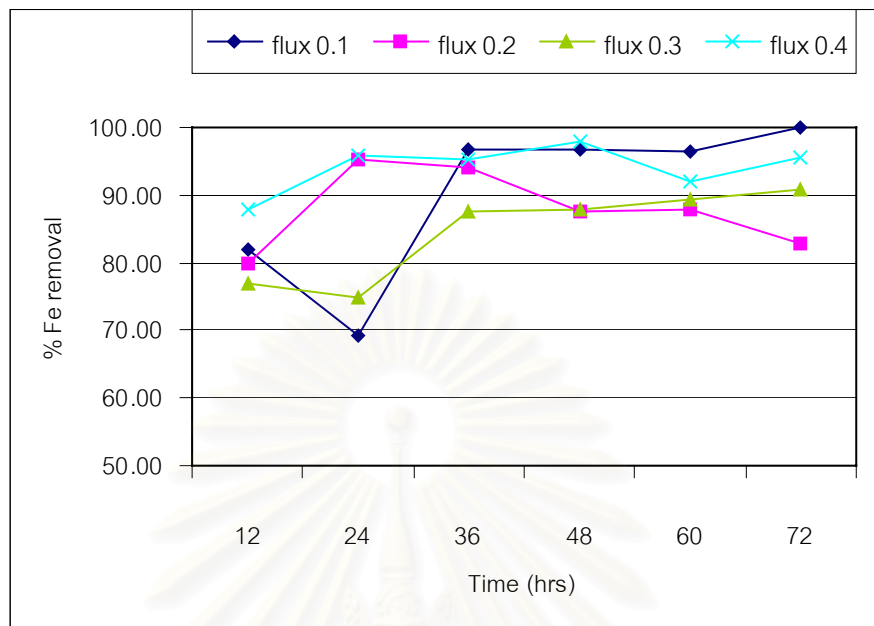
จากรูปที่ 4.7 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.7ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.7ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.7ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

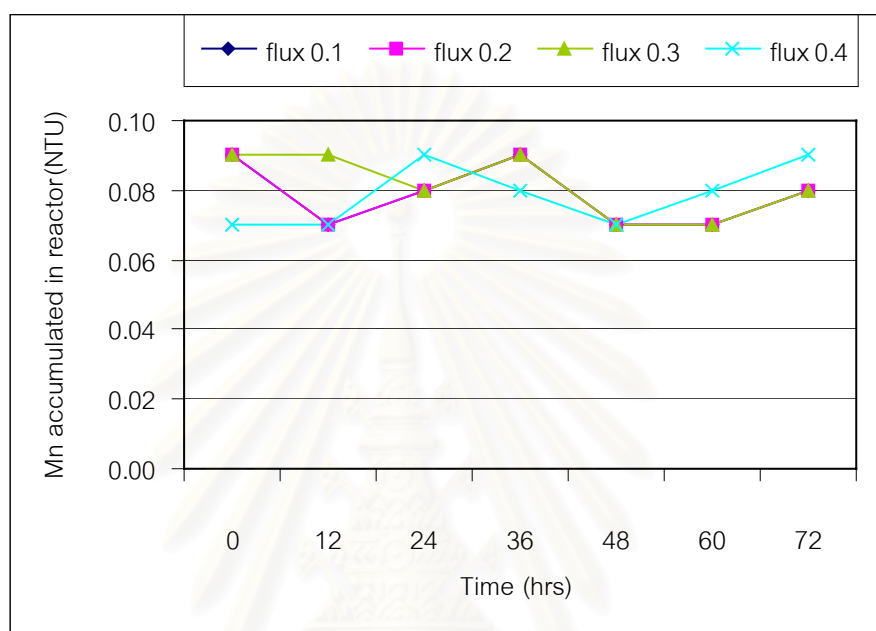
รูปที่ 4.7 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

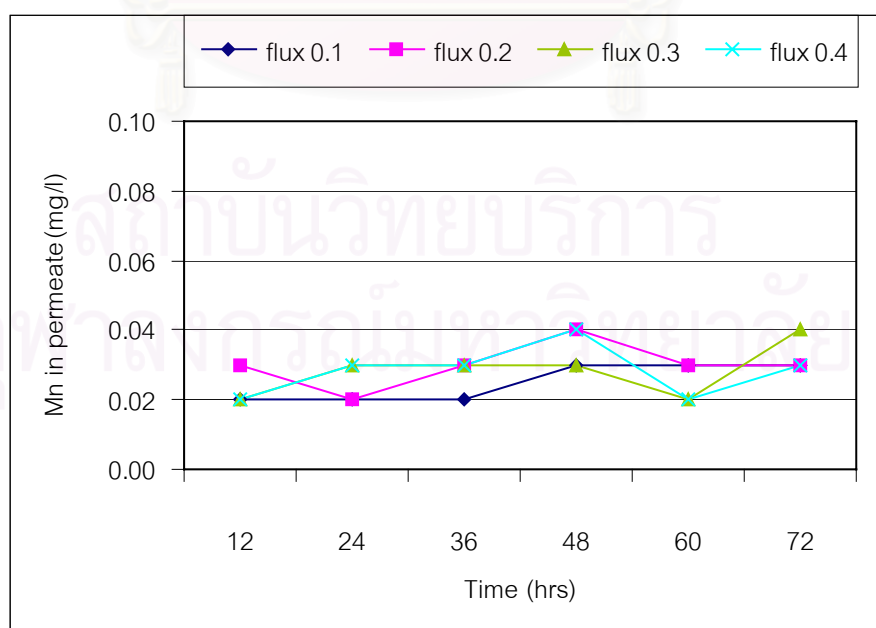
จากรูปที่ 4.7ก แสดงค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.33 , 0.49 , 0.80 และ 1.35 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าเหล็กของน้ำออกต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.7ข จะเห็นได้ว่าค่าเหล็กของน้ำออกที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.00-0.06 มก/ล และจากรูปที่ 4.7ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดเหล็กในช่วงแรกที่ค่าฟลักซ์ 0.1 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย คือ ประมาณ 70-80% และมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 90-100% เมื่อเดินระบบนานกว่า 42 ชั่วโมง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดเหล็กใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 80-100%

แมงกานีส

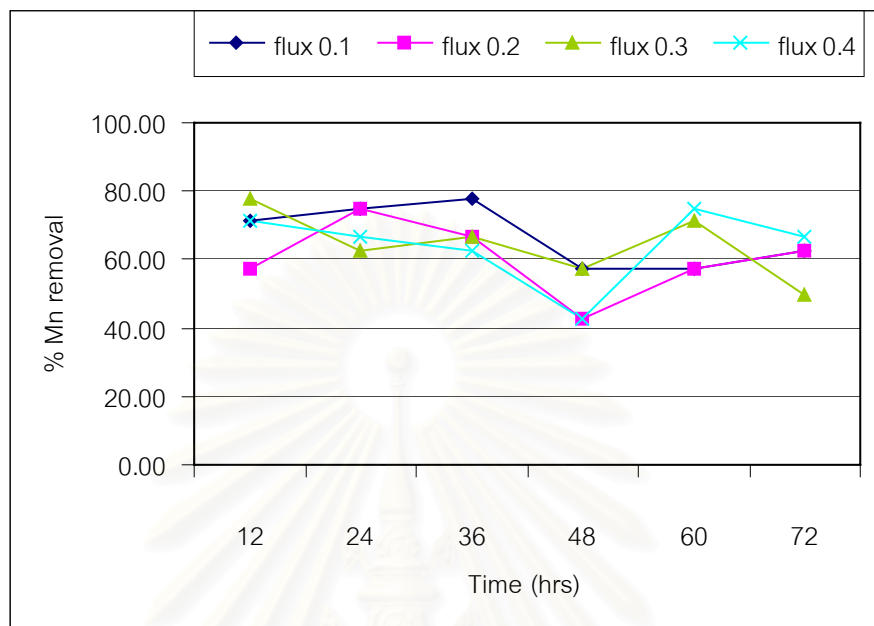
จากรูปที่ 4.8 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.8ก ค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.8ข ค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.8ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.8 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

จากรูปที่ 4.8ก แสดงค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าประมาณ 0.07-0.09 มก/ล ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.8ข จะเห็นได้ว่าค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.02-0.04 มก/ล ซึ่งทั้ง 4 ค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และจากรูปที่ 4.8ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดแมงกานีส ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 40-80%

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่าน้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.2 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.1	24	2400	N.D.	2400	N.D.
	72	930	N.D.	430	N.D.
0.2	24	1500	N.D.	280	N.D.
	72	750	N.D.	390	N.D.
0.3	24	430	N.D.	150	N.D.
	72	930	N.D.	430	N.D.
0.4	24	430	N.D.	230	N.D.
	72	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.2.1.3 ค่าฟลักซ์ที่เลือกใช้ในการทดลองระยะยาว

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.2.1.1 และ 4.2.1.2 สามารถสรุปได้ว่าสำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ค่าฟลักซ์ที่จะใช้ในการทดลองระยะยาว (10 วัน) ต่อไป คือ ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดการทดลอง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงทำให้ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป

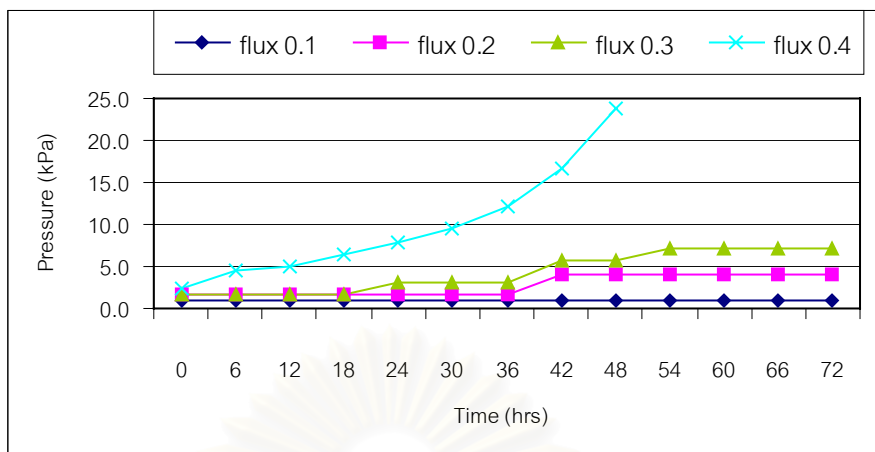
เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ ก็พบว่า %การกำจัดความขุ่น สี เหล็ก และแมงกานีส มีค่าใกล้เคียงกันที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ ยกเว้น %การกำจัด UV260 ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่ามากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย ถึงแม้ว่าจะมี %การกำจัด TOC มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยก็ตาม แต่เมื่อพิจารณา permeate ก็พบว่า ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐาน คุณภาพน้ำประปาที่กำหนดไว้ คือ ความขุ่นไม่เกิน 5 NTU สีไม่เกิน 15 TCU เหล็กไม่เกิน 0.3 mg/l และแมงกานีสไม่เกิน 0.1 mg/l รวมทั้งไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป เนื่องจากมีอัตราการกรองน้ำที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

เมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดันสำหรับที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า มีค่าความดันที่ต่ำและคงที่ตลอดการทดลอง แต่มีอัตราการกรองน้ำที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ส่วนประสิทธิภาพของระบบก็ไม่แตกต่างจากที่ค่าฟลักซ์อื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นในการทดลองต่อไปที่ใช้เมมเบรนขนาด 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) จะเลือกใช้ค่าฟลักซ์ในการเดินระบบเพียง 3 ค่า คือ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

4.2.2 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU)

4.2.2.1 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง คือ เท่ากับ 1.0 kPa ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมื่อเริ่มเดินระบบความดันจะมีค่าคงที่ที่ 1.7 kPa จนถึงเวลา 42 ชั่วโมง ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็น 4.1 kPa และจะคงที่ไปตลอดการทดลอง ซึ่งที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าความดันสูงสุด คือ 7.1 kPa ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง และที่เวลา 48 ชั่วโมง ค่าความดันก็เพิ่มสูงถึง 23.8 kPa จึงหยุดทำการทดลอง เนื่องจากหากค่าความดันของระบบมากกว่า 20-30 kPa จะทำให้การล้างเมมเบรนด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เมมเบรนมีประสิทธิภาพเช่นเดิมได้ (Mitsubishi Rayon , 1998)



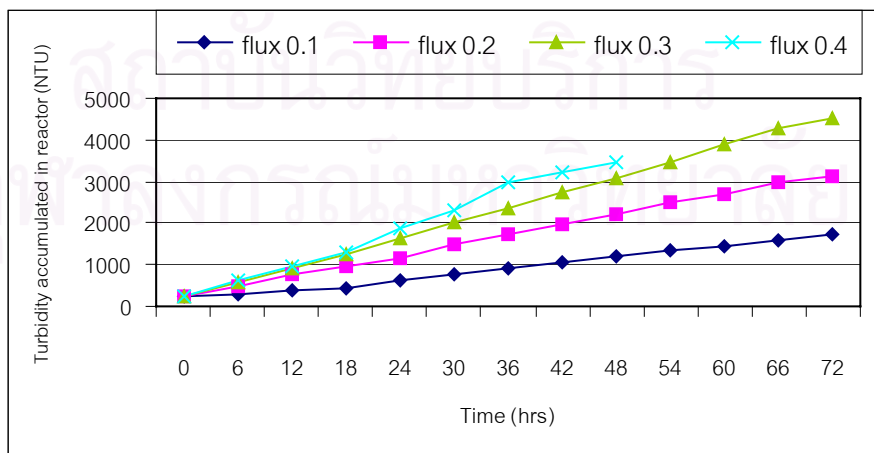
รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

4.2.2.2 ผลของค่าฟลักซ์ต่อประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน

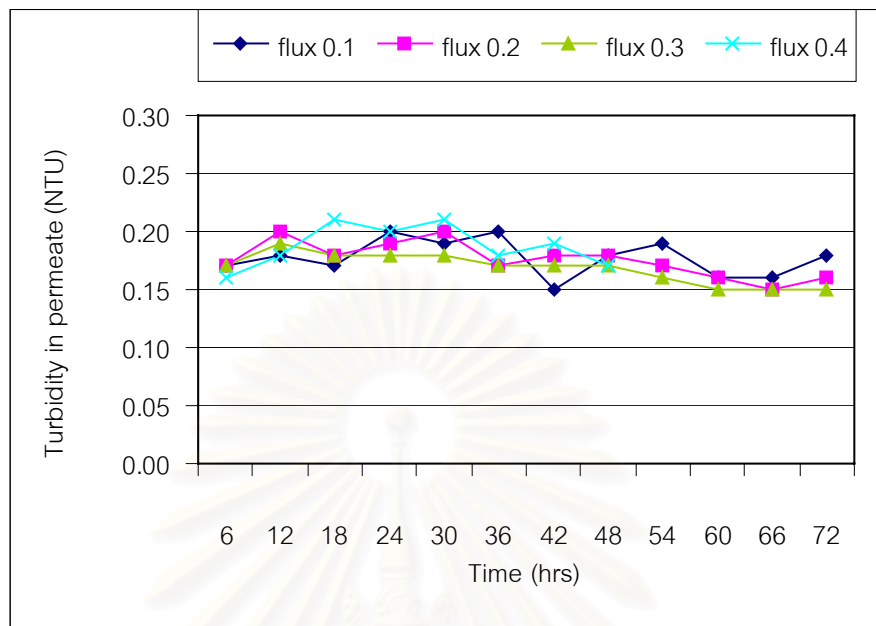
ศึกษาผลของค่าฟลักซ์ต่อการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็กแมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้งคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบ

ความขุ่น

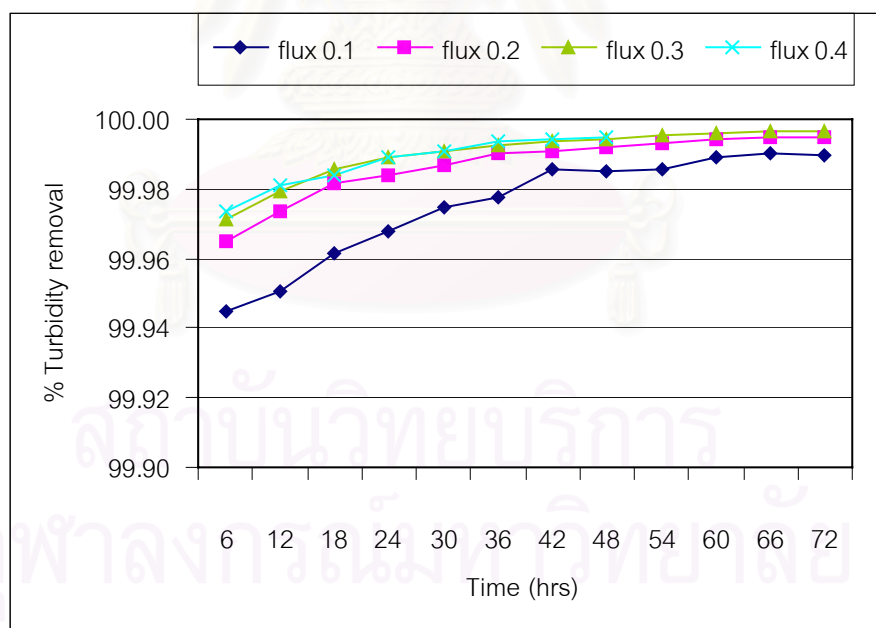
จากรูปที่ 4.10 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.10ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.10ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



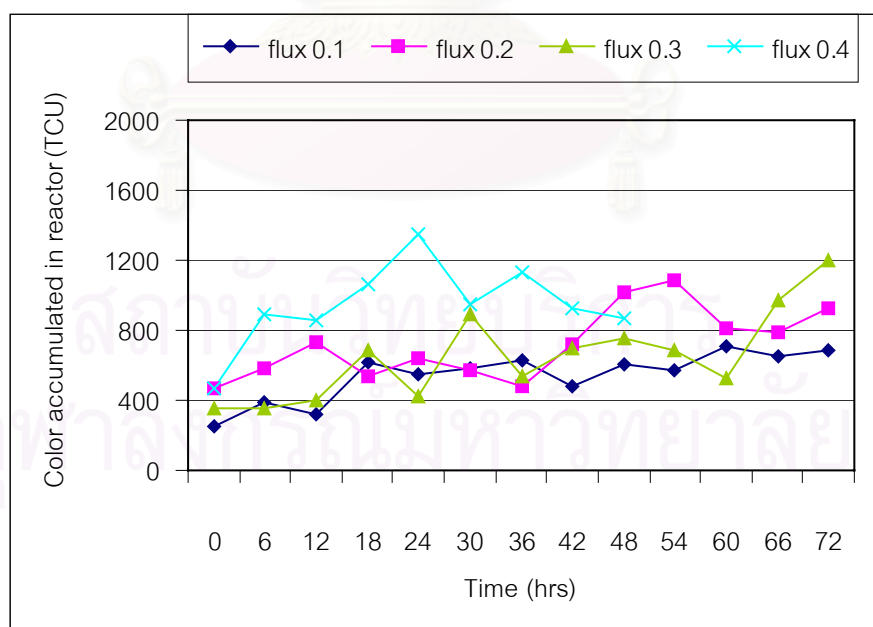
รูปที่ 4.10ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

รูปที่ 4.10 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

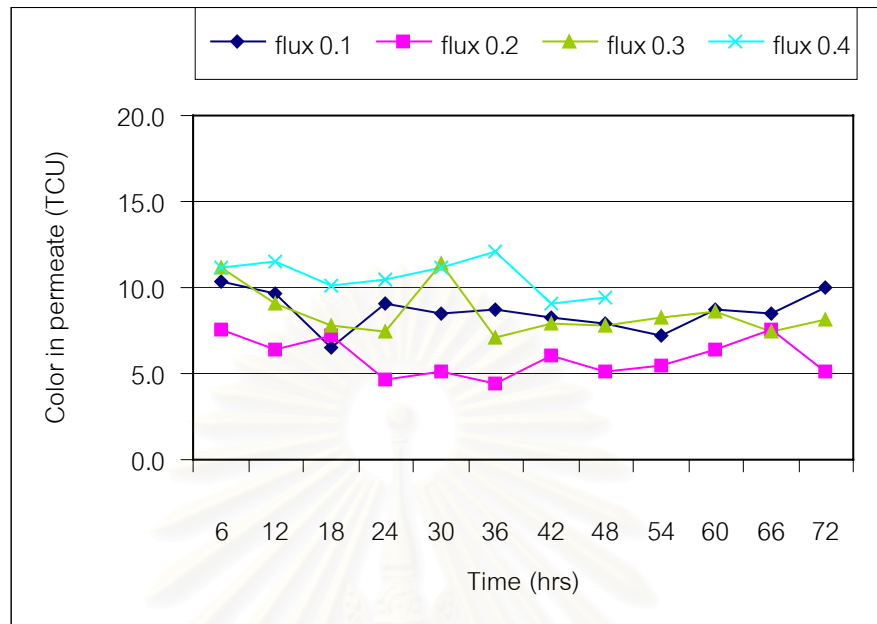
จากรูปที่ 4.10ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดการทดลองที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ โดยที่เวลา 72 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1732 , 3112 และ 4513 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ สำหรับที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3450 NTU ที่เวลา 48 ชั่วโมง และยังมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 , 0.2 และ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ ที่เวลาเดียวกันอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.10ข ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.15-0.21 NTU จากรูปที่ 4.10ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดความขุ่นค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณเกือบ 100% ซึ่งก็หมายถึง ระบบสามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

ข

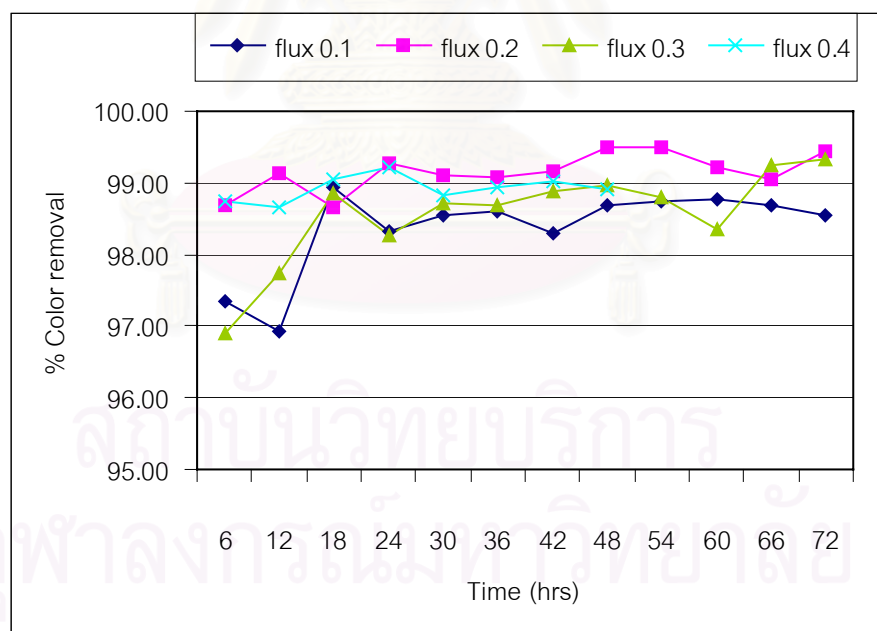
จากรูปที่ 4.11 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.11ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.11ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



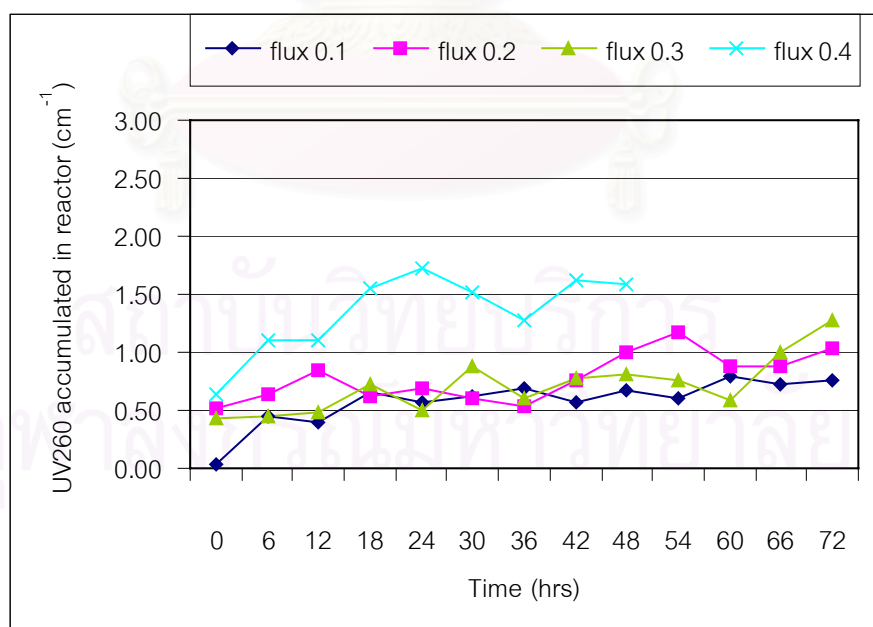
รูปที่ 4.11ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

รูปที่ 4.11 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

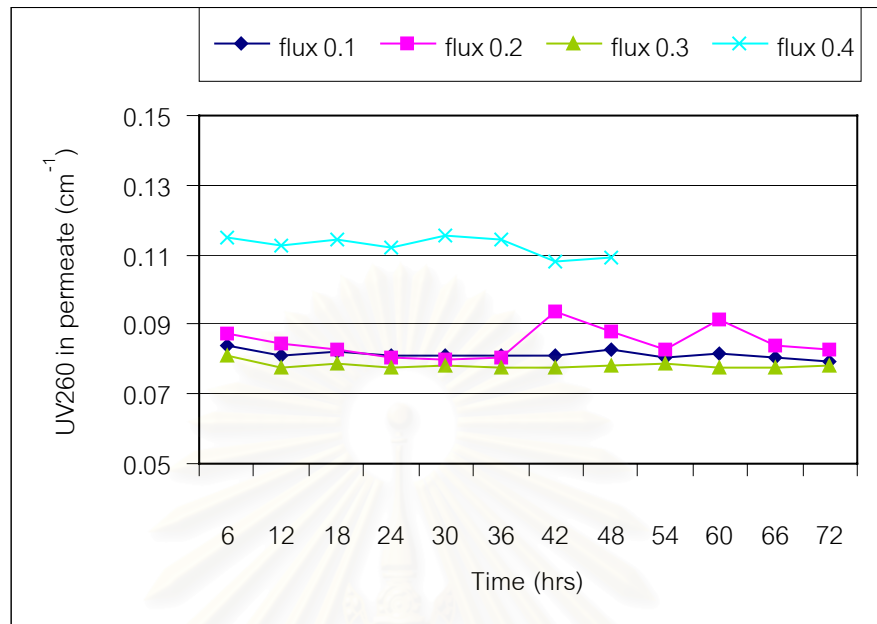
จากรูปที่ 4.11ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากเมื่อเริ่มเดินระบบในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 712.3 , 1089 , 1199 และ 1346 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.11ข จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate ที่แต่ละค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ซึ่งค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าน้อยที่สุด คือ ประมาณ 4.4-7.6 TCU ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 6.4-11.4 TCU และจากรูปที่ 4.4ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสีในช่วงแรกที่ค่าฟลักซ์ 0.1 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย คือ ประมาณ 97% และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 99% เมื่อเดินระบบนานกว่า 42 ชั่วโมง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดสีใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 99%

UV260

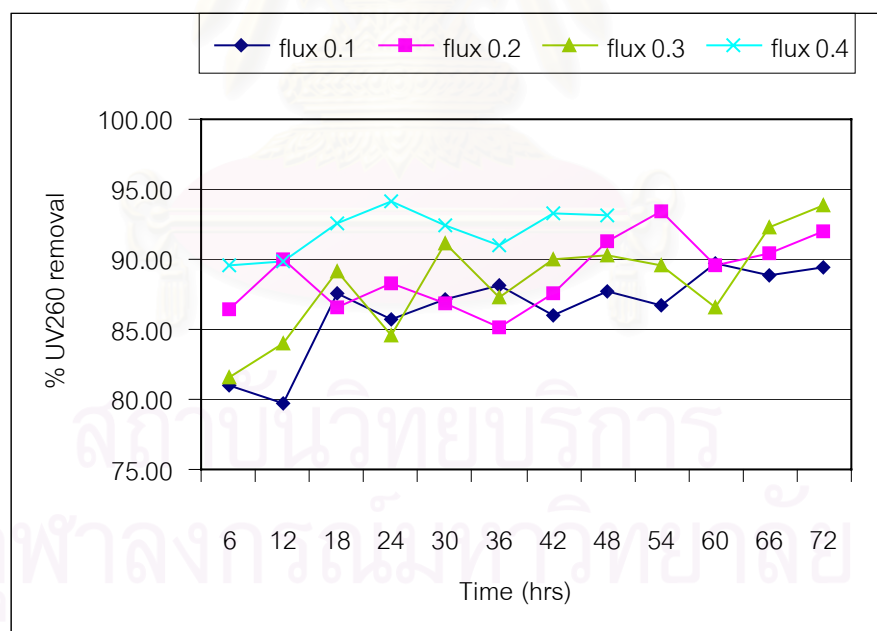
จากรูปที่ 4.12 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.12ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.12ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.12ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

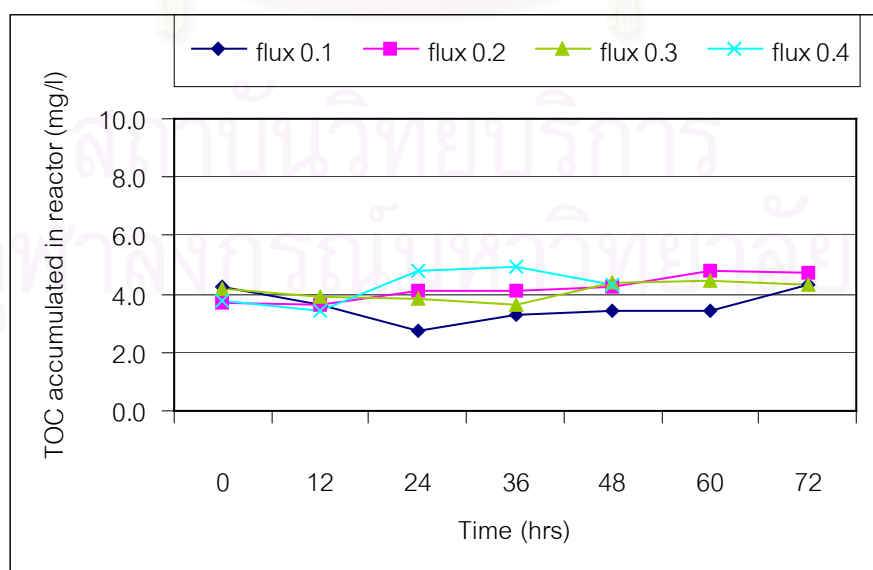
รูปที่ 4.12 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

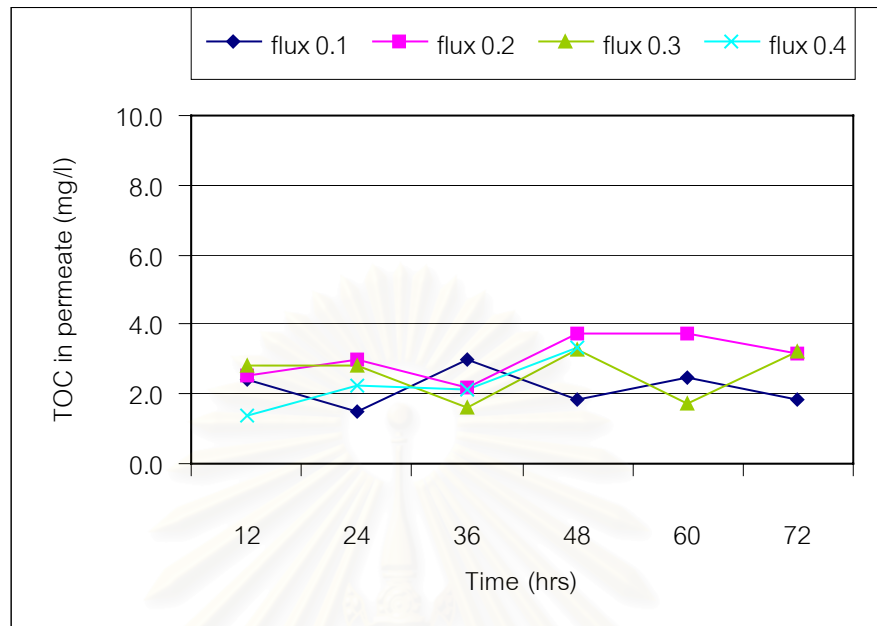
จากรูปที่ 4.12ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.7946 , 1.1652 , 1.2826 และ 1.7225 ซม⁻¹ ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 ม³/ม²-วัน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน อย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.12ข จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่แต่ละค่าฟลักซ์ มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.08 ซม⁻¹ ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน มีค่าสูงกว่า คือ ประมาณ 0.11 ซม⁻¹ และจากรูปที่ 4.12ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน มี %การกำจัด UV260 สูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 คือ ประมาณ 90-95% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน มี %การกำจัด UV260 ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 80-90% ในช่วง 12 ชั่วโมงแรก และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ ประมาณ 85-95% เมื่อผ่าน 18 ชั่วโมงไปแล้ว

IOC

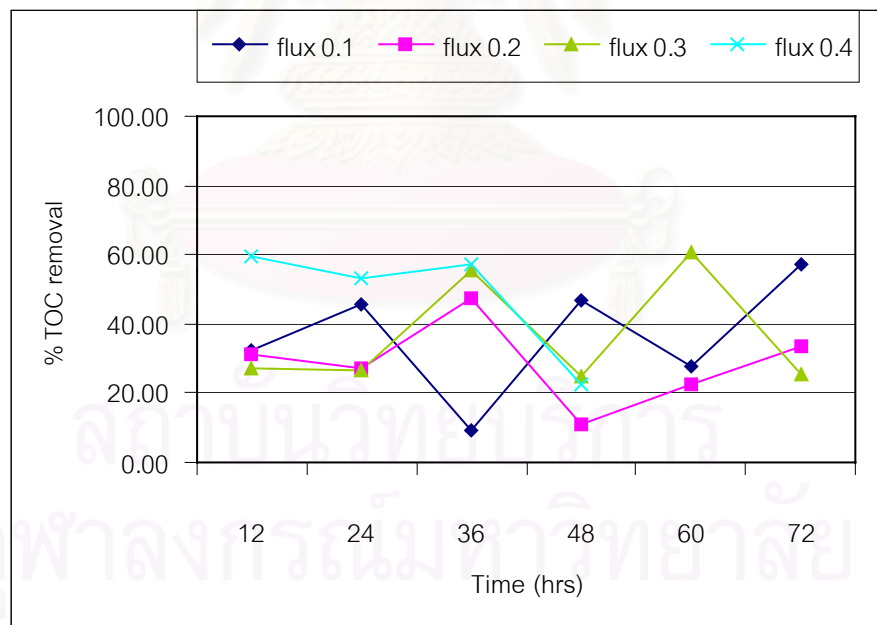
จากรูปที่ 4.13 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.13ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.13ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.13ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

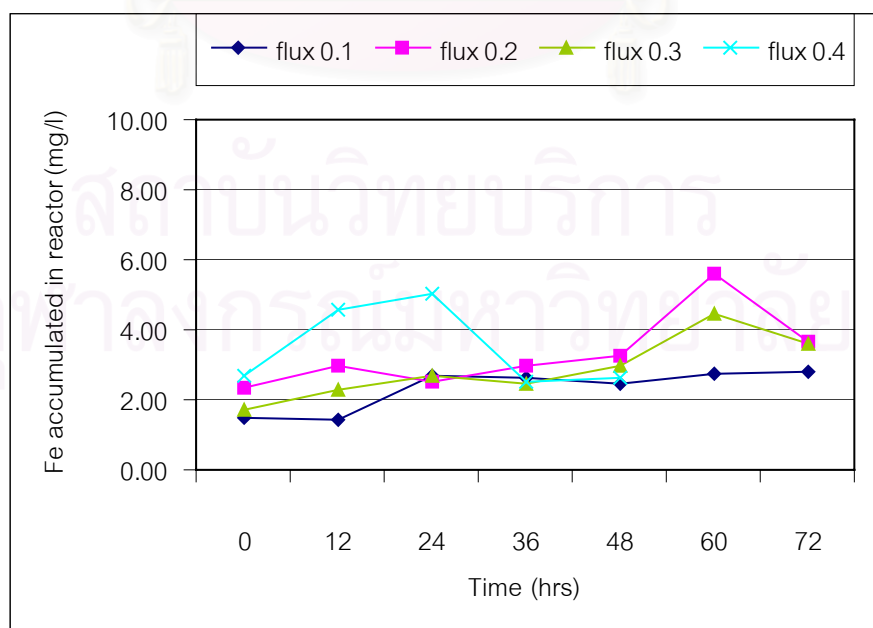
รูปที่ 4.13 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

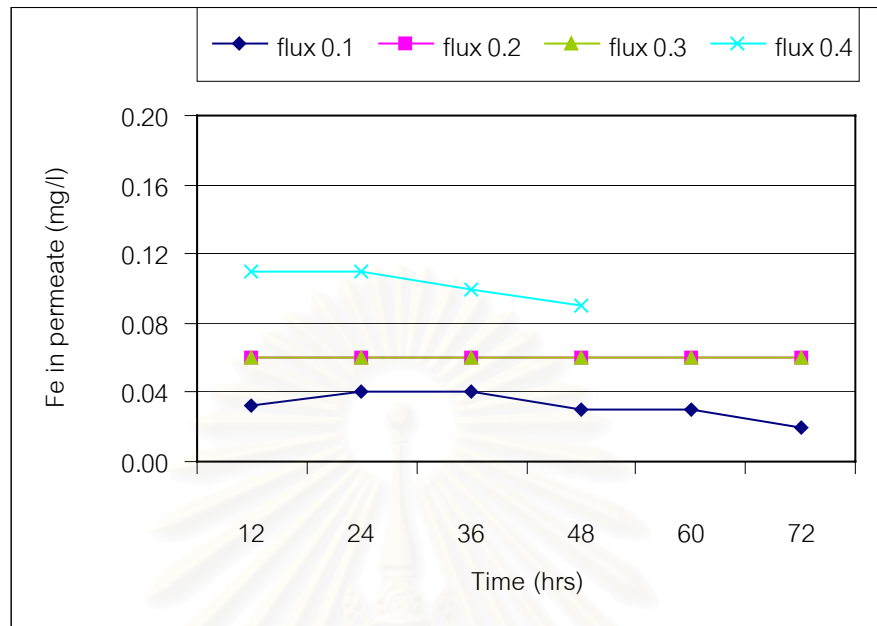
จากรูปที่ 4.13ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง มีค่าประมาณ 2.7-4.3 , 3.7-4.8 , 3.6-4.3 และ 3.4-5 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังใกล้เคียงกัน ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.13ข จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างสูงในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ เมื่อเทียบกับ ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่า TOC ของน้ำ permeate สูงที่สุด คือ ประมาณ 2.2-3.7 มก/ล แต่ไม่ต่างไปจากที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มากนัก ซึ่งทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าประมาณ 1.4-3.3 มก/ล และจากรูปที่ 4.13ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรกที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดค่า TOC สูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 50-60% แต่เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 %การกำจัดค่า TOC กลับมีค่าลดลงจนแทบกำจัดค่า TOC ไม่ได้ ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 มีค่า %การกำจัดค่า TOC ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ ตลอดการทดลอง

เหล็ก

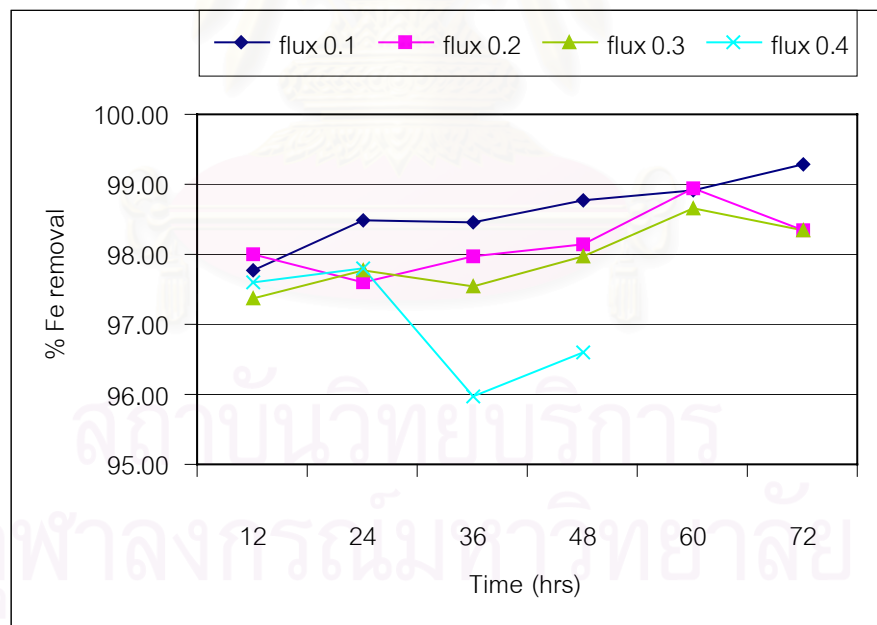
จากรูปที่ 4.14 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรน ขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.14ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.14ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.14ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

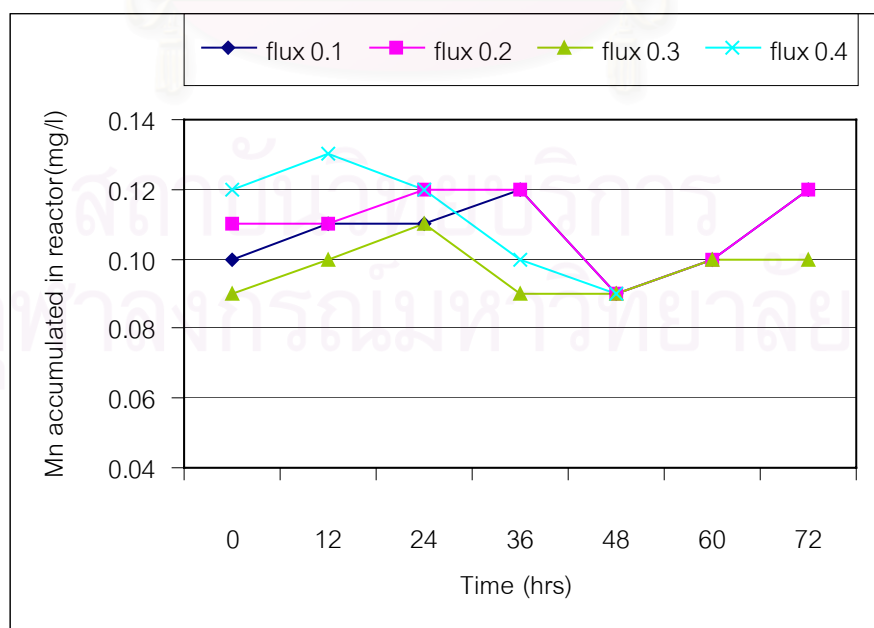
รูปที่ 4.14 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

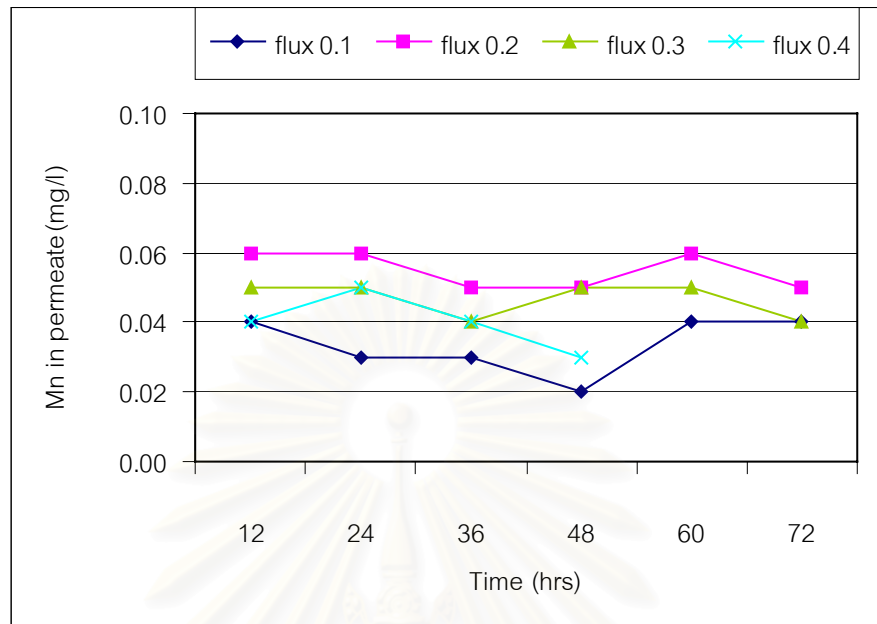
จากรูปที่ 4.14ก แสดงค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.77 , 5.62 , 4.45 และ 5.02 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า จากเมื่อเริ่มเดินระบบไปจนถึง 36 ชั่วโมง ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังสูงที่สุด ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 และ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ ตลอดการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงค่าเหล็กของน้ำออกต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.14ข จะเห็นได้ว่า ค่าเหล็กของน้ำออกที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.4 มีค่าเหล็กของน้ำ permea สูงสุด คือ ประมาณ 0.09-0.11 มก/ล ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าประมาณ 0.03-0.06 มก/ล และจากรูปที่ 4.14ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดค่าเหล็กต่ำที่สุด คือ ประมาณ 96-98% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดค่าเหล็ก ค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 97-99%

แมงกานีส

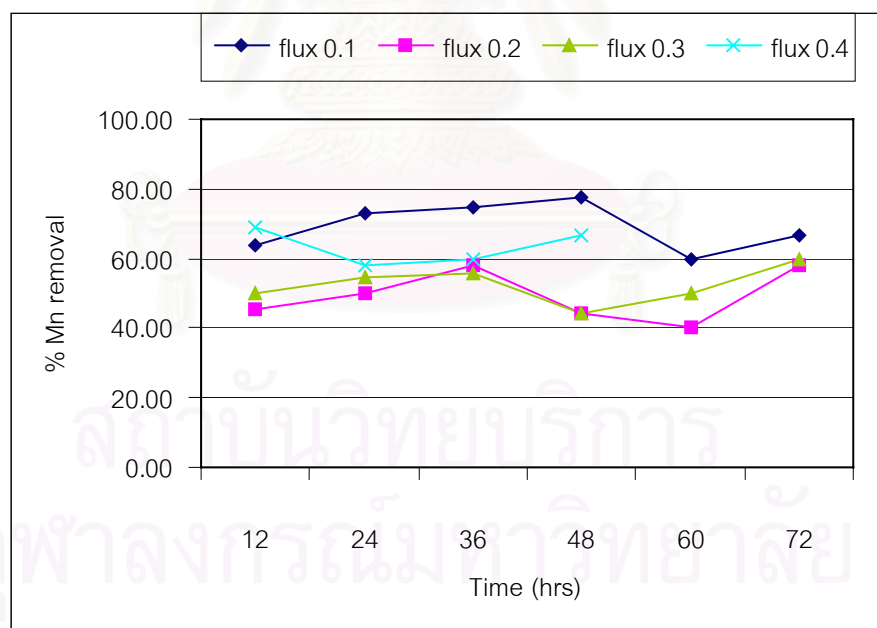
จากรูปที่ 4.15 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.15ก ค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.15ข ค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.15ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.15 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

จากรูปที่ 4.15ก แสดงค่าเมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าเมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าประมาณ 0.09-0.11 มก/ล ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ และเมื่อพิจารณาถึงค่าเมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.15ข จะเห็นได้ว่าค่าเมงกานีสของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.02-0.06 มก/ล และจากรูปที่ 4.15ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเมงกานีสต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดเมงกานีส ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 40-80%

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่าน้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.3 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
		0.1	24	2400	N.D.
	72	1500	N.D.	230	N.D.
0.2	24	930	N.D.	210	N.D.
	72	1500	N.D.	430	N.D.
0.3	24	2400	N.D.	930	N.D.
	72	930	N.D.	430	N.D.
0.4	24	930	N.D.	430	N.D.
	48	430	N.D.	230	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.2.2.3 ค่าฟลักซ์ที่เลือกใช้ในการทดลองระยะยาว

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.2.2.1 และ 4.2.2.2 สามารถสรุปได้ว่า สำหรับเมมเบรนขนาด $0.1 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) ค่าฟลักซ์ที่จะใช้ในการทดลองระยะยาว (10 วัน) ต่อไป คือ ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน ที่ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดการทดลอง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.1, 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงทำให้ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ ก็พบว่า %การกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC และเหล็ก มีค่าใกล้เคียงกันที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ ยกเว้น %การกำจัดแมงกานีส ซึ่งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาว่า permeate ก็พบว่า ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดไว้ คือ ความขุ่นไม่เกิน 5 NTU สีไม่เกิน 15 TCU เหล็กไม่เกิน 0.3 มก/ล และแมงกานีสไม่เกิน 0.1 มก/ล รวมทั้งไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สำหรับที่ค่าฟลักซ์ $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป เนื่องจากมีอัตราการกรองน้ำที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

เมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดันสำหรับที่ค่าฟลักซ์ $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า มีค่าความดันที่ต่ำและคงที่ตลอดการทดลอง แต่มีอัตราการกรองน้ำที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.2, 0.3 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ส่วนประสิทธิภาพของระบบก็ไม่แตกต่างจากที่ค่าฟลักซ์อื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นในการทดลองต่อไปที่ใช้เมมเบรนขนาด $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) จะเลือกใช้ค่าฟลักซ์ในการเดินระบบเพียง 3 ค่า คือ 0.2, 0.3 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

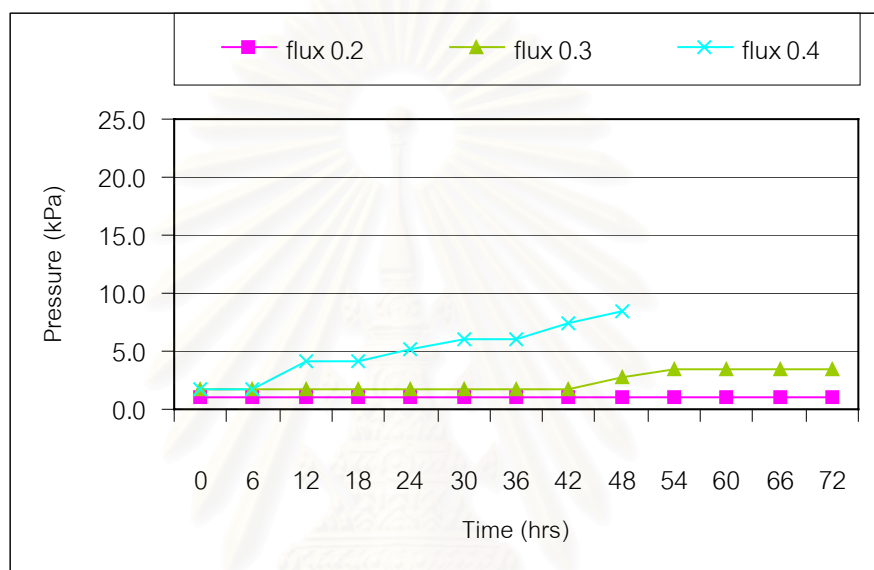
4.2.3 เมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)

จากเหตุผลที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.2.2.3 ค่าฟลักซ์ที่ใช้ในการทดลองนี้จึงมีเพียง 3 ค่า คือ 0.2, 0.3 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

4.2.3.1 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีค่าคงที่ตลอดการทดลอง คือ เท่ากับ 1.0 kPa ในขณะที่

ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตอนเริ่มเดินระบบความดันมีค่าคงที่ที่ 1.7 kPa เมื่อเดินระบบจนถึง 48 ชั่วโมง ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็น 3.4 kPa และคงที่ไปตลอดการทดลอง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ที่เวลา 48 ชั่วโมง ค่าความดันก็เพิ่มขึ้นเป็น 8.5 kPa จึงหยุดทำการทดลอง เนื่องจากแนวโน้มของค่าความดันยังจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำการทดลองระยะยาวต่อไป จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดลองที่ค่าฟลักซ์นี้ต่อ



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา

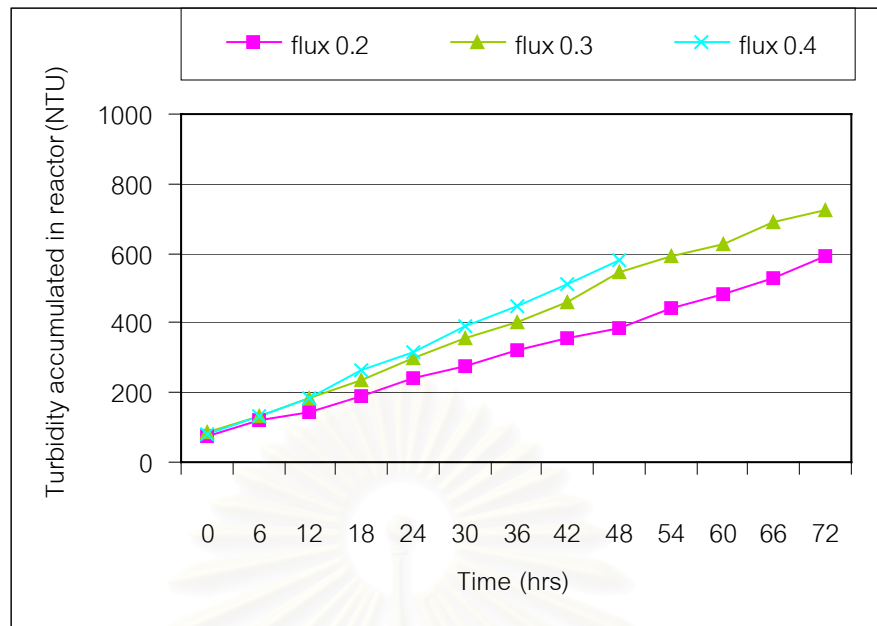
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

4.2.3.2 ผลของค่าฟลักซ์ต่อประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน

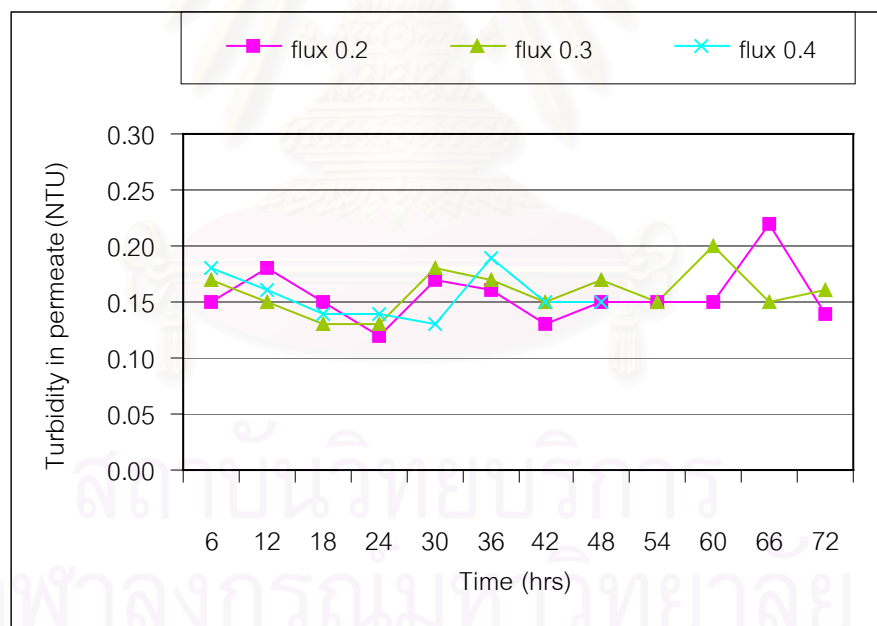
ศึกษาผลของค่าฟลักซ์ต่อการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็กแมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้งคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบ

ความขุ่น

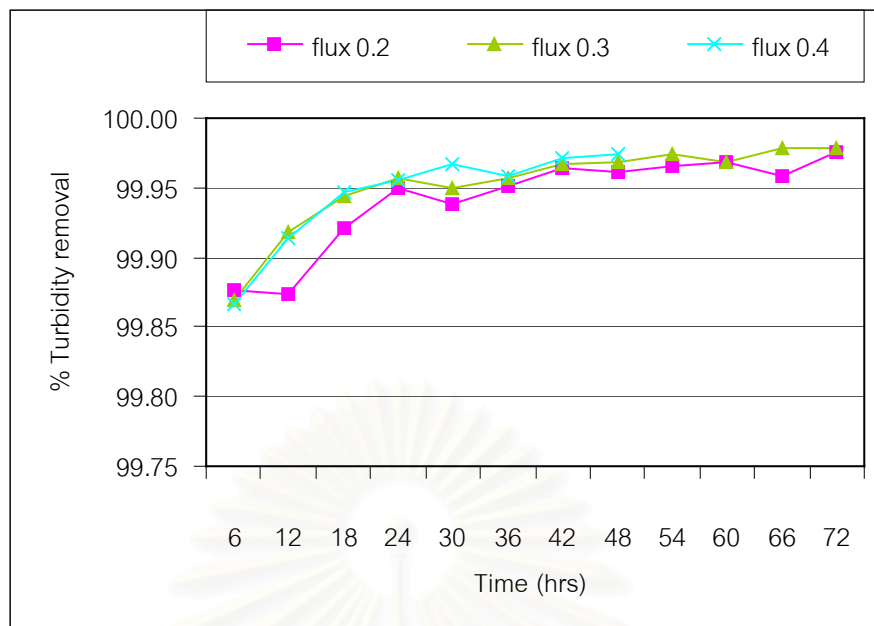
จากรูปที่ 4.17 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.17ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.17ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.17ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

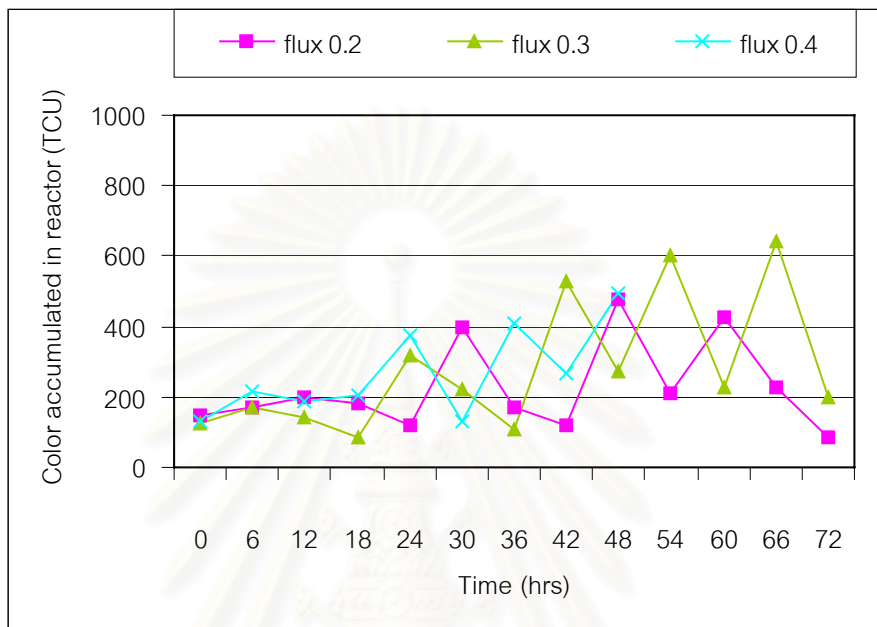
รูปที่ 4.17 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

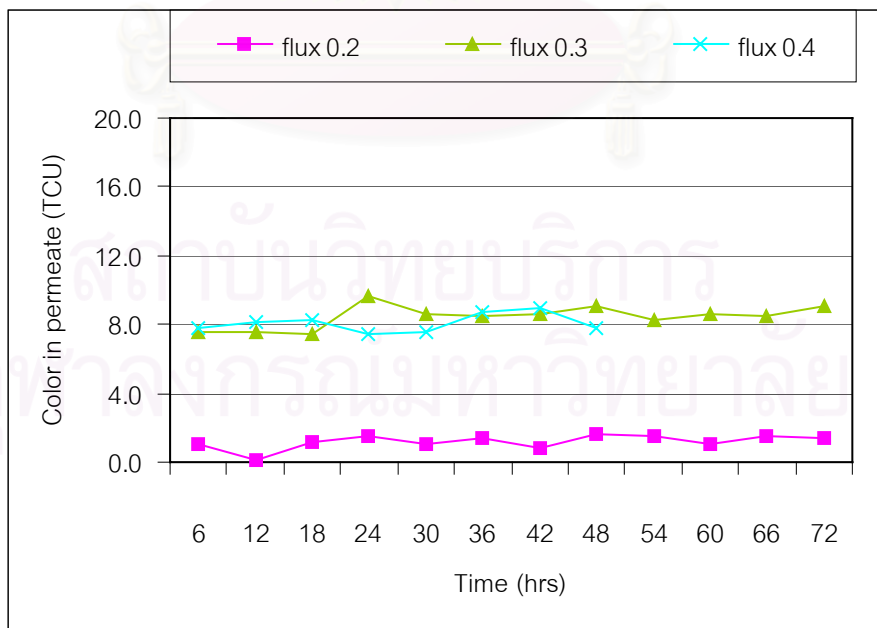
จากรูปที่ 4.17ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดการทดลองที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ ซึ่งค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 590 , 727 และ 580 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ถ้าเปรียบเทียบที่เวลา 48 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.17ข ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.12-0.22 NTU จากรูปที่ 4.17ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดความขุ่นค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณเกือบ 100% ซึ่งหมายถึง ระบบสามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

๒๕

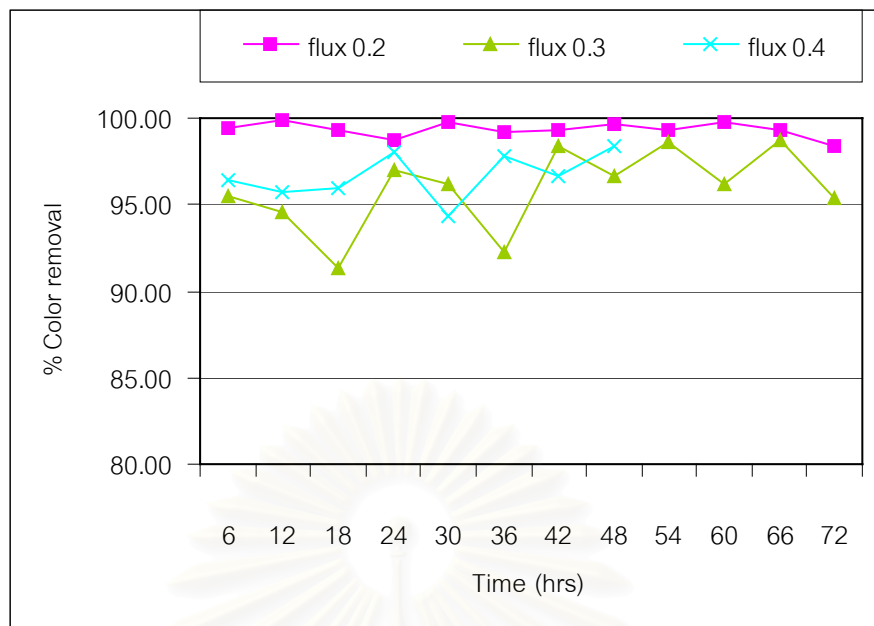
จากรูปที่ 4.18 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาด
รูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.18ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.18ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.18ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

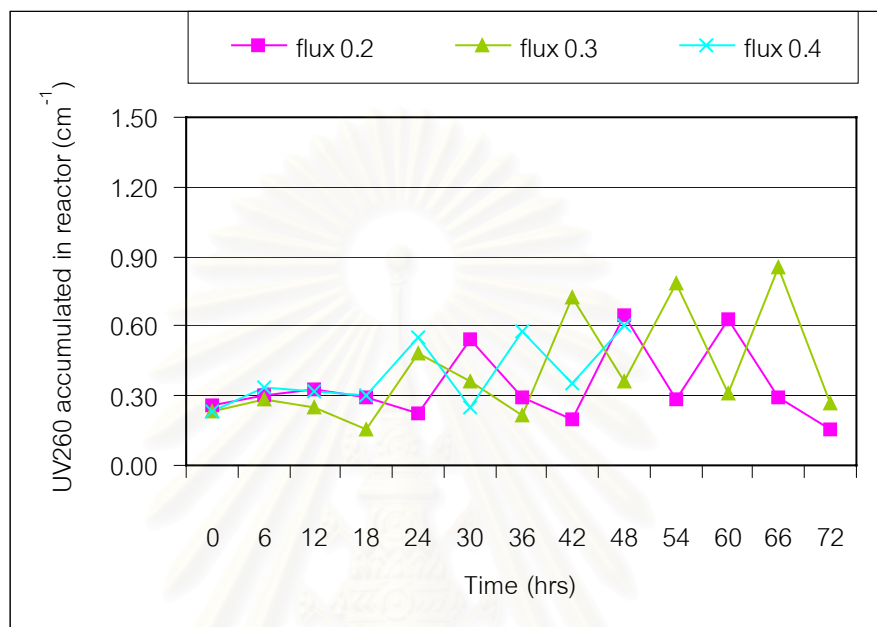
รูปที่ 4.18 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

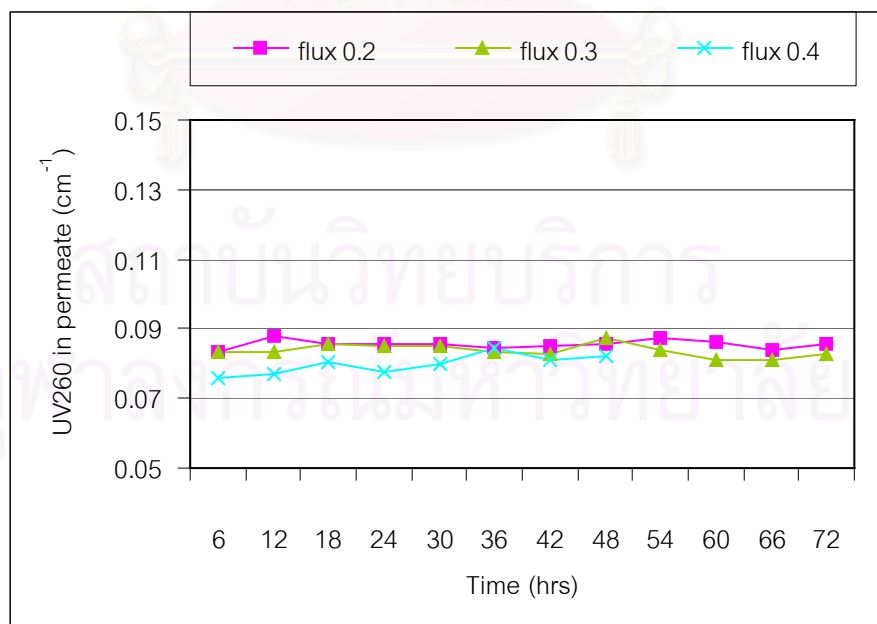
จากรูปที่ 4.18ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่าค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากเมื่อเริ่มเดินระบบในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 475.50 , 642.30 และ 491.70 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.18ข จะเห็นได้ว่าค่าสีของน้ำ permeate ที่แต่ละค่าฟลักซ์ มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่าสีของน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 7.4-9.6 TCU ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำที่สุด คือ ประมาณ 0.1-1.6 TCU และจากรูปที่ 4.18ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสีในช่วงแรกที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณเกือบ 100% และ 95-98% ตามลำดับ ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ในช่วงแรกมี %การกำจัดสียังไม่คงที่ คือ อยู่ในช่วง 85-95% แต่พอผ่านชั่วโมงที่ 42 %การกำจัดสีจึงมีค่าค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 95-98% ใกล้เคียงกับที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

UV260

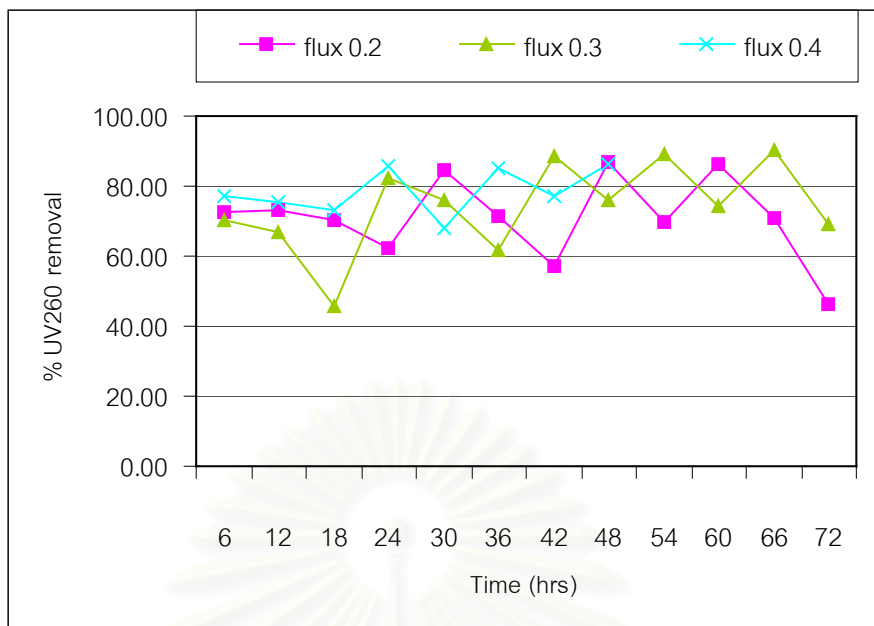
จากรูปที่ 4.19 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.19ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.19ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.19ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

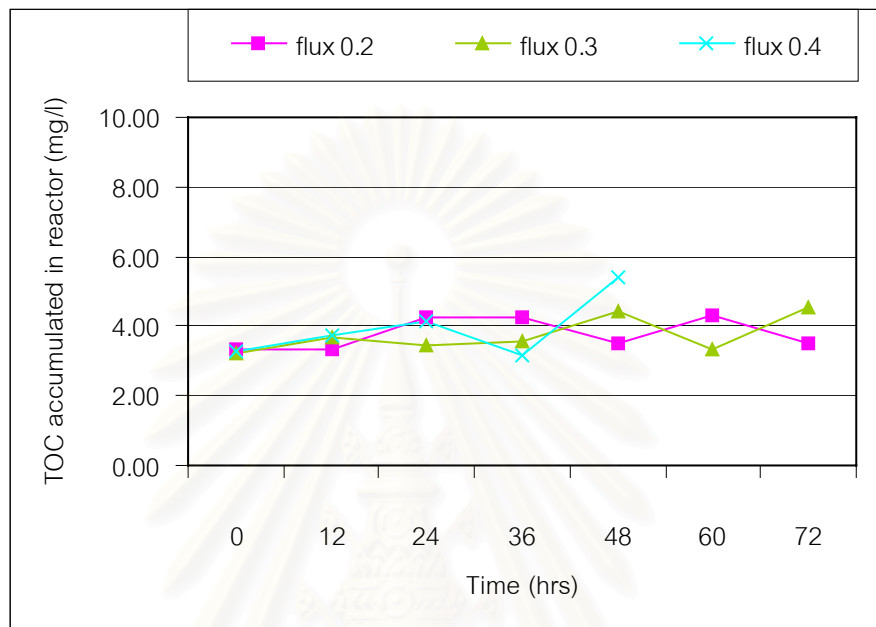
รูปที่ 4.19 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

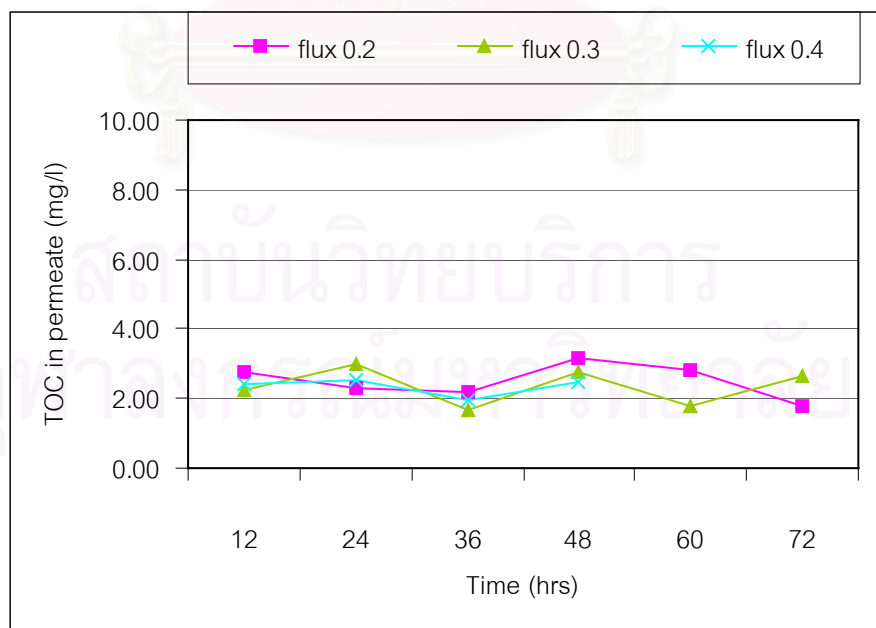
จากรูปที่ 4.19ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากเมื่อเริ่มเดินระบบในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.6428 , 0.8544 และ 0.6056 cm^{-1} ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.19ข จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.0756-0.0880 cm^{-1} และจากรูปที่ 4.19ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 สูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย คือ ประมาณ 67-85% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 45-90% โดย %การกำจัด UV260 ไม่ค่อยคงที่ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์

TOC

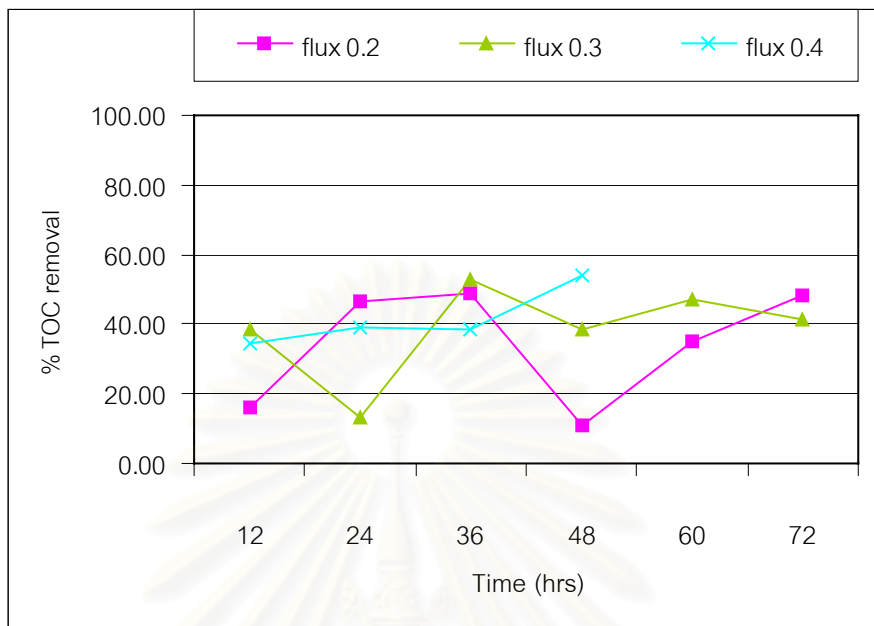
จากรูปที่ 4.20 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.20ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.20ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.20ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

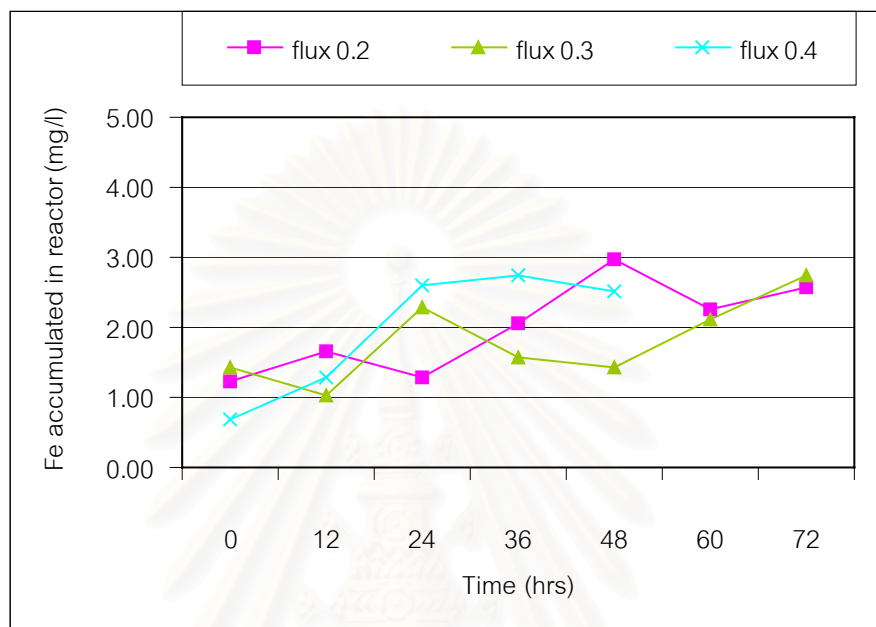
รูปที่ 4.20 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

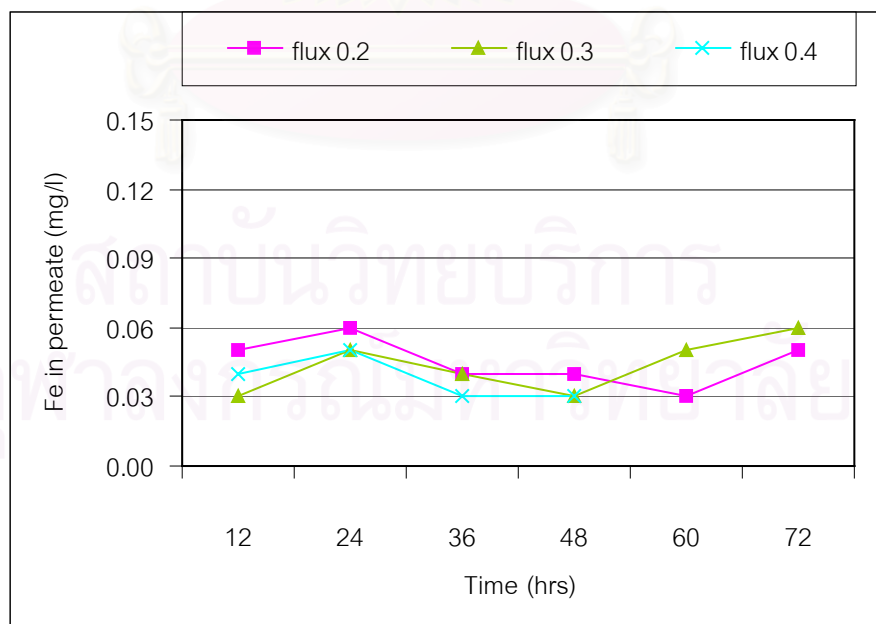
จากรูปที่ 4.20ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 3.2-4.5 mg/l ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 3.1-5.3 mg/l และเมื่อพิจารณาถึงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.20ข จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างสูงในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ เมื่อเทียบกับ ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง โดยค่า TOC ของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 1.6-3.1 mg/l และจากรูปที่ 4.20ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 10-50% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าประมาณ 34-53% ซึ่งก็ไม่ต่างไปจากที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มากนัก

เหล็ก

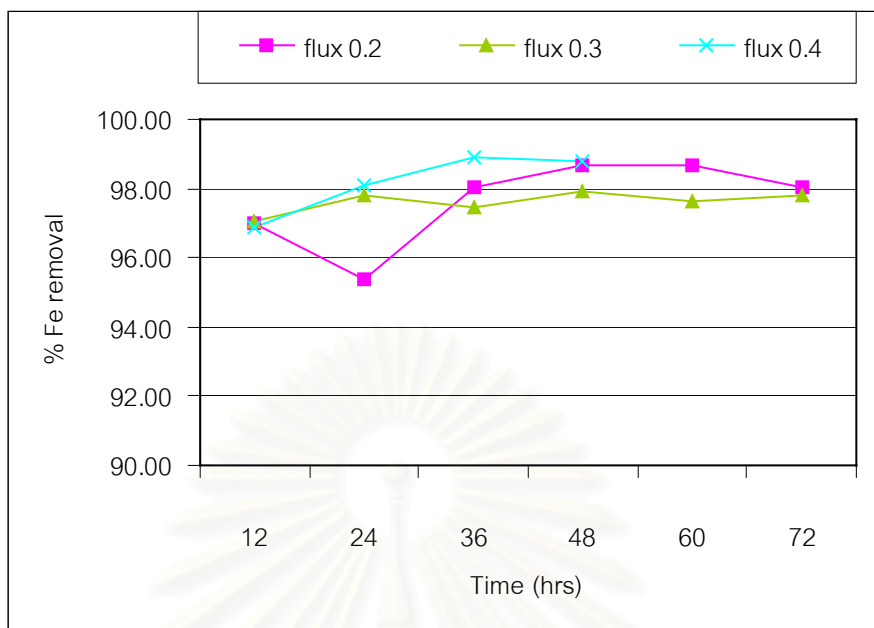
จากรูปที่ 4.21 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.21ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.21ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.21ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

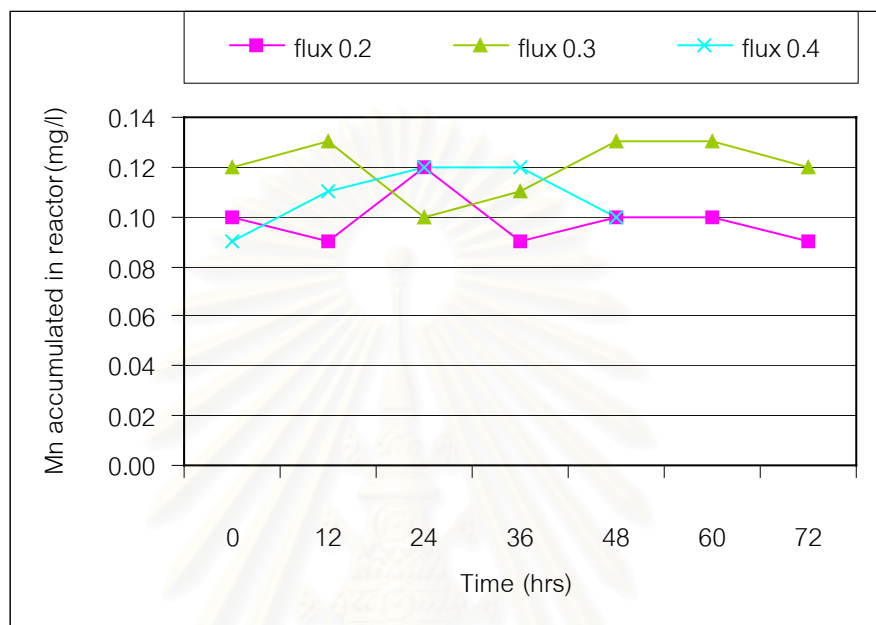
รูปที่ 4.21 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

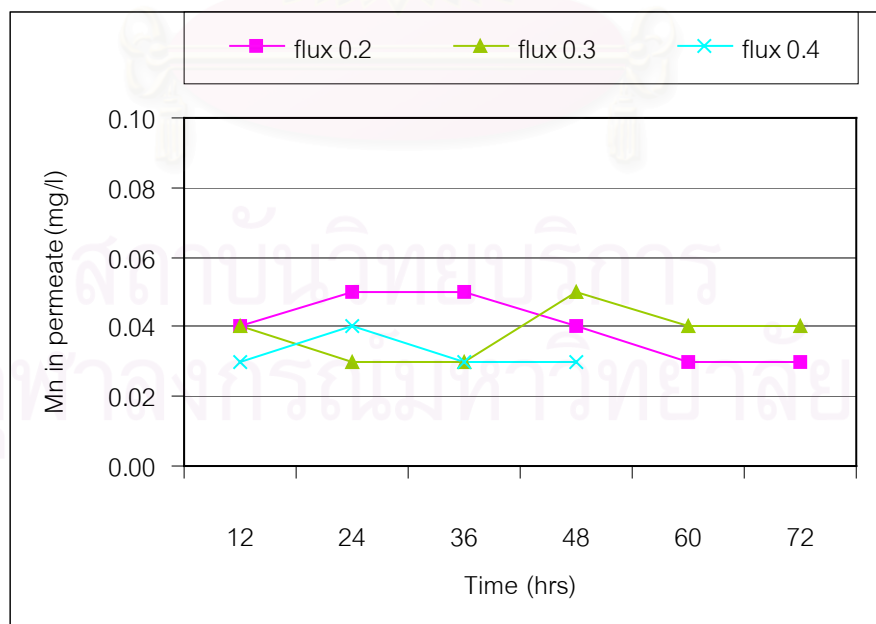
จากรูปที่ 4.21ก แสดงค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จากเมื่อเริ่มเดินระบบในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.98 , 2.75 และ 2.94 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังของทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.21ข จะเห็นได้ว่าค่าเหล็กของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.03-0.06 มก/ล และจากรูปที่ 4.21ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดเหล็กที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 95-99%

แมงกานีส

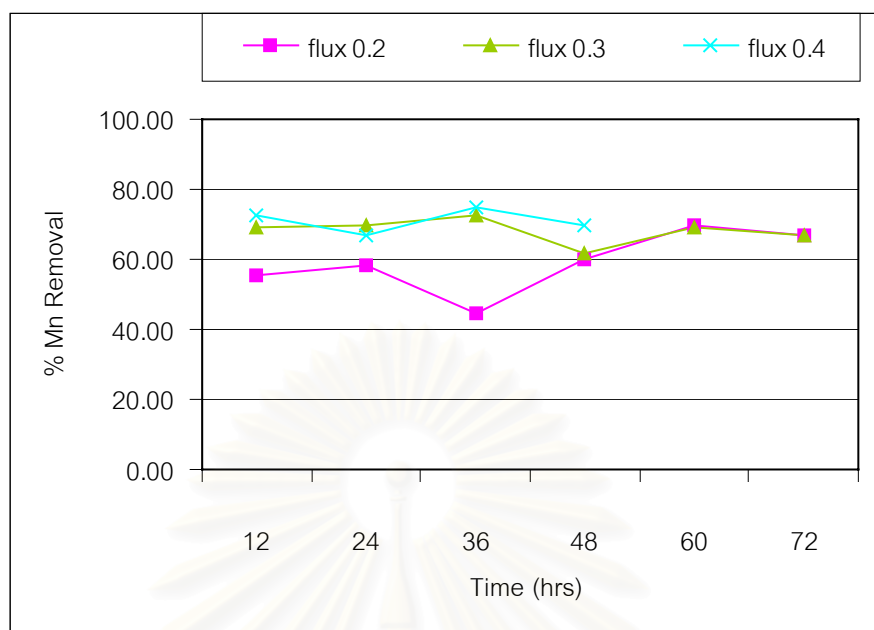
จากรูปที่ 4.22 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ



รูปที่ 4.22ก ค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.22ข ค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.22ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.22 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

จากรูปที่ 4.22ก แสดงค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าประมาณ 0.09-0.13 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ และเมื่อพิจารณาถึงค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.22ข จะเห็นได้ว่าค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.03-0.05 มก/ล และจากรูปที่ 4.22ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดแมงกานีสใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 61-75% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดแมงกานีสต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 40-66%

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่าน้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.4 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ

flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
		0.2	24	2400	N.D.
	72	750	N.D.	230	N.D.
0.3	24	2400	N.D.	930	N.D.
	72	1500	N.D.	750	N.D.
0.4	24	2100	N.D.	930	N.D.
	48	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.2.3.3 ค่าฟลักซ์ที่เลือกใช้ในการทดลองระยะยาว

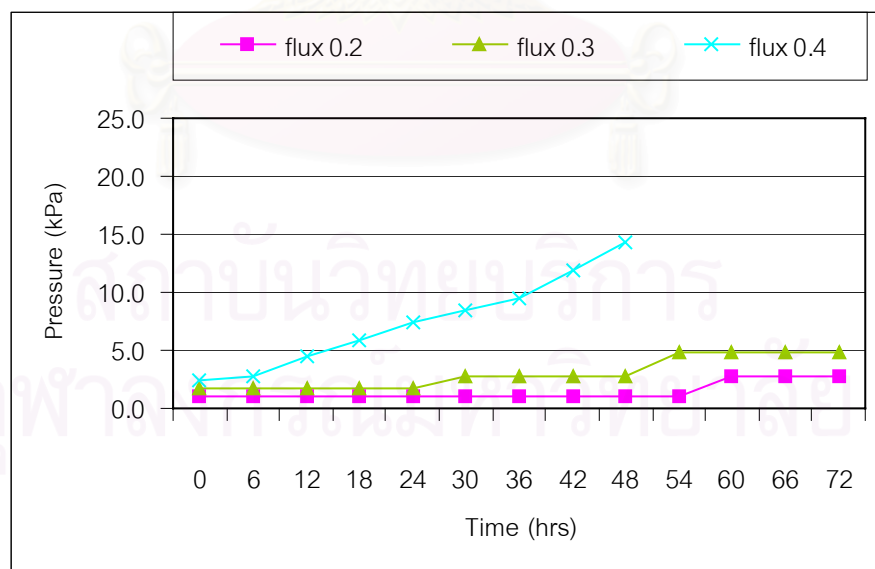
จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.2.3.1 และ 4.2.3.2 สามารถสรุปได้ว่าสำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ค่าฟลักซ์ที่จะใช้ในการทดลองระยะยาว (10 วัน) ต่อไป คือ ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดการทดลอง ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงทำให้ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ ก็พบว่า %การกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก และแมงกานีส มีค่าใกล้เคียงกันที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ แต่เมื่อพิจารณาน้ำ permeate ก็พบว่า ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาที่กำหนดไว้ คือ ความขุ่นไม่เกิน 5 NTU สีไม่เกิน 15 TCU

เหล็กไม่เกิน 0.3 มก/ล และแมงกานีสไม่เกิน 0.1 มก/ล รวมทั้งไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

4.2.4 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU)

4.2.4.1 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมื่อเริ่มเดินระบบ ความดันมีค่าคงที่ เท่ากับ 1.0 kPa จนถึงเวลา 60 ชั่วโมง ความดันจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.7 kPa และคงที่ไปตลอดการทดลอง ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย คือ เท่ากับ 4.8 kPa ในขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง และที่เวลา 48 ชั่วโมง ค่าความดันก็เพิ่มสูงถึง 14.3 kPa จึงหยุดทำการทดลอง เนื่องจากแนวโน้มของค่าความดันยังจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำการทดลองระยะยาวต่อไป หากค่าความดันของระบบมากกว่า 20-30 kPa จะทำให้การล้างเมมเบรนด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้เมมเบรนมีประสิทธิภาพเช่นเดิมได้ (Mitsubishi Rayon , 1998)



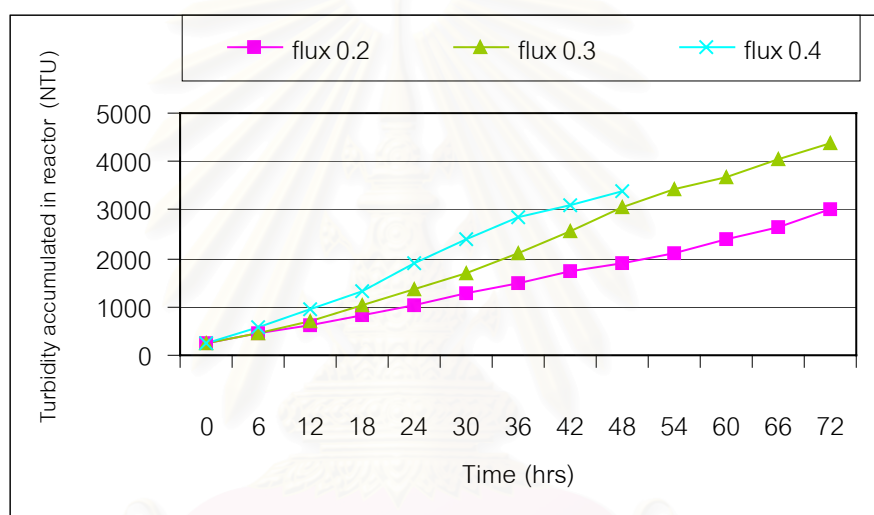
รูปที่ 4.23 การเปลี่ยนแปลงค่าความดันต่อเวลา

4.2.4.2 ผลของค่าฟลักซ์ต่อประสิทธิภาพของระบบ SMF

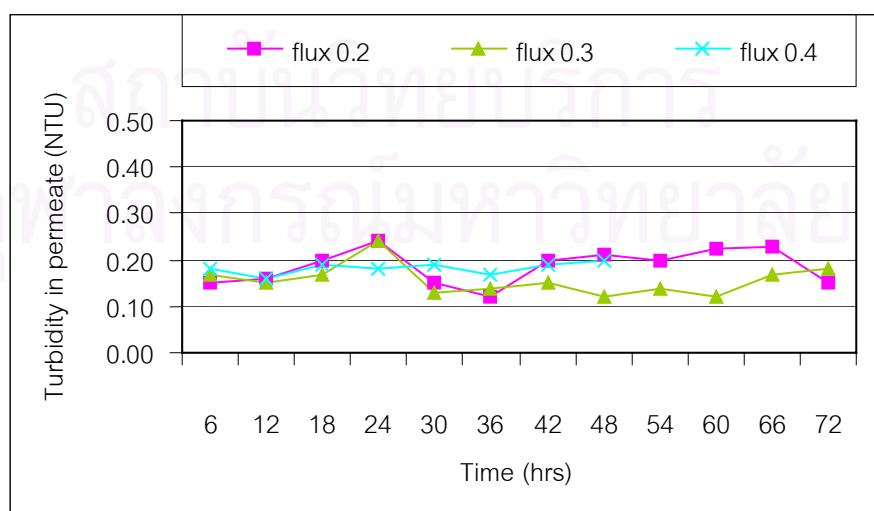
ศึกษาผลของค่าฟลักซ์ต่อการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็กแมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้งคุณภาพของน้ำที่ออกจากระบบ

ความขุ่น

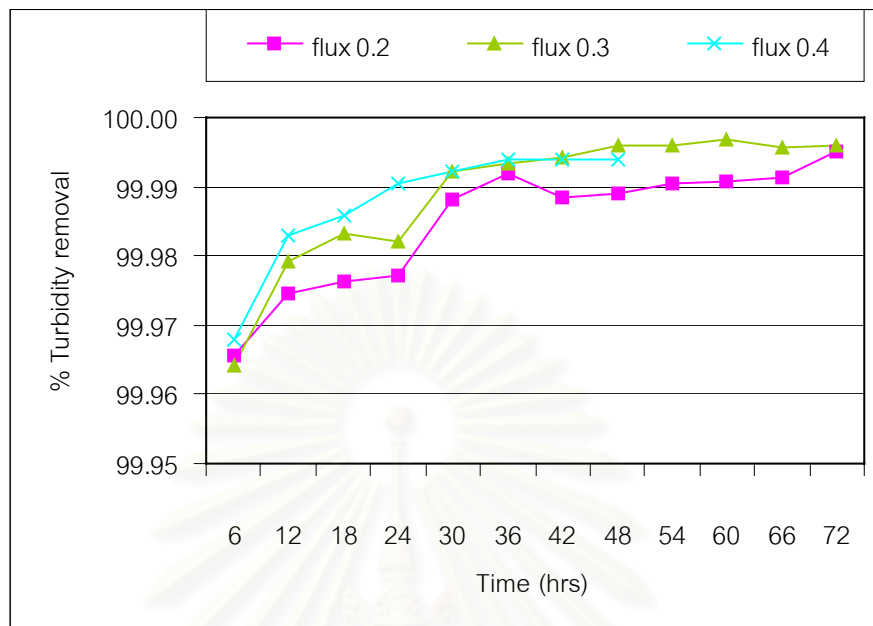
จากรูปที่ 4.24 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.24ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.24ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.24ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

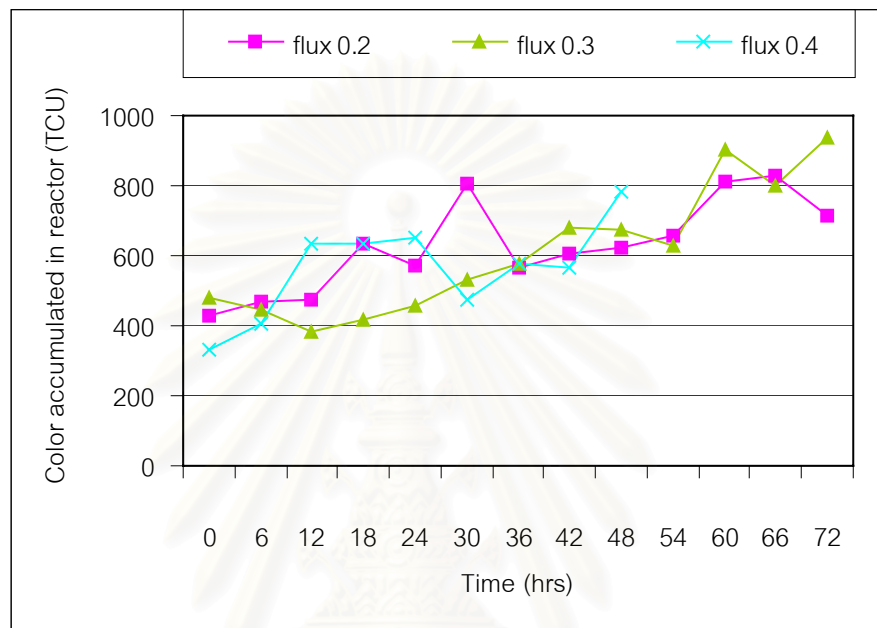
รูปที่ 4.24 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

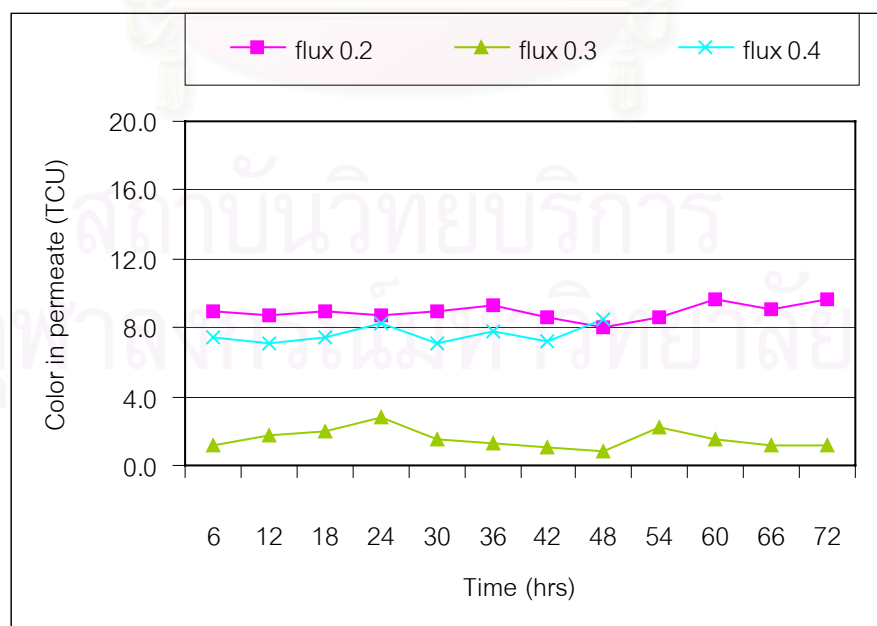
จากรูปที่ 4.23ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตลอดการทดลองที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ โดยที่เวลา 72 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3026 และ 4398 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ สำหรับที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 3371 NTU ที่เวลา 48 ชั่วโมง และยังมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 และ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ ที่เวลาเดียวกันอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.23ข ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.10-0.24 NTU จากรูปที่ 4.23ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มี %การกำจัดความขุ่นค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณเกือบ 100% ซึ่งก็หมายถึงระบบสามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

๒๗

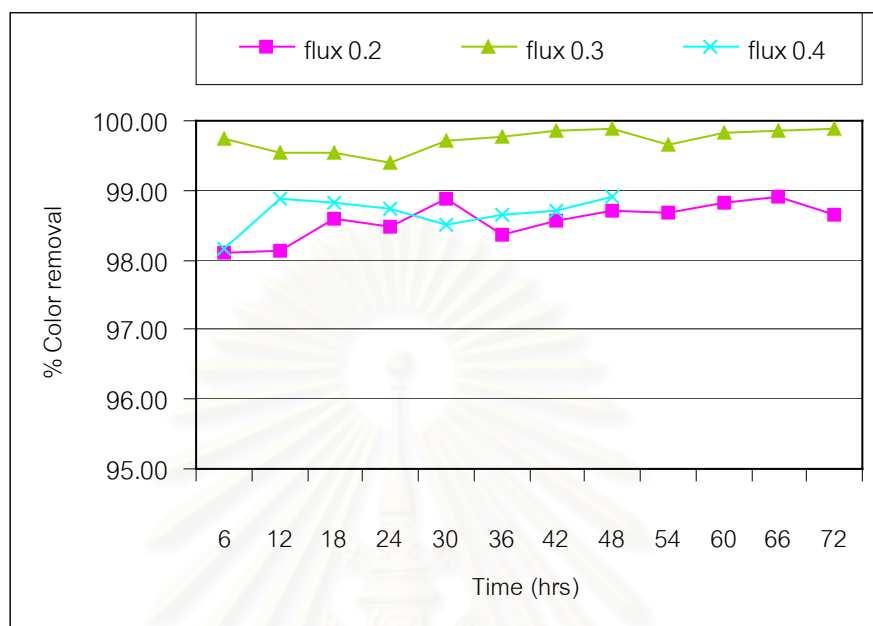
จากรูปที่ 4.25 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาด
รูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.25ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.25ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.25ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

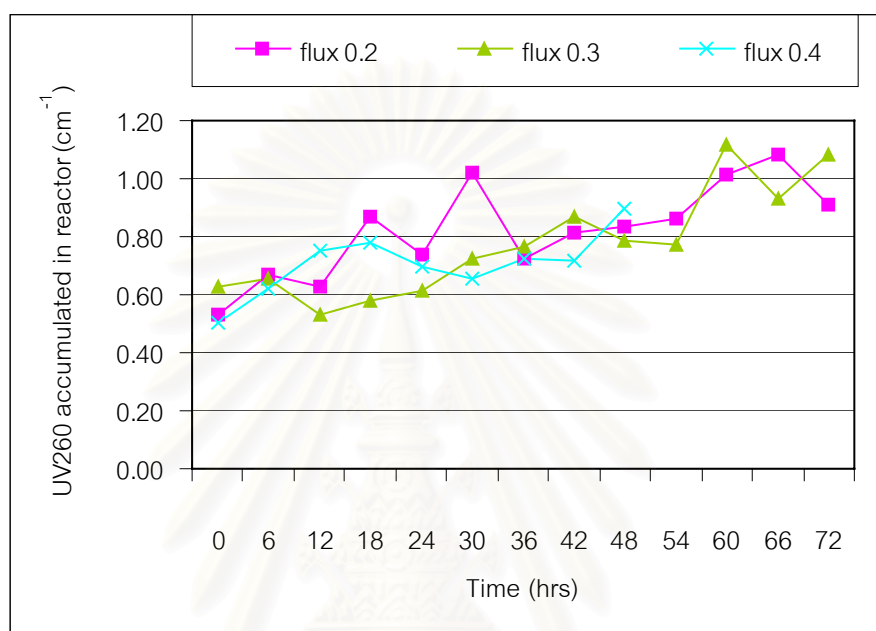
รูปที่ 4.25 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

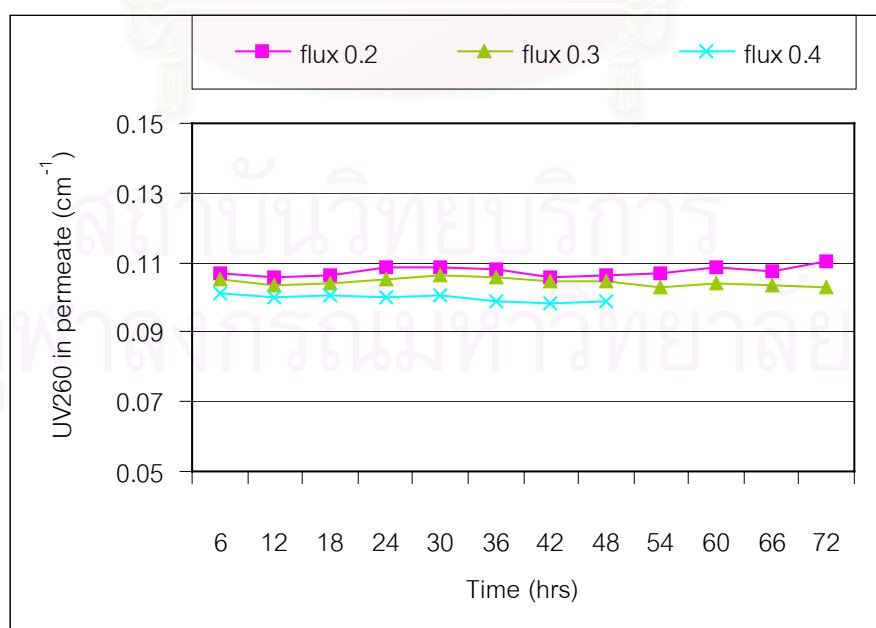
จากรูปที่ 4.25ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่าค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งค่าสีสะสมของน้ำดิบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 803.3 , 905.4 และ 404.3 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.25ข จะเห็นได้ว่าค่าสีของน้ำ permeate ที่แต่ละค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง โดยค่าสีของน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำที่สุด คือ ประมาณ 0.8-2.7 TCU ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 7.0-9.6 TCU และจากรูปที่ 4.25ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ %การกำจัดสี มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 98-เกือบ 100% โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าสูงที่สุด

UV260

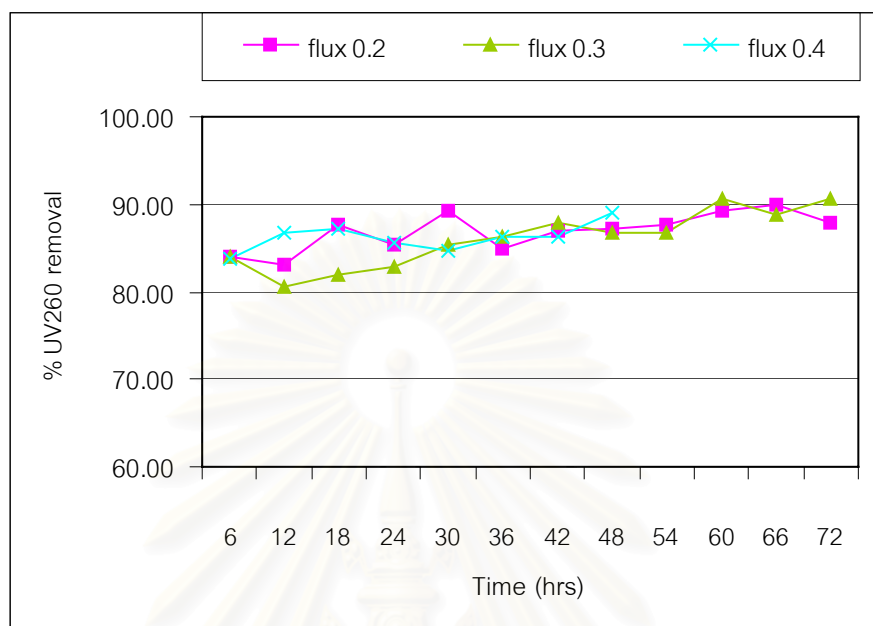
จากรูปที่ 4.26 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.26ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.26ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.26ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

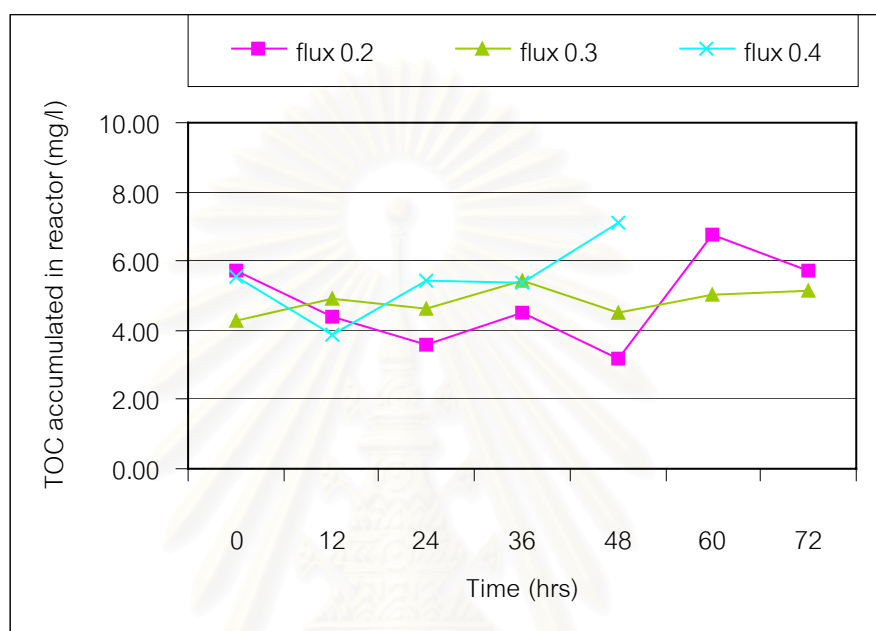
รูปที่ 4.26 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

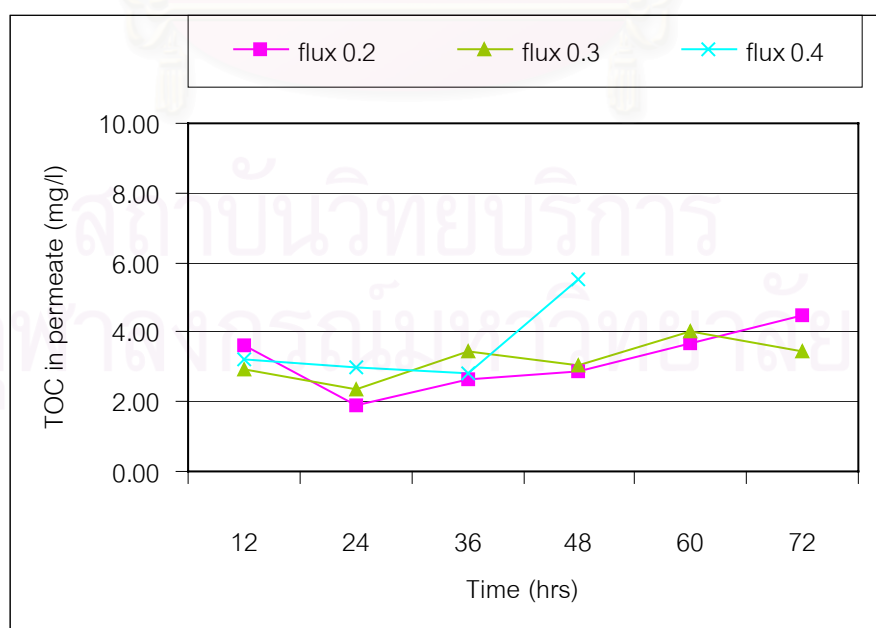
จากรูปที่ 4.26ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งค่า UV260 สะสมของน้ำดิบมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.0208 , 1.152 และ 0.6224 cm^{-1} ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.26ข จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่แต่ละค่าฟลักซ์ มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยค่า UV260 ของน้ำ permeate ที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.10 cm^{-1} และจากรูปที่ 4.26ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด UV260 มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 80-90%

TOC

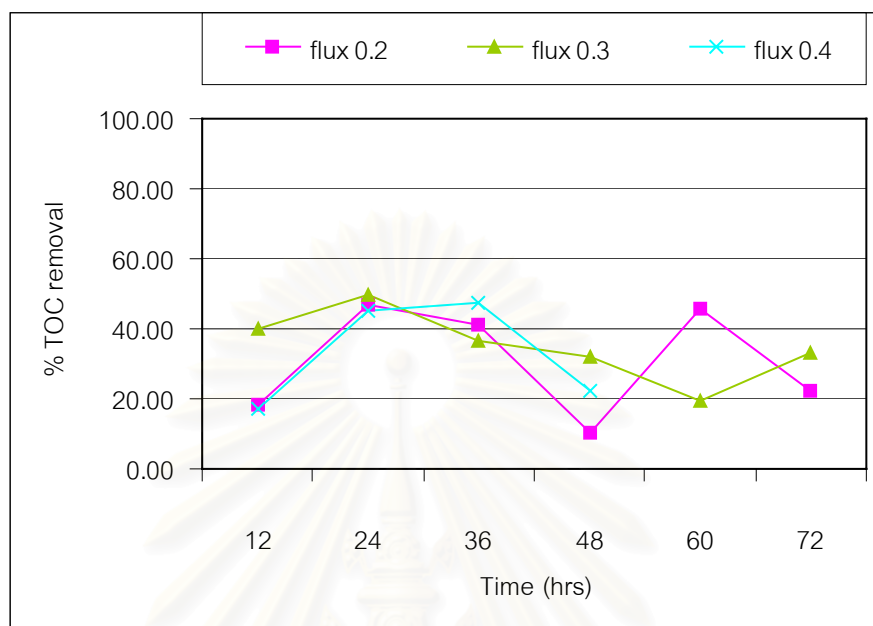
จากรูปที่ 4.27 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.27ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.27ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.27ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

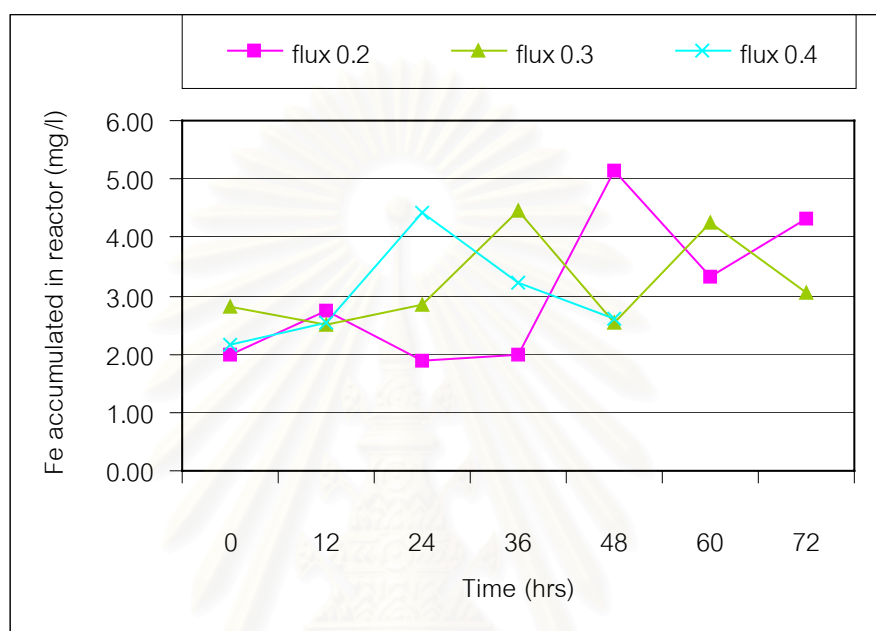
รูปที่ 4.27 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

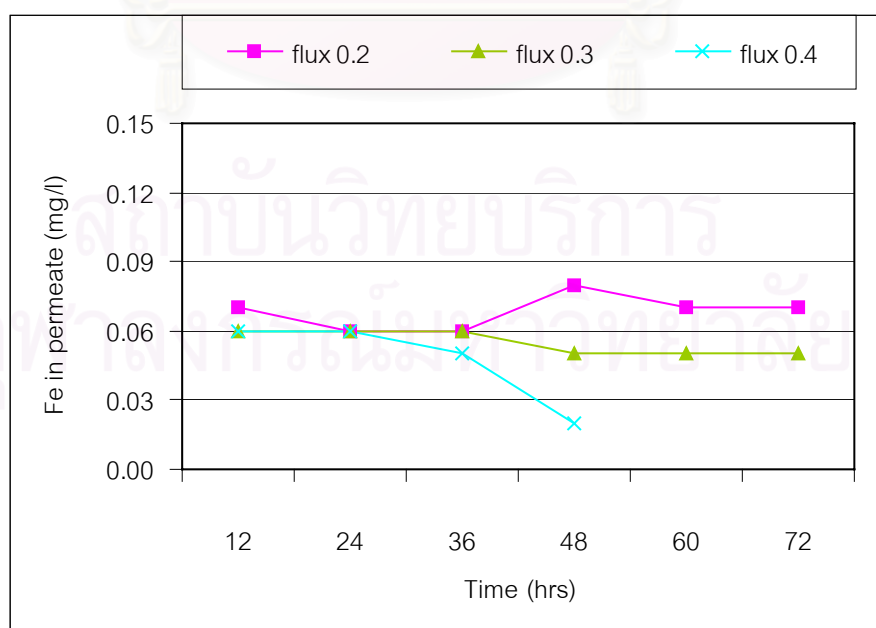
จากรูปที่ 4.27ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.1-6.7 , 4.2-5.4 และ 3.8-7.1 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาถึงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.27ข จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างสูงในทุก ๆ ค่าฟลักซ์ เมื่อเทียบกับ ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่า TOC ของน้ำ permeate ประมาณ 1.9-4.4 มก/ล ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าประมาณ 2.8-5.5 มก/ล ซึ่งทั้ง 3 ค่าฟลักซ์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และจากรูปที่ 4.27ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดค่า TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 10-50%

เหล็ก

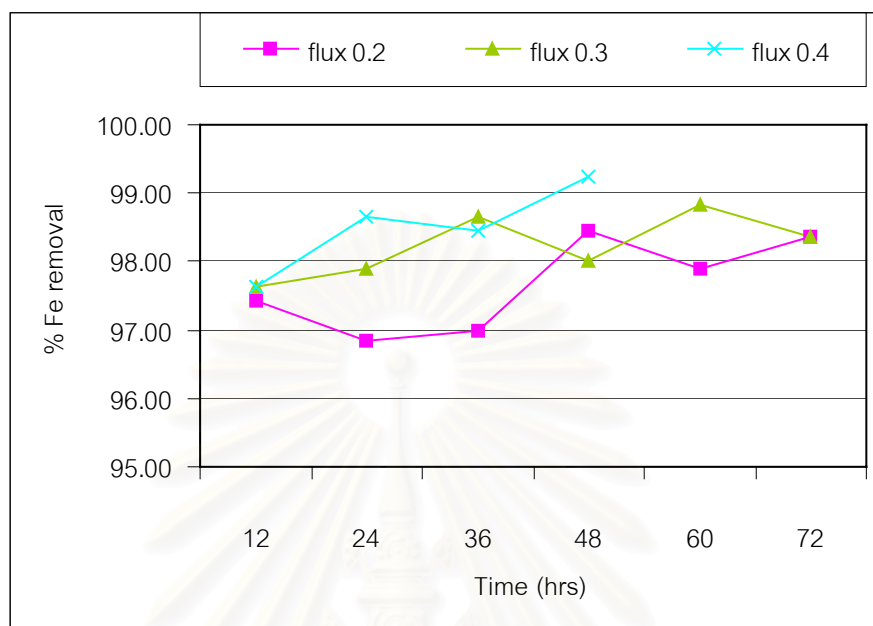
จากรูปที่ 4.28 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.28ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.28ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.28ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

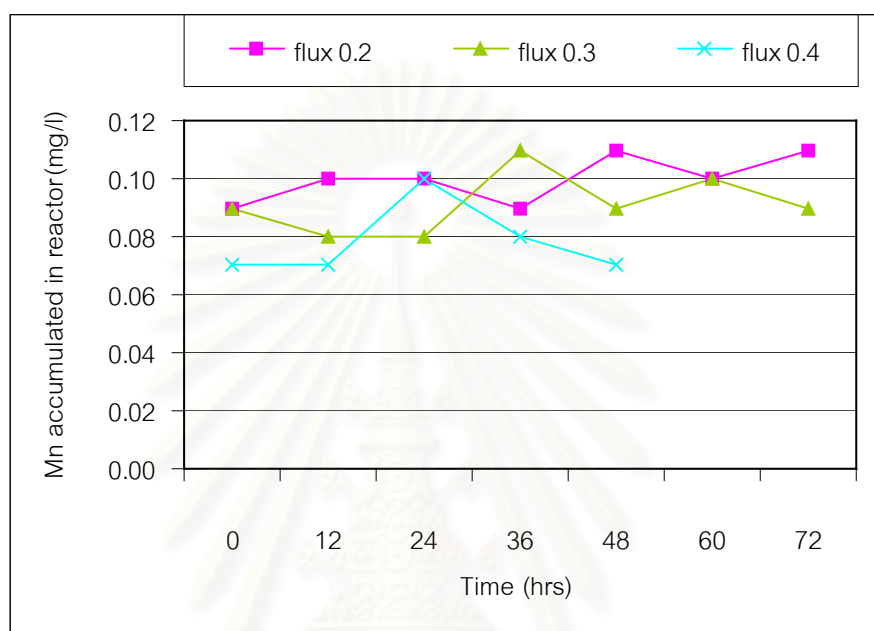
รูปที่ 4.28 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

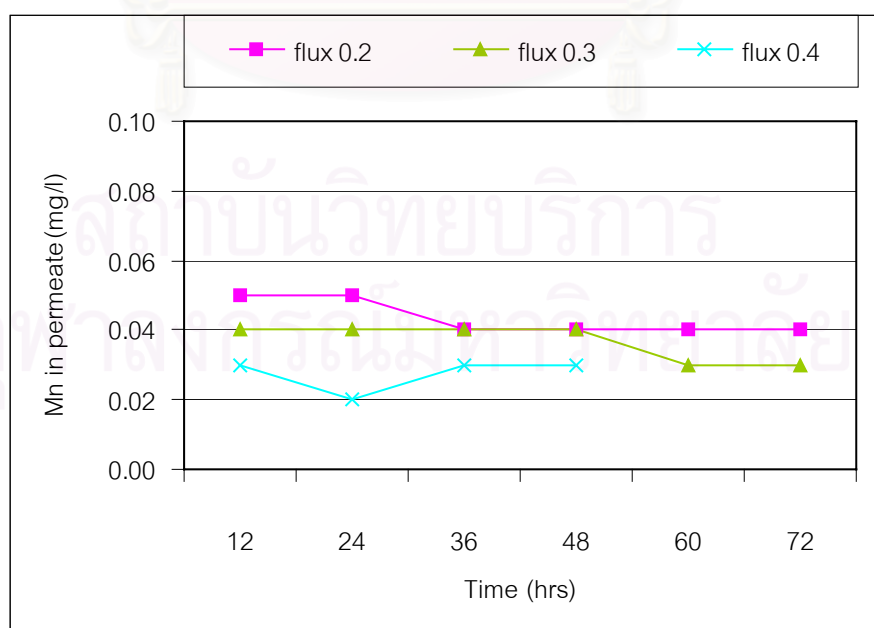
จากรูปที่ 4.28ก แสดงค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.13 , 4.45 และ 4.42 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาถึงค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.28ข จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าเหล็กของน้ำ permeate ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.05-0.08 มก/ล ส่วนที่ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 0.02-0.06 มก/ล ซึ่งค่าเหล็กของน้ำออกดังกล่าว ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.3 มก/ล อีกด้วย และจากรูปที่ 4.28ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดค่า TOC มีค่าค่อนข้างสูงและใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 , 0.3 และ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 97-99%

แมงกานีส

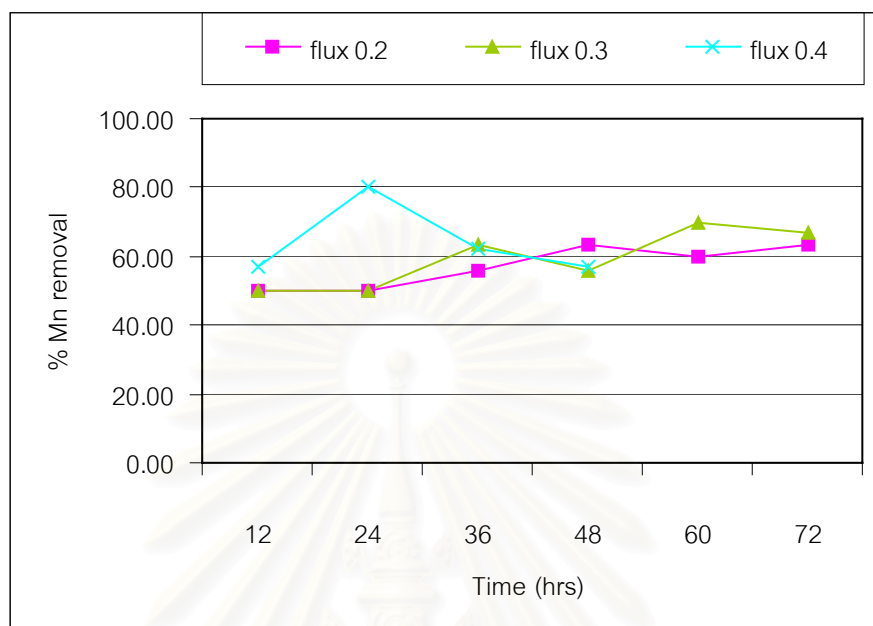
จากรูปที่ 4.29 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.29ก ค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.29ข ค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.29ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.29 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าแมงกานีส

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

จากรูปที่ 4.29ก แสดงค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา ซึ่งค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.11 , 0.11 และ 0.10 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 72 ชั่วโมง และที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่เวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ มีค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาถึงค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.29ข จะเห็นได้ว่าค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ที่ทั้ง 4 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.02-0.05 มก/ล ซึ่งค่าแมงกานีสของน้ำออกดังกล่าว ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.1 มก/ล อีกด้วย และจากรูปที่ 4.9ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา จะเห็นได้ว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดแมงกานีส ประมาณ 50-70% ส่วนที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัดแมงกานีสใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 50-70%

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 , 0.2 , 0.3 และ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่าน้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุก ๆ ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.5 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
		0.2	24	2400	N.D.
	72	930	N.D.	430	N.D.
0.3	24	2400	N.D.	2400	N.D.
	72	1200	N.D.	750	N.D.
0.4	24	430	N.D.	430	N.D.
	48	930	N.D.	210	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.2.4.3 ค่าฟลักซ์ที่เลือกใช้ในการทดลองระยะยาว

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.2.4.1 และ 4.2.4.2 สรุปได้ว่า สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 μm และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) ค่าฟลักซ์ที่จะใช้ในการทดลองระยะยาว (10 วัน) คือ ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จึงทำให้ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการทดลองระยะยาวต่อไป และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ ก็พบว่า %การกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC และเหล็ก และแมงกานีส มีค่าใกล้เคียงกันที่ทั้ง 3 ค่าฟลักซ์ แต่เมื่อพิจารณาน้ำ permeate ก็พบว่า ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาที่กำหนดไว้ คือ ความขุ่นไม่เกิน 5 NTU สีไม่เกิน 15 TCU เหล็กไม่เกิน 0.3 มก/ล และแมงกานีสไม่เกิน 0.1 มก/ล รวมทั้งไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

4.3 การเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

จากการศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ จะได้ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงลำดับขั้นตอนในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

ตารางที่ 4.6 ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

การทดลองที่	ลักษณะของน้ำดิบ	ขนาดรูกรองของ เมมเบรน (μm)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
1	ความขุ่นต่ำ (60-90 NTU)	0.1	ก1 = 0.2
2		0.1	ก2 = 0.3
3		0.4	ค1 = 0.2
4		0.4	ค2 = 0.3
5	ความขุ่นสูง (230-260 NTU)	0.1	ข1 = 0.2
6 [@]		0.1	ข2 = 0.3
7		0.4	ง1 = 0.2
8 [@]		0.4	ง2 = 0.3

[@] ไม่ได้ทำการทดลอง เนื่องจากเมื่อทำการทดลองที่ 6 และ 8 ซึ่งใช้ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ แล้วพบว่า ค่าความดันของระบบมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนั้นหากใช้ค่าฟลักซ์ที่ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ค่าความดันน่าจะเกินช่วงที่กำหนดไว้ การเดินระบบระยะยาว (10 วัน) จึงเหลือเพียง 6 การทดลอง เท่านั้น

การเดินระบบระยะยาว (10 วัน) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยในการเดินระบบที่มีผลต่อการทำงานของกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน ได้แก่ ขนาดรูกรองของเมมเบรน ค่าฟลักซ์ และคุณสมบัติของน้ำดิบ

4.3.1 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรน

ศึกษาถึงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรน 2 ขนาด คือ 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ที่มีต่อค่าความดันและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก แมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย โดยแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

- 1) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
- 2) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
- 3) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

4.3.1.1 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.30 แสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง เนื่องจากเกิดการสะสมของอนุภาคหรือคอลลอยด์บนผิวหน้าของเมมเบรน ที่เรียกว่า เคก (cake) ซึ่งในช่วงแรกขนาดรูกรองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน เนื่องจากการสะสมของอนุภาคยังมีไม่มากนัก และเมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 36 เมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ทั้งนี้เนื่องจากเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ ซึ่งมีขนาดรูกรองที่เล็กกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ จึงทำให้เกิด cake layer ได้ง่ายและเร็วกว่า ทำให้ค่าความดันเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าไปตลอดการทดลอง โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 7.5 และ 6.5 kPa ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ตามลำดับจากสมการที่ 4.1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ฟลักซ์ของน้ำ permeate ผลต่างความดันที่ผิวหน้าของเมมเบรน ความหนืดของน้ำ และความต้านทานรวม

$$\text{จาก} \quad J_v = \frac{\Delta P}{\mu_v R_t} \quad (4.1)$$

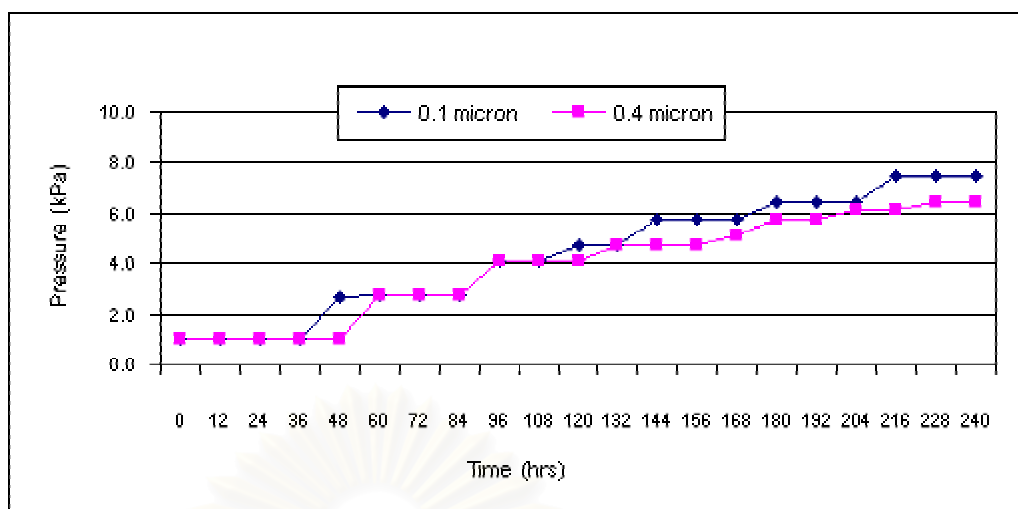
$$\text{เมื่อ} \quad J_v = \text{ค่าฟลักซ์ของน้ำ permeate (m}^3/\text{m}^2\text{.s)}$$

$$\Delta P = \text{ผลต่างความดันที่ผิวหน้าของเมมเบรน (Pa)}$$

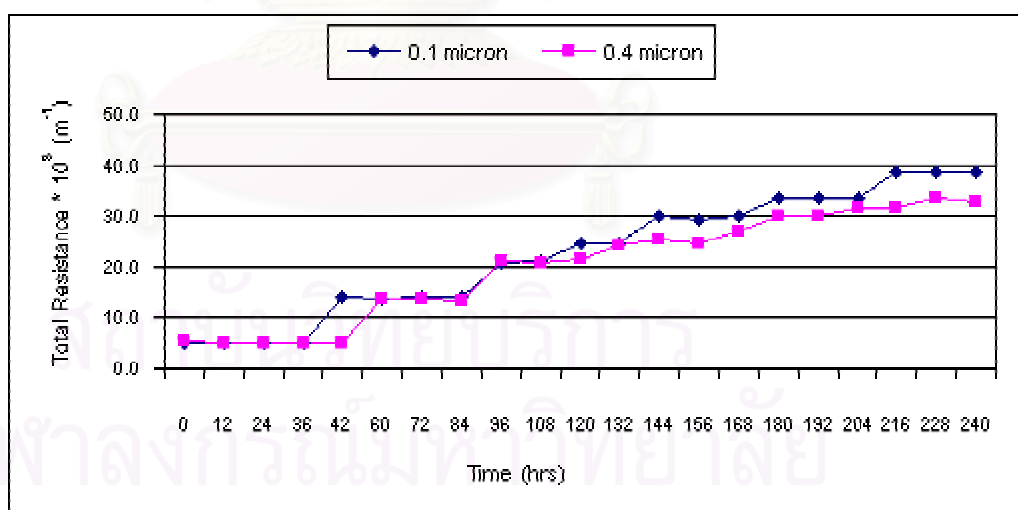
$$\mu_v = \text{ความหนืดของน้ำ (Pa.s)}$$

$$R_t = \text{ความต้านทานรวม (m}^{-1}\text{)}$$

$$\text{จะได้ว่า} \quad \Delta P = J_v \mu_v R_t$$



รูปที่ 4.30 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



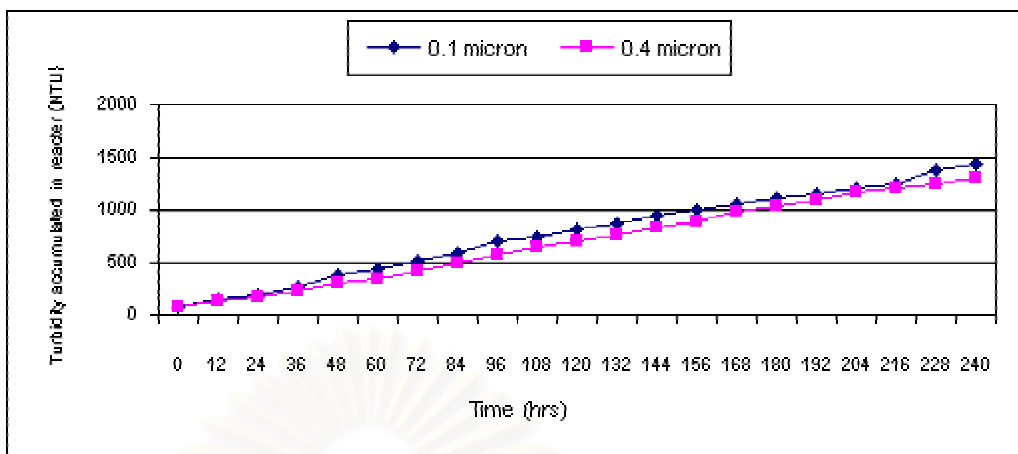
รูปที่ 4.31 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

$$\therefore \Delta P \propto R_t \quad (4.2)$$

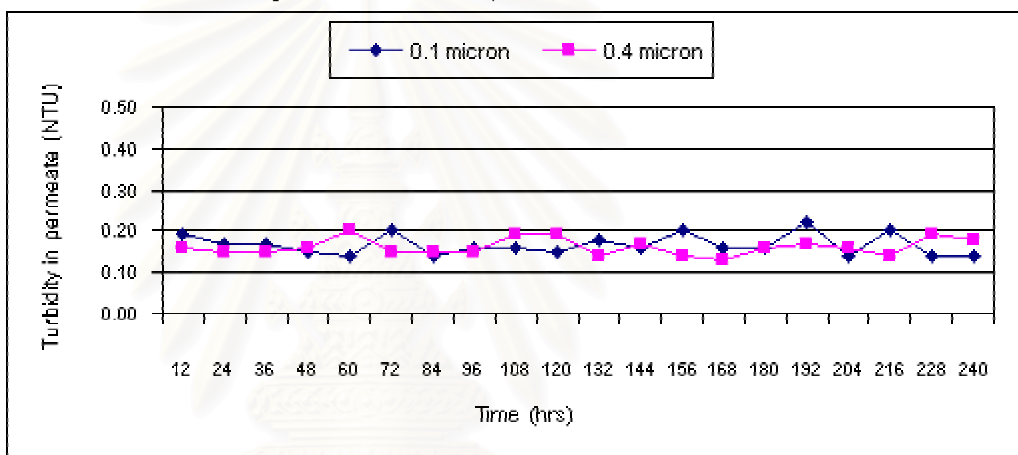
จากสมการที่ 4.2 เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.31 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่า ค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ $38.7 \cdot 10^8$ และ $32.8 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น

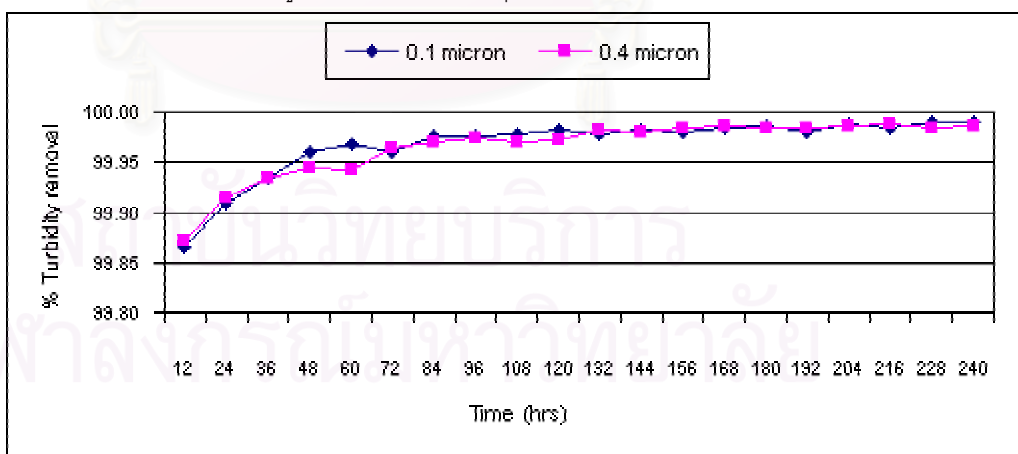
จากรูปที่ 4.32ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง และค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ เนื่องจากการใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ในช่วงความขุ่นต่ำ และที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นเดียวกัน โดยมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 83-1431 และ 71-1306 NTU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.32ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ คือ ประมาณ 0.13-0.22 NTU จากรูปที่ 4.32ค ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดความขุ่น มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ คือ ประมาณเกือบ 100% โดยจะเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อย คือ สามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ไม่ว่าที่ระยะเวลาใด ทั้งนี้เนื่องจากความขุ่นของน้ำเกิดจากอนุภาคแขวนลอยนานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ขนาด $0.05\text{-}10 \mu\text{m}$ (Vigneswaran S. , 1991) อนุภาคส่วนใหญ่ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูกรองของเมมเบรน (0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$) จะถูกกำจัดโดยติดค้างที่ผิวหน้าของเมมเบรน ส่วนที่ขนาดเล็กกว่ารูกรองของเมมเบรน จะถูกกำจัดโดยการติดค้างในช่องว่างของเมมเบรน หรือ cake layer ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเมมเบรน จึงทำให้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันนั้นสามารถกำจัดความขุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยกลไกการกักอนุภาคแบบคัดขนาด (Sieve Mechanism) ในเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง เนื่องจากความแตกต่างของขนาดรูกรองไม่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นของเมมเบรน



รูปที่ 4.32ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.32ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.32ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

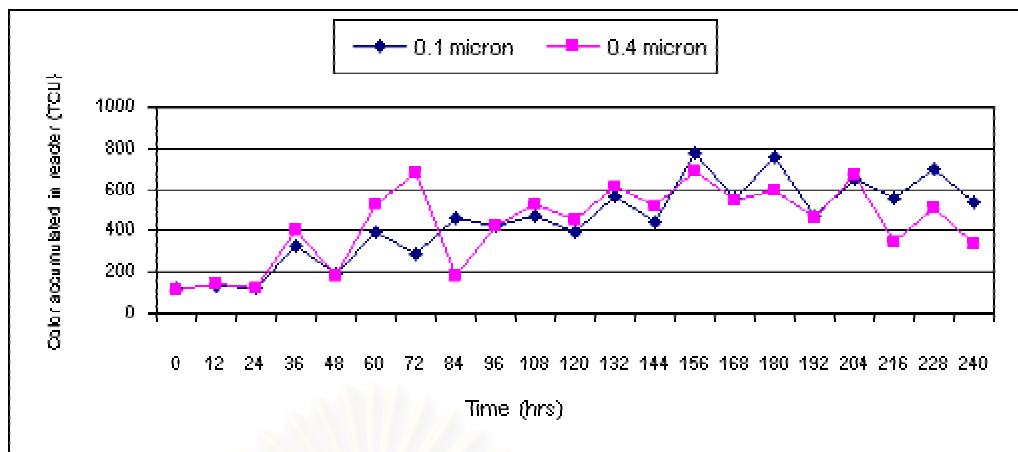
รูปที่ 4.32 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี

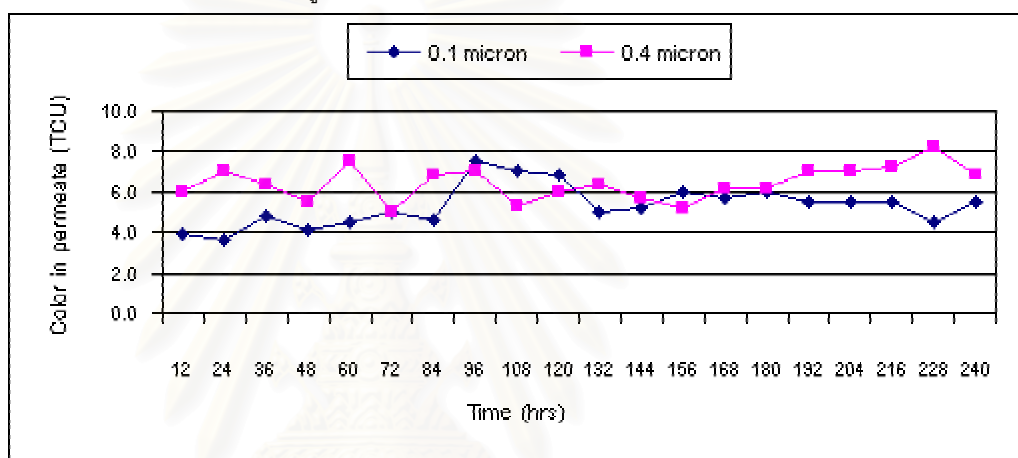
จากรูปที่ 4.33ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ช่วงความขุ่นต่ำ และที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นกัน โดยมีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 127-777 และ 119-778 TCU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.33ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 3.6-7.5 และ 5.1-8.2 TCU ตามลำดับ โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่าสีของน้ำ permeate ต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.33ค ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสี มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 94-99% โดยในช่วงแรก %การกำจัดสีของเมมเบรนขนาด 0.4 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบจนมีค่าใกล้เคียงกับที่เมมเบรนขนาด 0.1 μm เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 96 ไป เหตุที่สีถูกกำจัดได้มากกว่า 94% ทั้งที่หากเป็นสีจริง โมเลกุลจะเล็กกว่าขนาดรูกรองของเมมเบรน แต่ในที่นี้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันสามารถกำจัดสีได้สูงมาก สาเหตุน่าจะมาจากการอุดตันของสีที่ cake layer ของเมมเบรนและกับความขุ่นที่สะสมในถัง ขนาดรูกรองของเมมเบรน 0.1 และ 0.4 μm ให้ผลต่อการกำจัดสีไม่แตกต่างกัน

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260

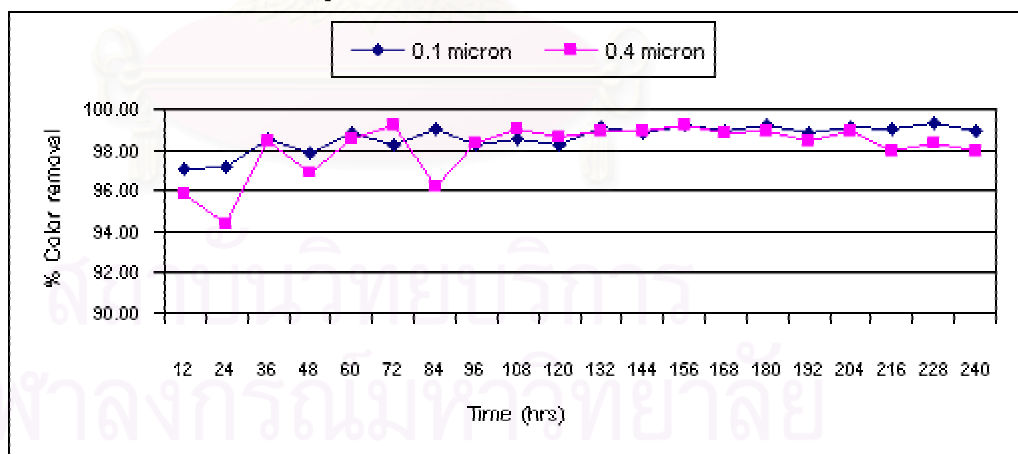
จากรูปที่ 4.34ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากการใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ในช่วงความขุ่นต่ำและที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นกัน โดยมีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 0.24-1.00 และ 0.25-0.90 cm^{-1} ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.34ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.0935-0.0997 และ 0.1011-0.1068 cm^{-1} โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.34ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้



รูปที่ 4.33ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

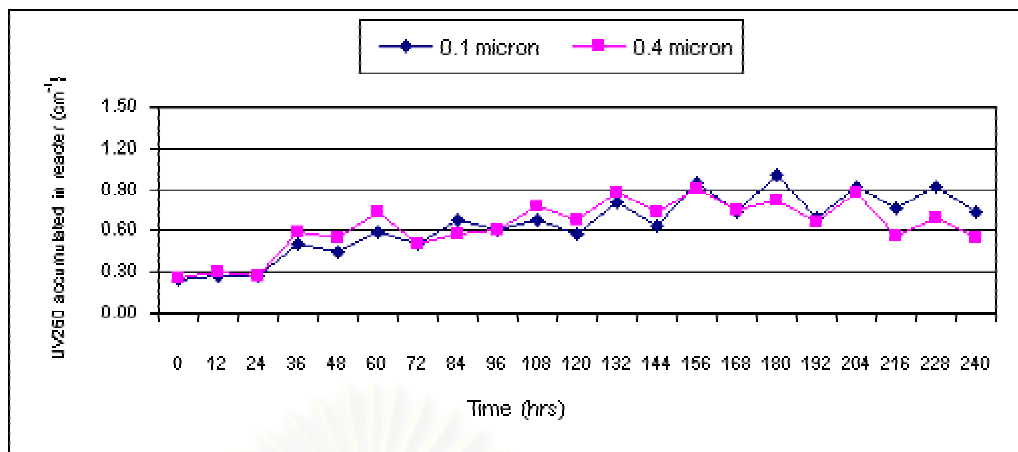


รูปที่ 4.33ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา

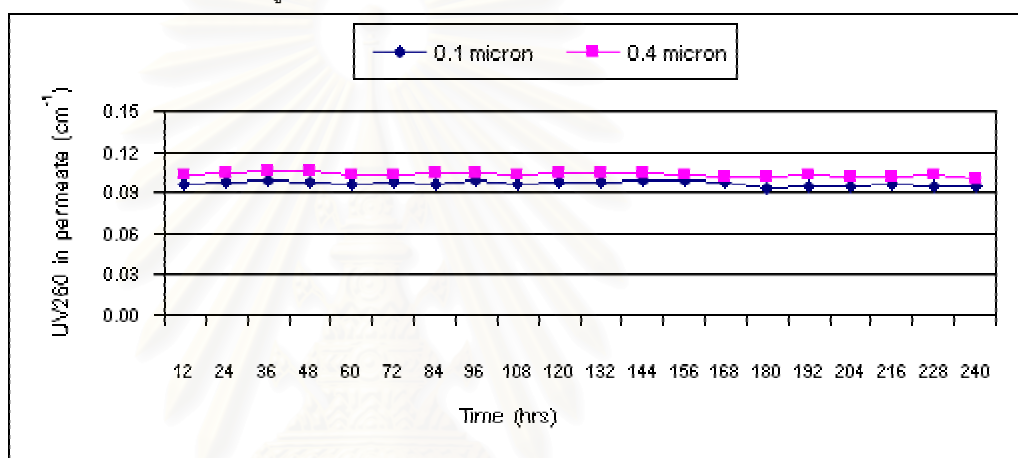


รูปที่ 4.33ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

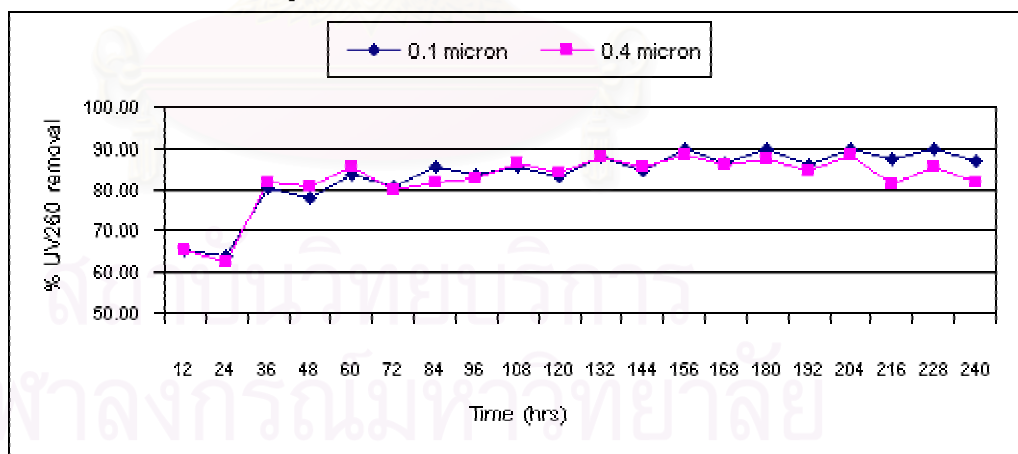
รูปที่ 4.33 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.34ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.34ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



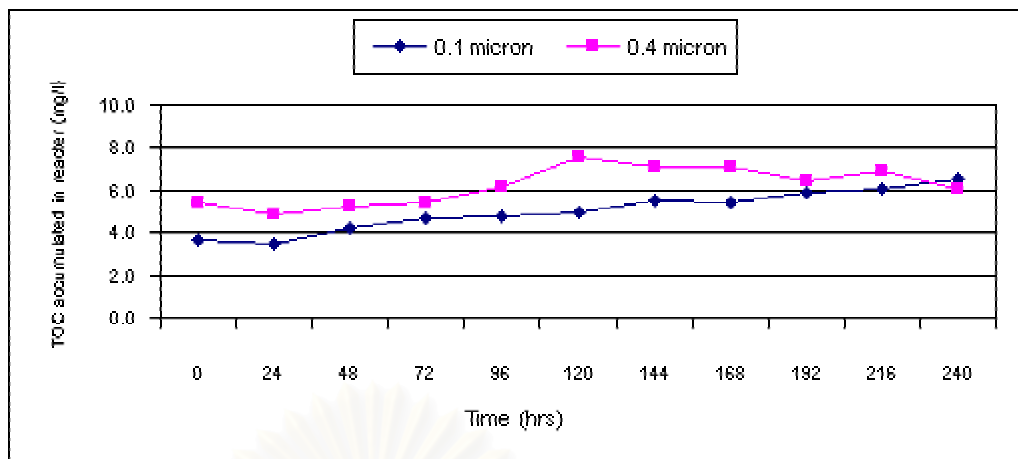
รูปที่ 4.34ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.34 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

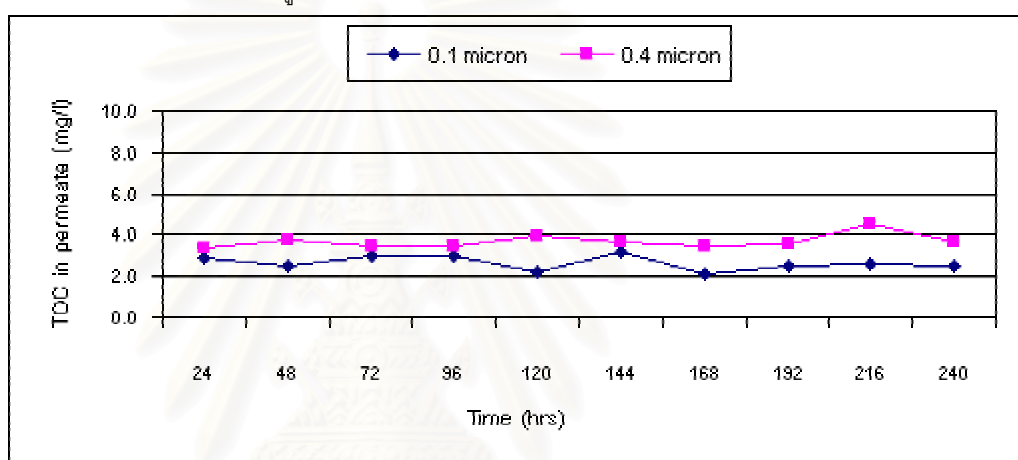
ว่า %การกำจัด UV260 มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 62-90% โดยในช่วงแรก %การกำจัด UV260 ของทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 62-65% และจะเพิ่มขึ้นเป็น 80-90% เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 ไปตลอดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจาก UV260 เป็นตัวแทนปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าขนาดรูกรองของเมมเบรนทั้งขนาด 0.1 และ 0.4 μm ทำให้ในช่วงแรก %การกำจัด UV260 จึงค่อนข้างต่ำ เมื่อเดินระบบไประยะหนึ่ง จะเกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรนซึ่ง cake layer นี้เอง มีส่วนช่วยในการดูดซับสารอินทรีย์ธรรมชาติเหล่านั้น ทำให้ %การกำจัด UV260 มีค่าเพิ่มขึ้น

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC

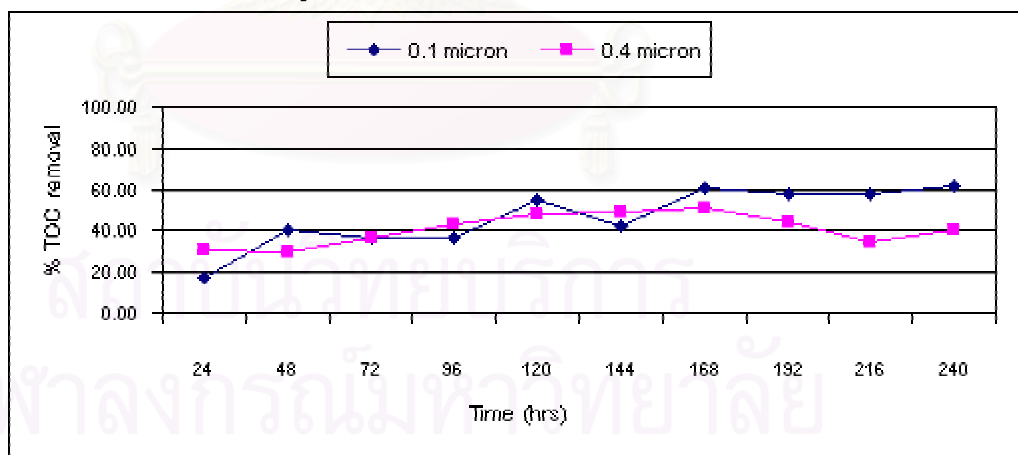
จากรูปที่ 4.35ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ในช่วงความขุ่นต่ำและที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นกัน โดยมีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 3.4-6.5 และ 4.8-7.5 mg/l ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.35ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 2.1-3.1 และ 3.3-4.5 mg/l โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.35ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 16-61% และ 29-51% ตามลำดับ โดยในช่วงแรก %การกำจัด TOC ของเมมเบรนทั้ง 2 ขนาด มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 168 เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มี %การกำจัด TOC สูงกว่าเมมเบรนขนาด 0.4 μm เหตุที่ TOC ถูกกำจัดได้มาก ทั้งที่ TOC คือปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ รวมถึงโมเลกุลที่อาจมีขนาดเล็กมากจนสามารถไหลผ่านเมมเบรน อีกทั้งยังสามารถละลายน้ำได้ แต่ในที่นี้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันสามารถกำจัดได้มากถึง 60% น่าจะมีสาเหตุมาจากการดูดติดของ TOC ที่ cake layer ของเมมเบรน สำหรับเมมเบรนขนาดช่องว่าง 0.1 μm cake layer ที่เกิดขึ้นมีส่วนช่วยในการกำจัด TOC มากกว่าที่เมมเบรนขนาดช่องว่าง 0.4 μm เมื่อผ่านเวลา 168 ชั่วโมงไป



รูปที่ 4.35ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.35ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา

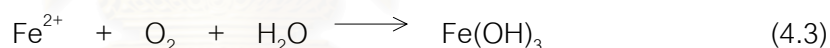


รูปที่ 4.35ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.35 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก

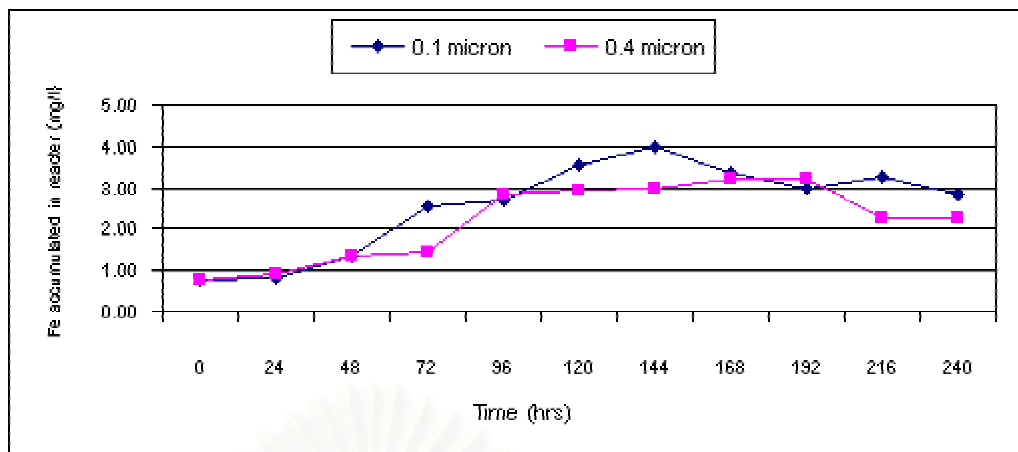
จากรูปที่ 4.36ก แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากการใช้ น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ในช่วงความขุ่นต่ำและที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นกัน โดยมีค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 0.76-4.00 และ 0.75-3.21 mg/l ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.36ข แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.03-0.05 mg/l จากรูปที่ 4.36ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ชั่วโมงที่ 24 %การกำจัดเหล็กของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่า 93.80% และเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 98-99% เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 48 ไปตลอดการทดลอง ส่วนเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มี %การกำจัดเหล็กประมาณ 96-99% ตลอดการทดลอง เหตุที่เหล็กถูกกำจัดได้ค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากการเป่าอากาศทางด้านล่างของถัง ทำให้เหล็กเฟรัส (Fe^{2+}) ซึ่งละลายในน้ำกลายเป็นเหล็กเฟอริก (Fe^{3+}) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 4.3



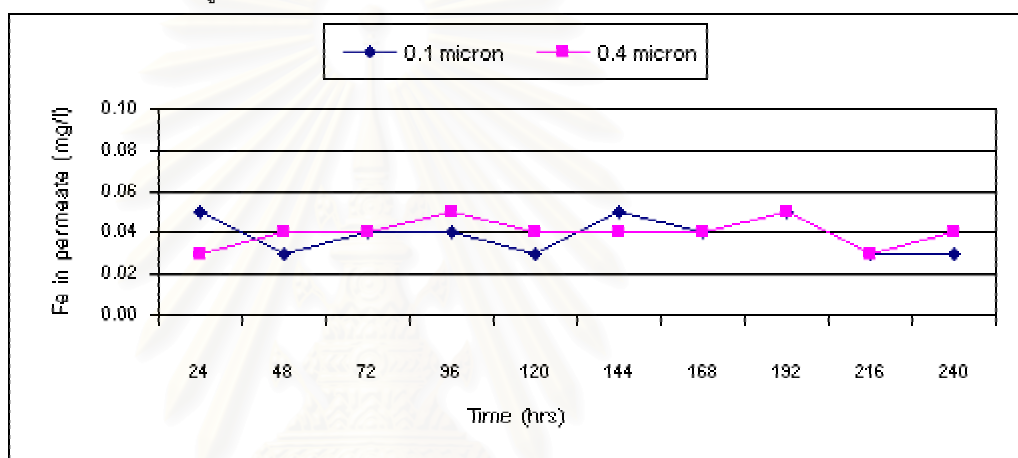
เมื่อเหล็กถูกทำให้อยู่ในรูปเฟอริก (Fe^{3+}) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ทำให้แยกออกจากน้ำและถูกกำจัดโดยกระบวนการไมโครฟิลเตรชันได้ นอกจากนี้ น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.74-8.28 ซึ่งมีค่าเป็นกลางค่อนข้างเบสเล็กน้อย ก็ช่วยให้เหล็กถูกกำจัดได้ง่าย เนื่องจากหากน้ำมีค่าความเป็นกรดสูง เหล็กมักจะเกิดอยู่ในรูปเฟรัส ทำให้ยากแก่การกำจัด

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีส

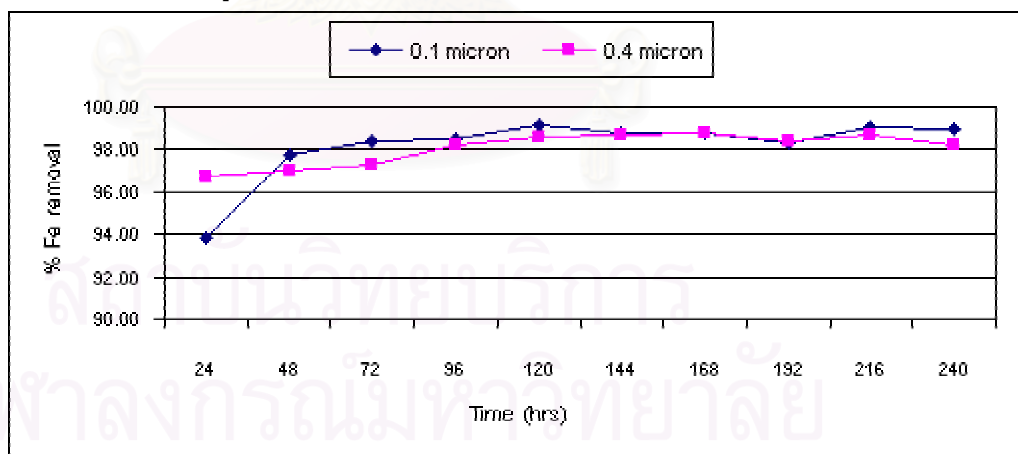
เนื่องจากน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำดิบตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีสได้



รูปที่ 4.36ก ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.36ข ค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.36ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.36 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

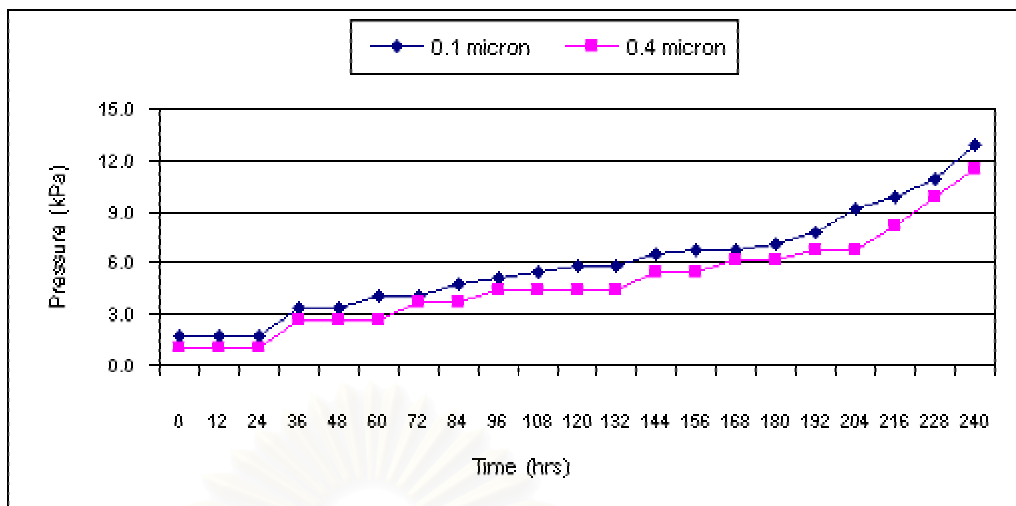
ขนาดรูกรอง ของเมมเบรน (μm)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.1	24	1500	N.D.	930	N.D.
	240	2100	N.D.	1200	N.D.
0.4	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	1500	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

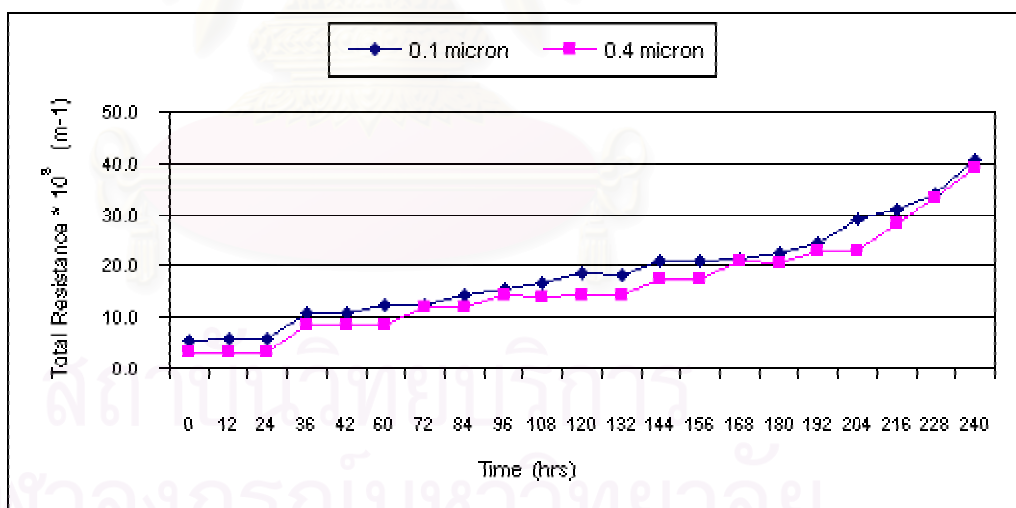
4.3.1.2 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.37 แสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ซึ่งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่าความดันสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ตั้งแต่เริ่มเดินระบบไปตลอดการทดลอง เนื่องจากขนาดรูกรองที่เล็กกว่าทำให้เกิดการสะสมของอนุภาคหรือคอลลอยด์บริเวณผิวหน้าของเมมเบรนมากกว่า โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 12.9 และ 11.6 kPa ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูป



รูปที่ 4.37 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



รูปที่ 4.38 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

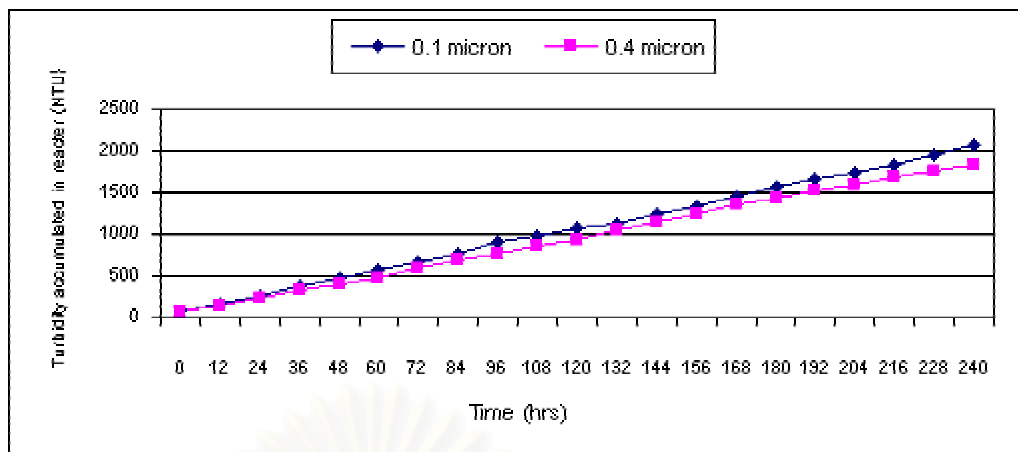
ที่ 4.38 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่า ค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ $40.5 \cdot 10^8$ และ $39.1 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น

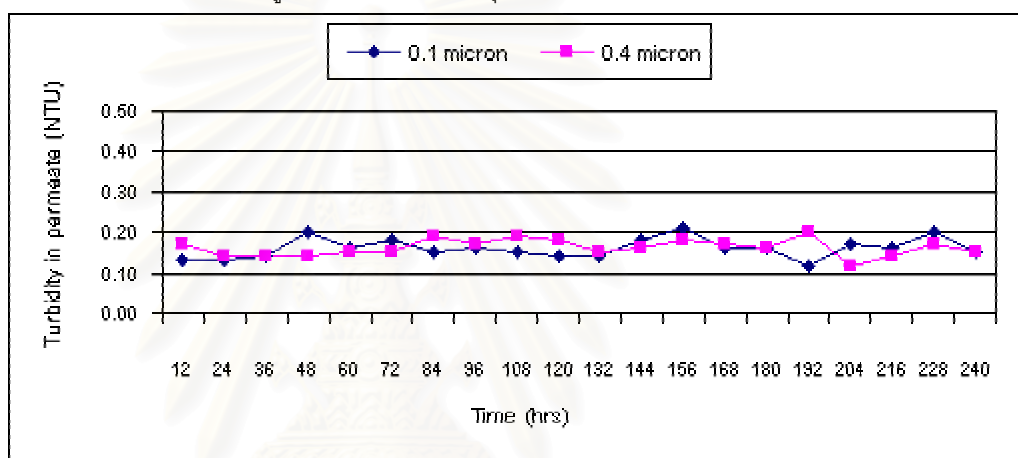
จากรูปที่ 4.39ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง และค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 79-2060 และ 72-1842 NTU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.39ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.12-0.21 NTU จากรูปที่ 4.39ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดความขุ่น มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณเกือบ 100% โดยจะเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อย ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัดความขุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี

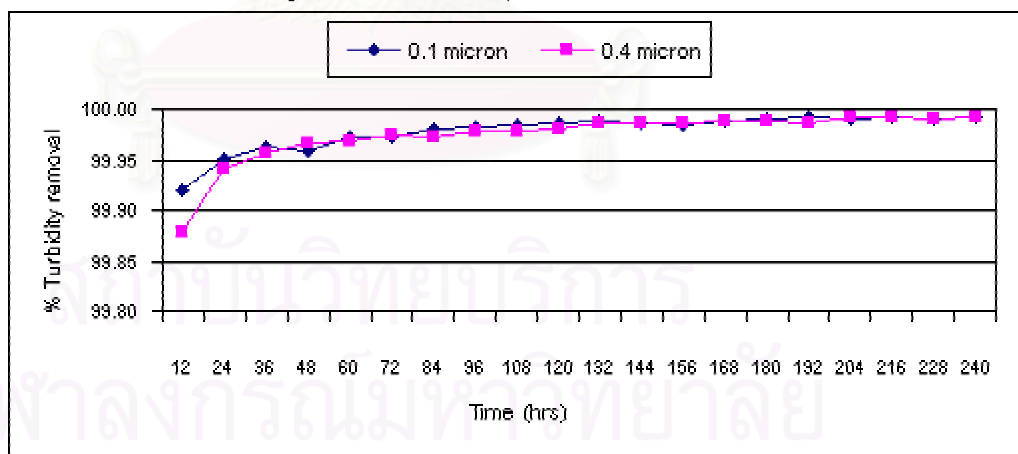
จากรูปที่ 4.40ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 168-891 และ 141-769 TCU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.40ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 8.4-11.0 และ 7.7-12.7 TCU ตามลำดับ จากรูปที่ 4.40ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสี มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 95-99% โดยในช่วงแรก %การกำจัดสีของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 132 ไป เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มี %การกำจัดสีสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm เล็กน้อย ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัดสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.39ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

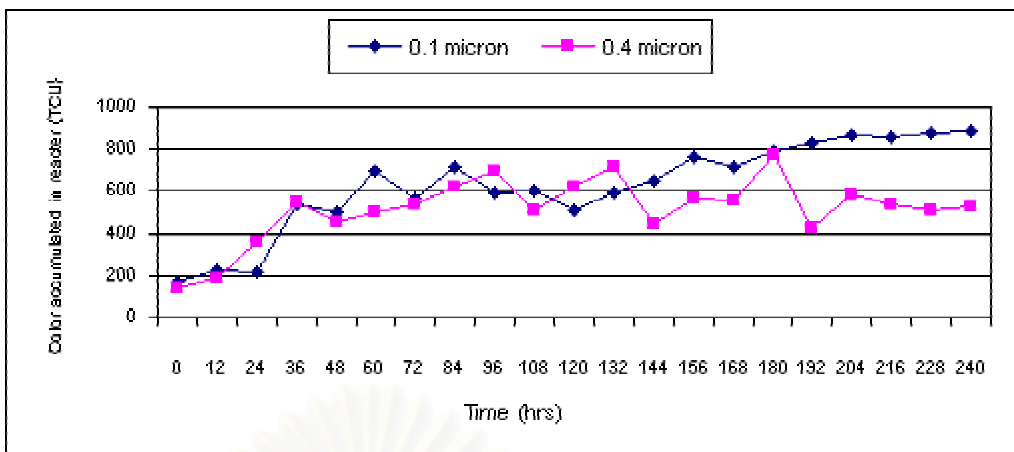


รูปที่ 4.39ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา

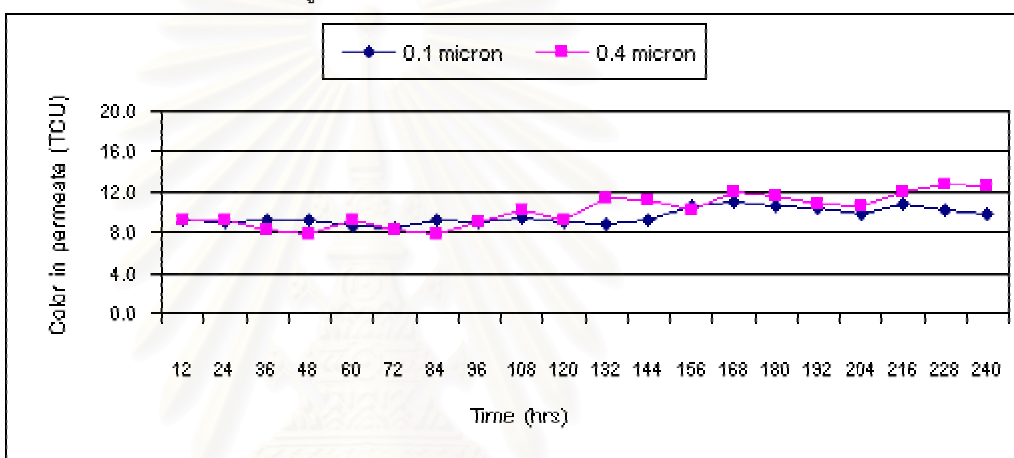


รูปที่ 4.39ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

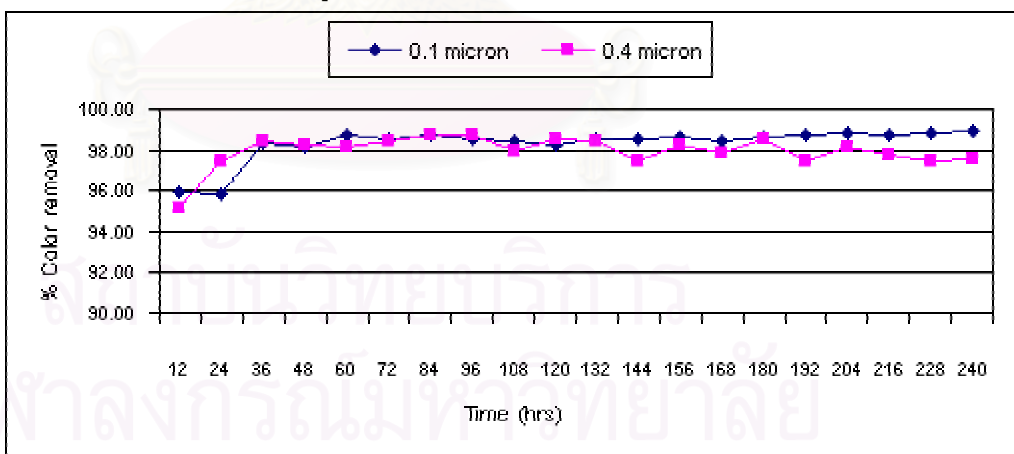
รูปที่ 4.39 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



รูปที่ 4.40ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.40ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.40ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

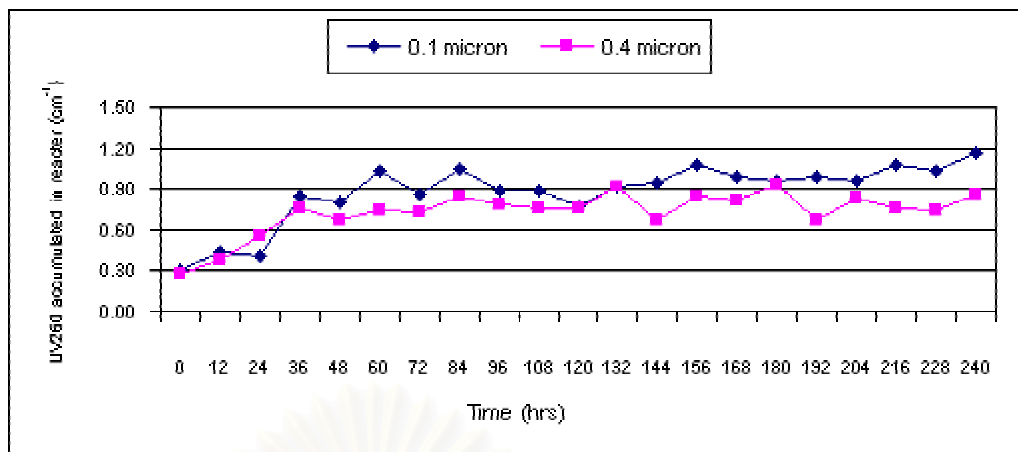
รูปที่ 4.40 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 m³/m²-วัน

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260

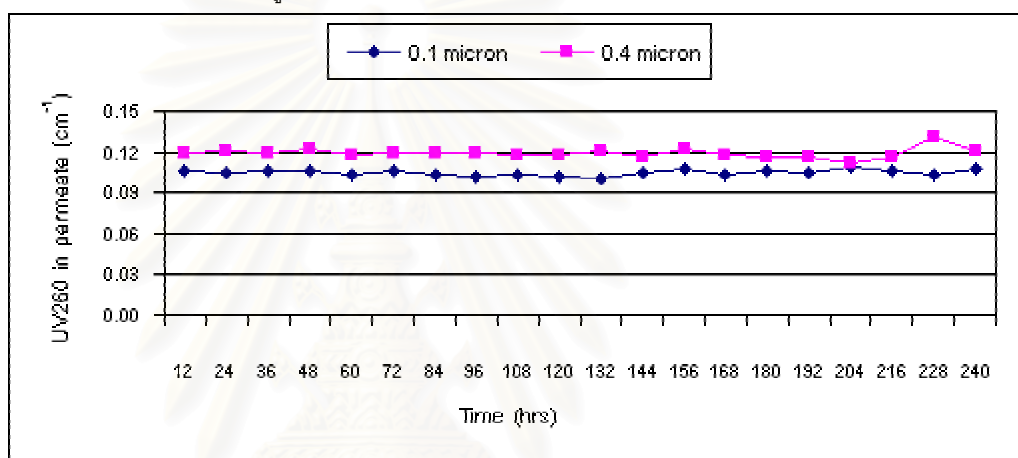
จากรูปที่ 4.41ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก และค่อนข้างคงที่ไปตลอดการทดลอง ใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 0.31-1.16 และ 0.28-0.90 cm^{-1} ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.41ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.0935-0.0997 และ 0.1011-0.1068 cm^{-1} โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.41ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด UV260 มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 75-94% และ 68-88% ตามลำดับ โดยที่ชั่วโมงที่ 12 %การกำจัด UV260 ของทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 75% และ 68% ตามลำดับ และจะเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 78-88% และ 86-94% เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 ไปตลอดการทดลอง โดยเมมเบรนขนาด 0.1 μm มี %การกำจัด UV260 สูงกว่าเมมเบรนขนาด 0.4 μm ทั้งนี้เนื่องจาก cake layer ที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของเมมเบรนขนาดช่องว่าง 0.1 μm มีความหนาของชั้นมากกว่าที่เมมเบรนขนาดช่องว่าง 0.4 μm จึงมีส่วนช่วยในการกำจัด UV260 ได้มากกว่า

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC

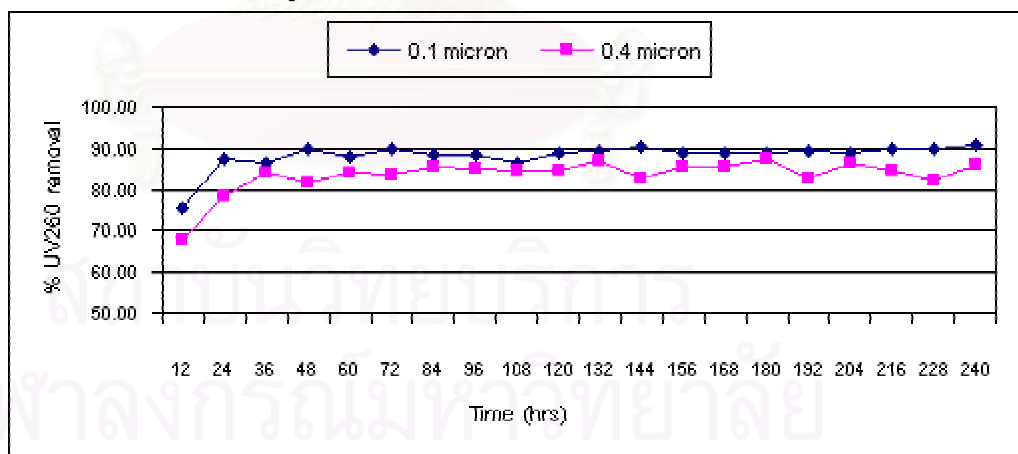
จากรูปที่ 4.42ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 6.5-8.4 และ 7.8-9.5 mg/l ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.42ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 2.8-5.4 mg/l จากรูปที่ 4.42ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 18-62% และ 40-68% ตามลำดับ โดยที่ชั่วโมงที่ 12 %การกำจัด TOC ของเมมเบรนขนาด 0.1 μm มีค่าเพียง 18.1% จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 46-62%



รูปที่ 4.41ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

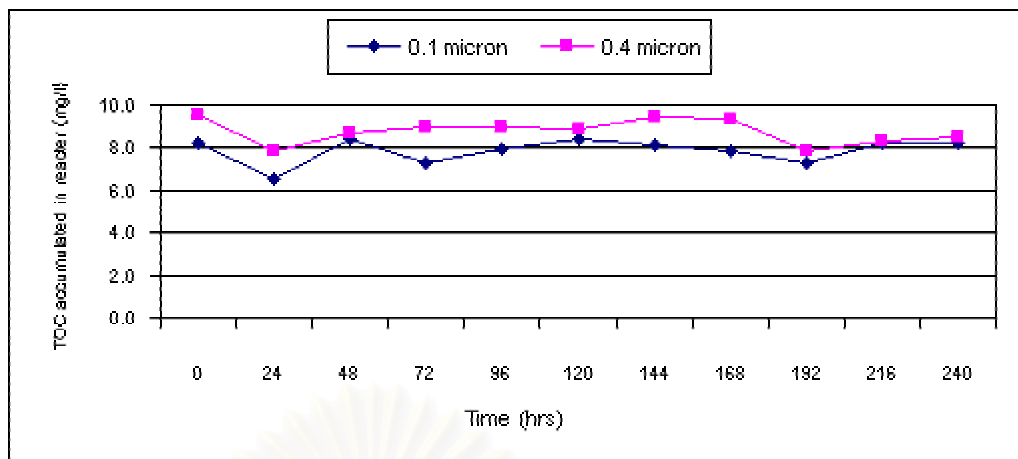


รูปที่ 4.41ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา

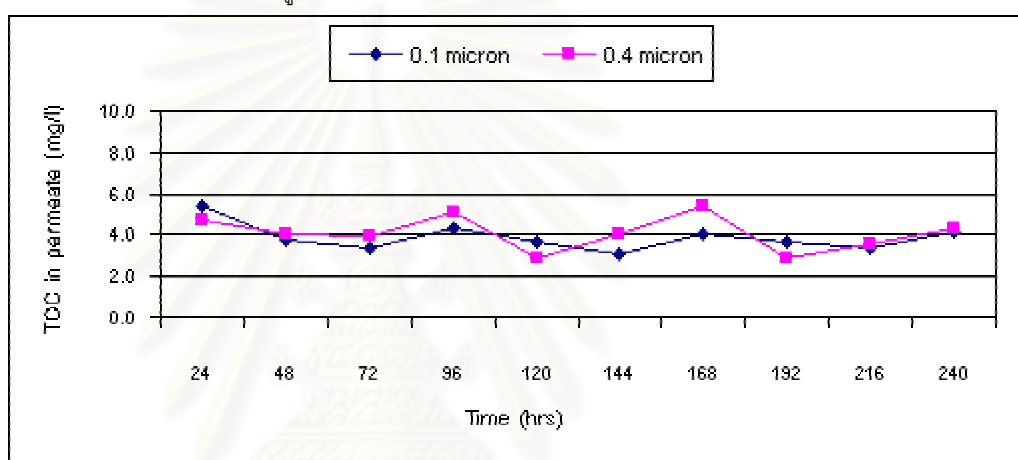


รูปที่ 4.41ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

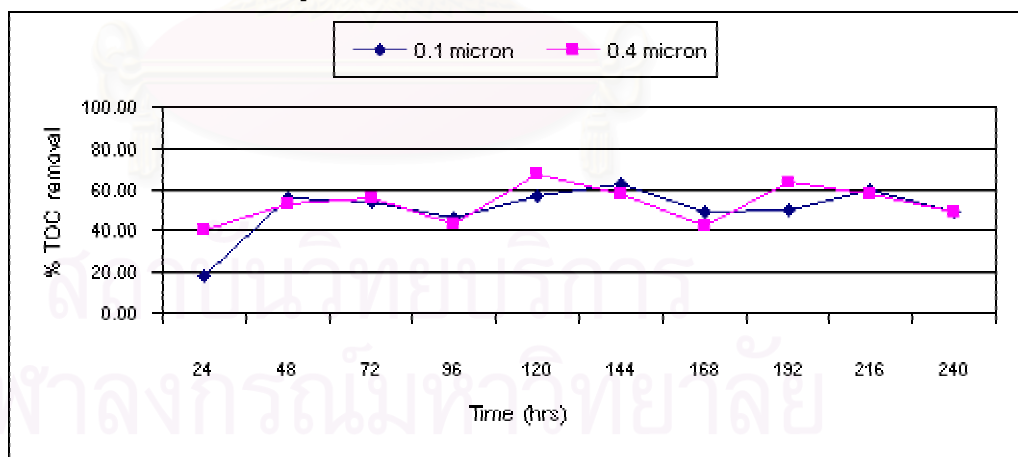
รูปที่ 4.41 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.42ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.42ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.42ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.42 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 48 ไปตลอดการทดลอง ส่วนเมมเบรนขนาด $0.4 \mu\text{m}$ มี %การกำจัด TOC ไกล่เคียงกันตลอดการทดลอง ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัด TOC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก

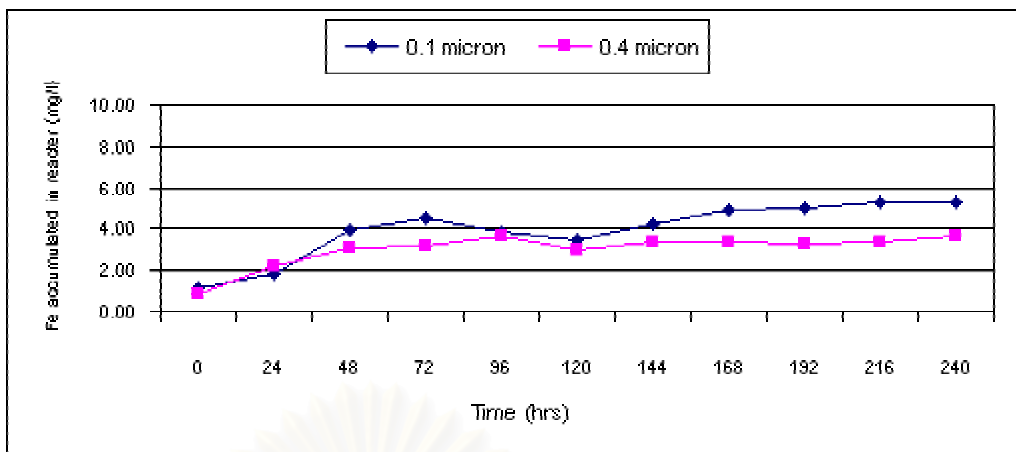
จากรูปที่ 4.43ก แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ โดยมีค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง $0.76-4.00$ และ $0.75-3.21$ มก/ล ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.43ข แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลอง ทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ คือ ประมาณ $0.05-0.06$ มก/ล จากรูปที่ 4.43ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดเหล็ก มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ คือ ประมาณ $96-99\%$ โดยเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัดเหล็กไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีส

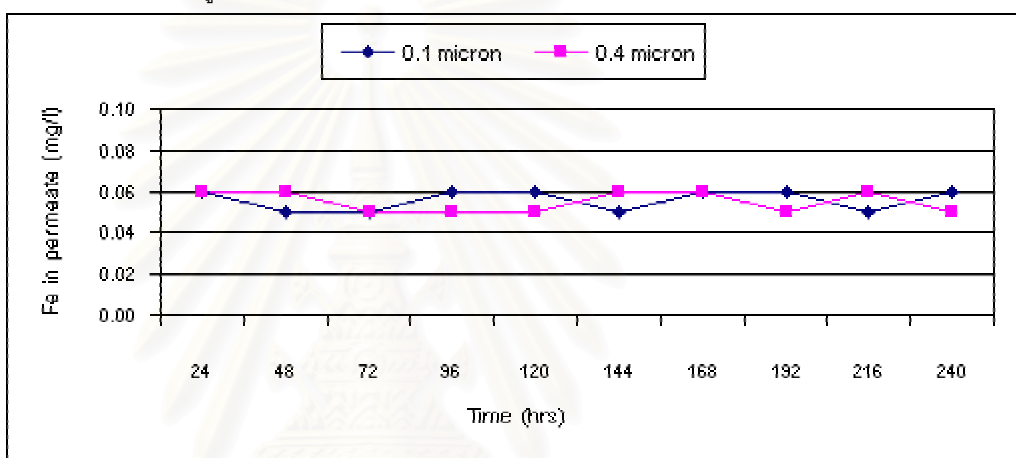
เนื่องจากน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำดิบตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีสได้

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

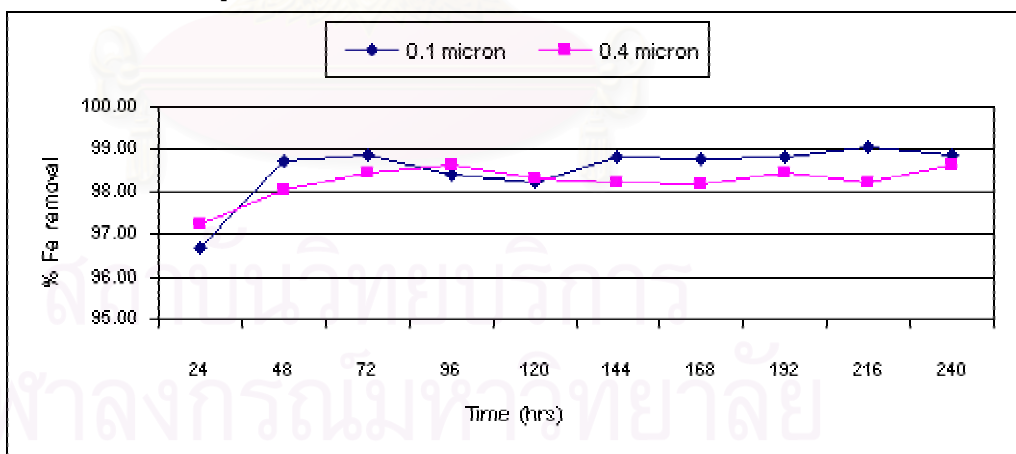
จากตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟิคอลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง



รูปที่ 4.43ก ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.43ข ค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.43ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.43 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ตารางที่ 4.8 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

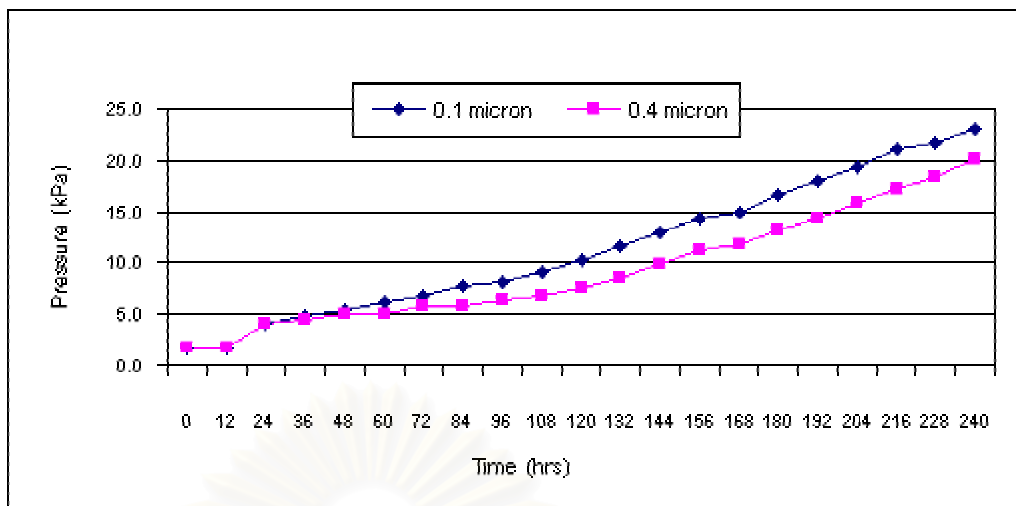
ขนาดรูกรอง ของเมมเบรน (μm)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.1	24	930	N.D.	230	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.
0.4	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

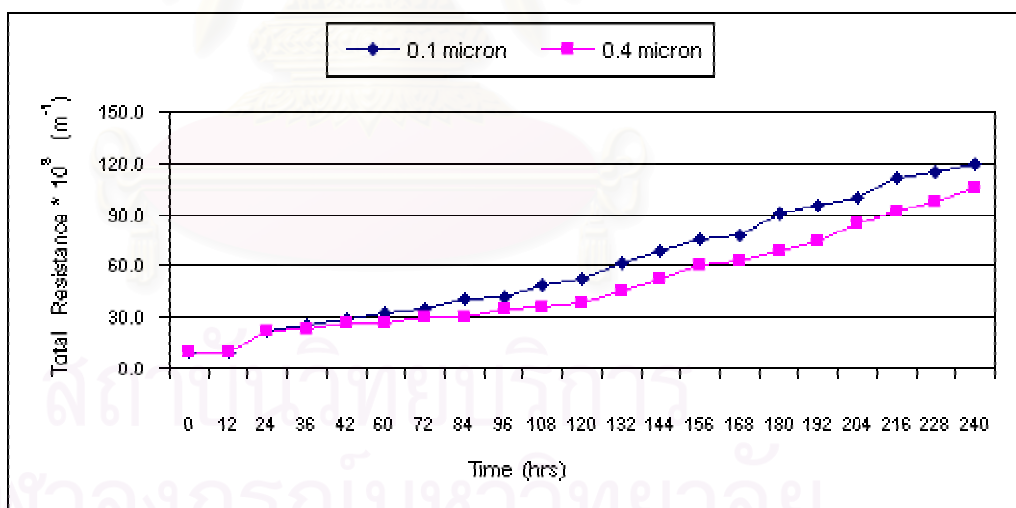
4.3.1.3 น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.44 แสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ และ $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ในช่วงแรกขนาดรูกรองไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน เมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 24 เมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ไปตลอดการทดลอง โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 23.1 และ 20.1 kPa ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ และ $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกับค่าความดันที่เพิ่มขึ้นในการทดลองที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) แล้ว พบว่า ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลองเช่นกัน แต่ในการทดลองที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า เนื่องมาจากน้ำดิบที่ใช้นี้มีค่าความขุ่นสูง ความเข้มข้นของน้ำดิบในถังมีค่าสูงกว่า จึงเกิดการสะสมของอนุภาคที่ผิวหน้าของเมมเบรนมาก ทำให้ค่าความดันเพิ่มสูงขึ้นมากด้วย และจากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ R_f มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.45 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่า ค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 119.3×10^8 และ $106.1 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \text{ }\mu\text{m}$ และ $0.4 \text{ }\mu\text{m}$ ตามลำดับ



รูปที่ 4.44 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



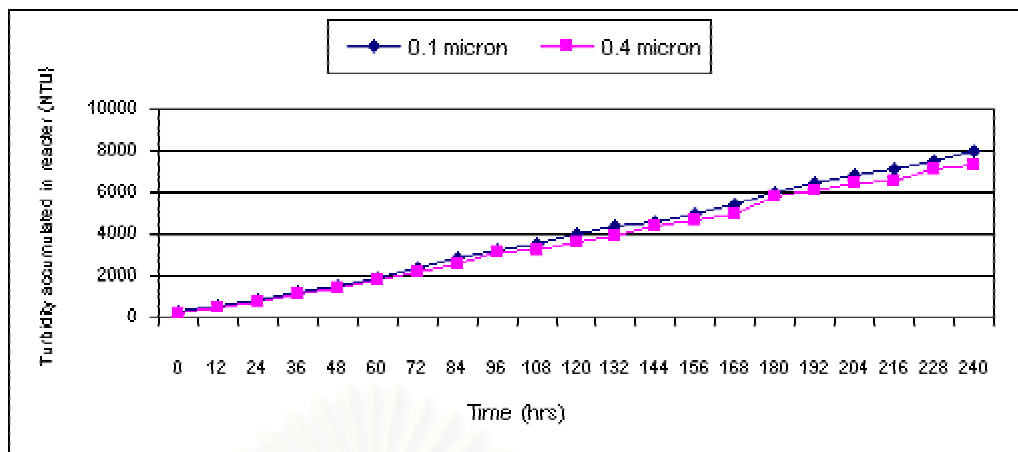
รูปที่ 4.45 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น

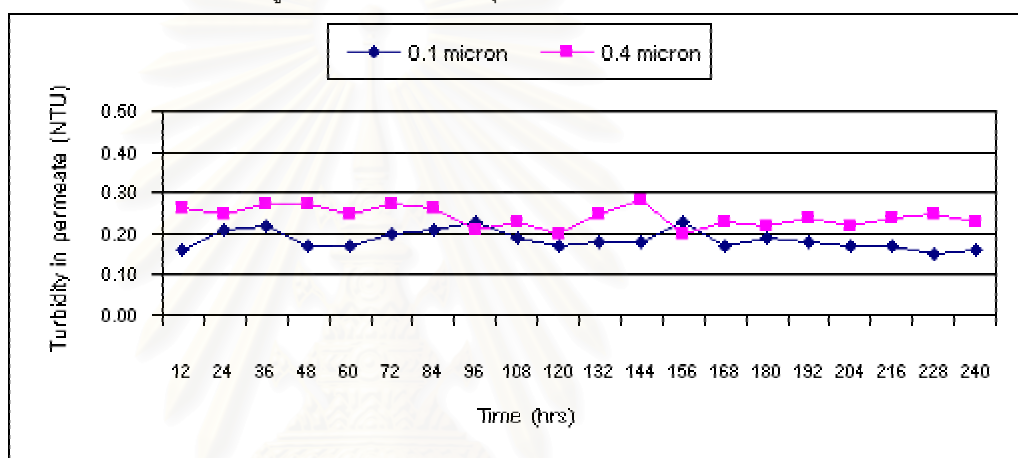
จากรูปที่ 4.46ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง และค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 240-8022 และ 231-7350 NTU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.46ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.15-0.28 NTU จากรูปที่ 4.46ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดความขุ่น มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณเกือบ 100% โดยเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อย ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลการกำจัดความขุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบกับ %การกำจัดความขุ่นในการทดลองที่ใช้ น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) พบว่า %การกำจัดความขุ่นค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและสูง เนื่องจากความขุ่นถูกกำจัดอย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยกลไกการกักอนุภาคแบบคัดขนาด

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี

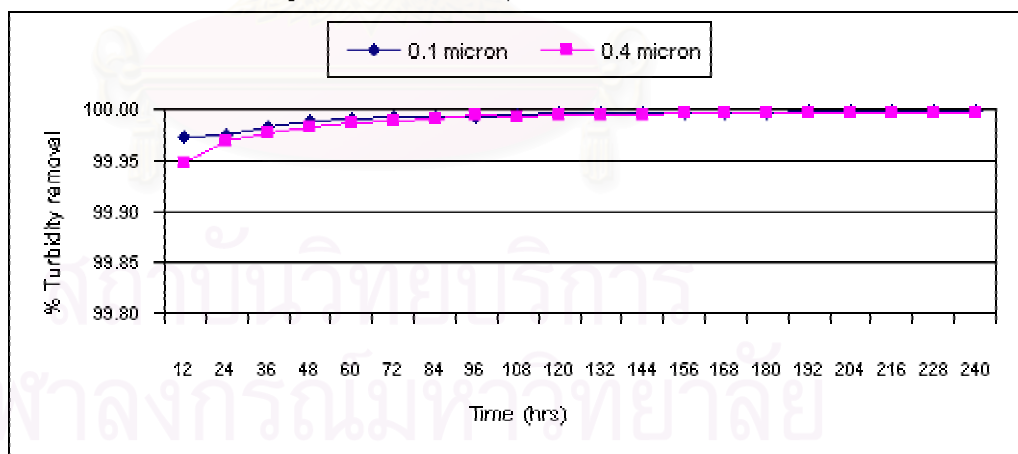
จากรูปที่ 4.47ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ค่อนข้างใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 151-864 และ 256-867 TCU ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.47ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่าค่าสีของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 4.4-9.5 และ 7.4-11.4 TCU ตามลำดับ โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่าสีของน้ำ permeate ต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.47ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ชั่วโมงที่ 12 %การกำจัดสีของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีค่า 94.54% และเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 97-99% เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 24 ไปตลอดการทดลอง ส่วนเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มี %การกำจัดสีประมาณ 97-99% ตลอดการทดลอง ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัดสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบกับ %การกำจัดสีในการทดลองที่ใช้ น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) แล้ว พบว่า %การกำจัดสีใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและสูง



รูปที่ 4.46ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

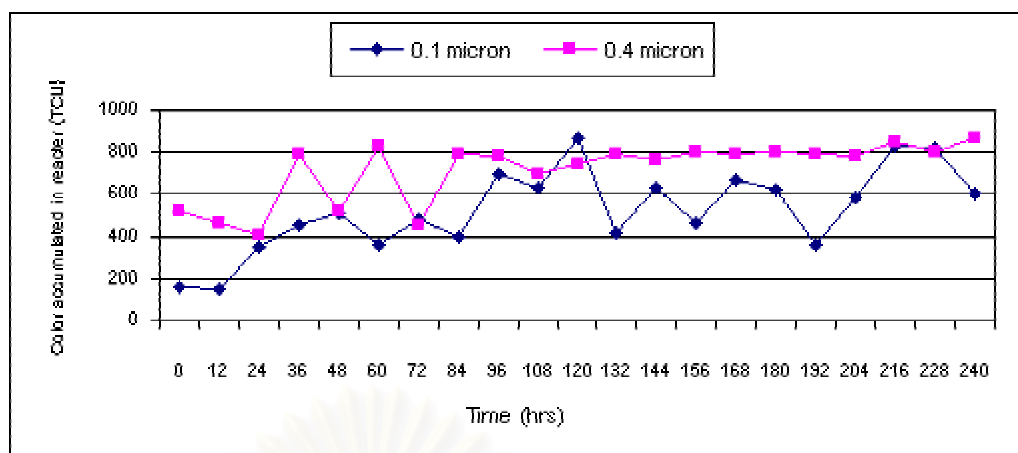


รูปที่ 4.46ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา

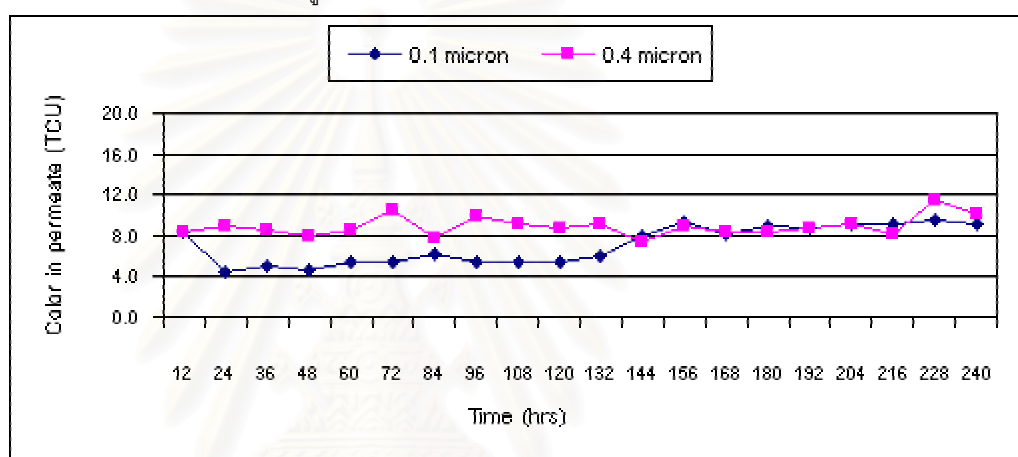


รูปที่ 4.46ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

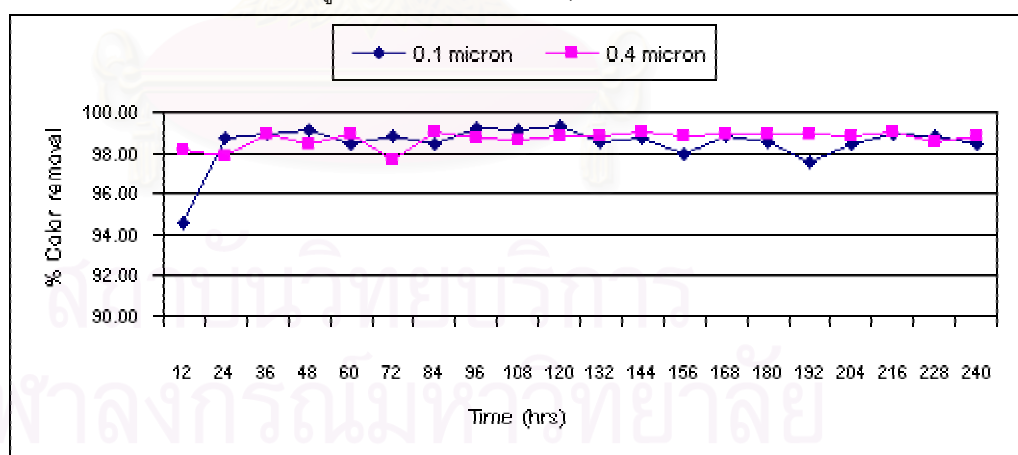
รูปที่ 4.46 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความขุ่น
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.47ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.47ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.47ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

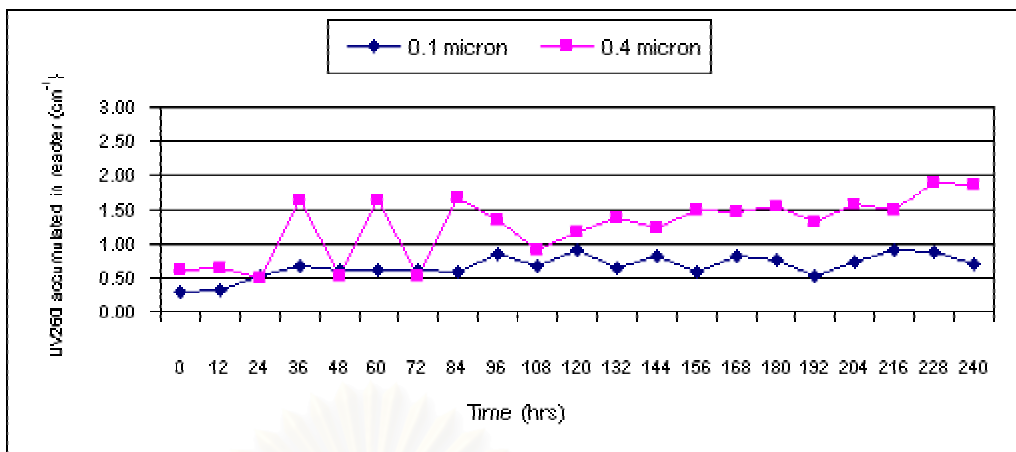
รูปที่ 4.47 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าสี
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260

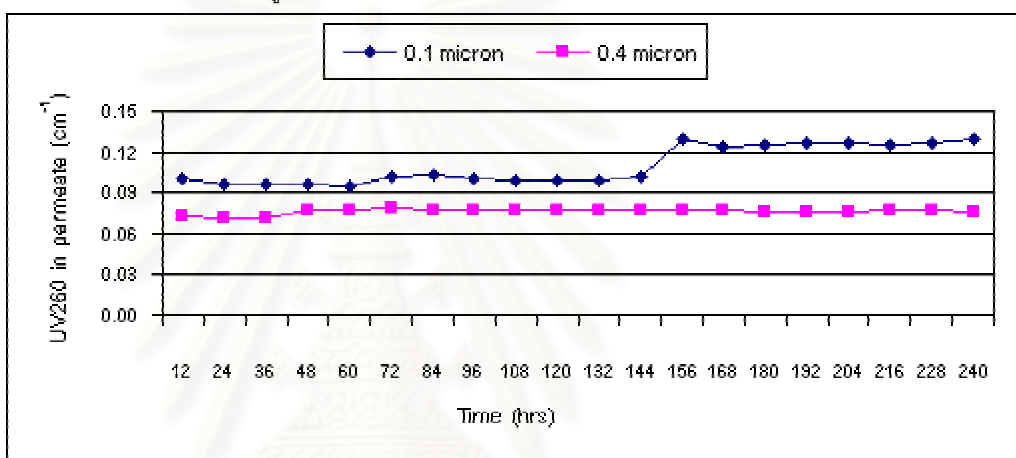
จากรูปที่ 4.48ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นเดียวกัน คือ ในช่วงความขุ่นสูงละที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เช่นกัน โดยมีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 0.30-0.89 และ 0.31-1.90 cm^{-1} ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.48ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.0952-0.1297 และ 0.0712-0.0791 cm^{-1} ตามลำดับ โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.48ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด UV260 ของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 68-89% และ 75-96% ตามลำดับ โดยเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ซึ่ง cake layer ที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีส่วนช่วยในการกำจัด UV260 ได้มากกว่า หากเปรียบเทียบกับ %การกำจัด UV260 ในการทดลองที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) แล้ว พบว่า %การกำจัด UV260 ใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและความขุ่นสูงเฉพาะเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ส่วนเมมเบรนขนาด 0.4 μm ที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงมี %การกำจัด UV260 สูงกว่าที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำเล็กน้อย

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC

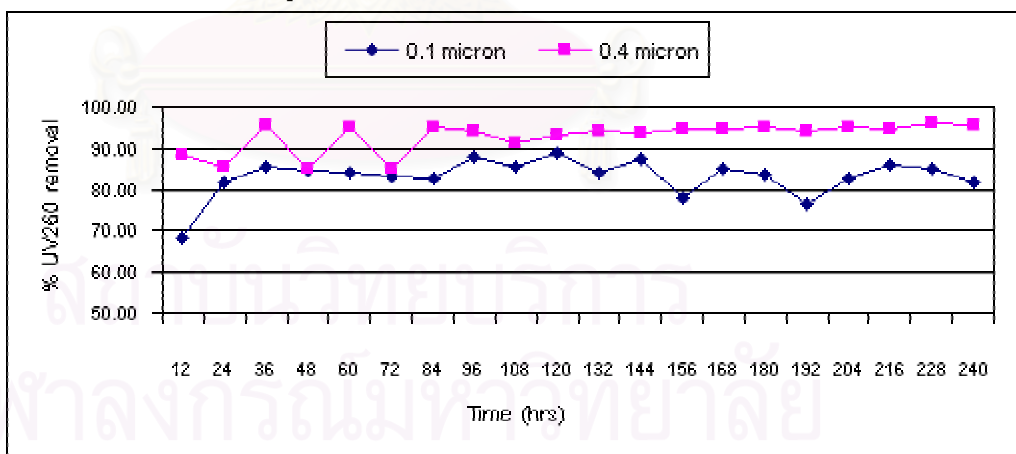
จากรูปที่ 4.49ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถัง มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm โดยมีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง 5.2-8.4 และ 3.6-7.0 mg/l ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.49ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 2.6-5.5 และ 1.8-4.4 mg/l โดยที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.49ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ของเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm มีค่าประมาณ 13-57% และ 16-60% ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เมมเบรนขนาด 0.1 μm มีค่าสูงกว่า



รูปที่ 4.48ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

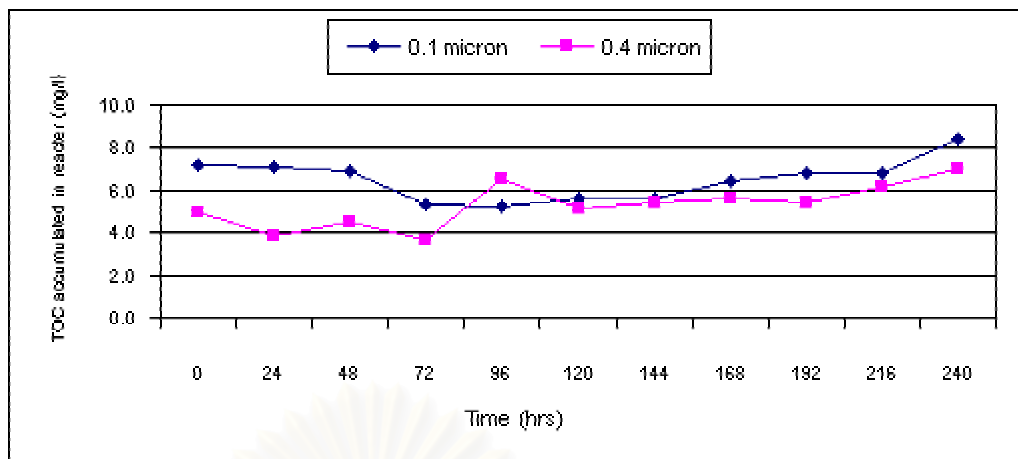


รูปที่ 4.48ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา

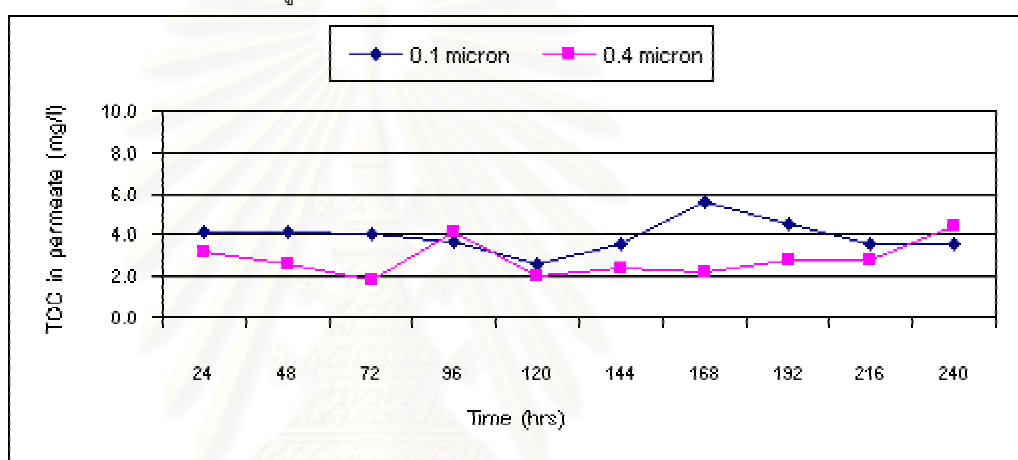


รูปที่ 4.48ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

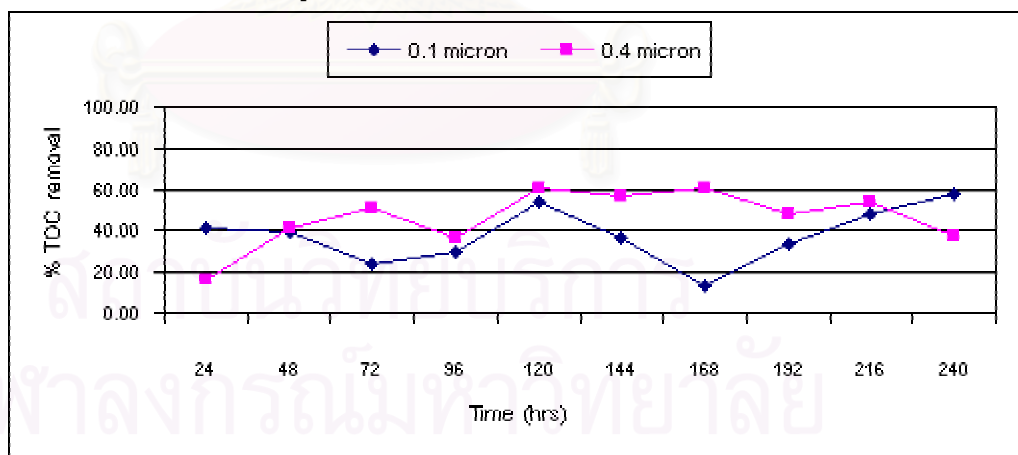
รูปที่ 4.48 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า UV260 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.49ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.49ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.49ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.49 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่า TOC สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

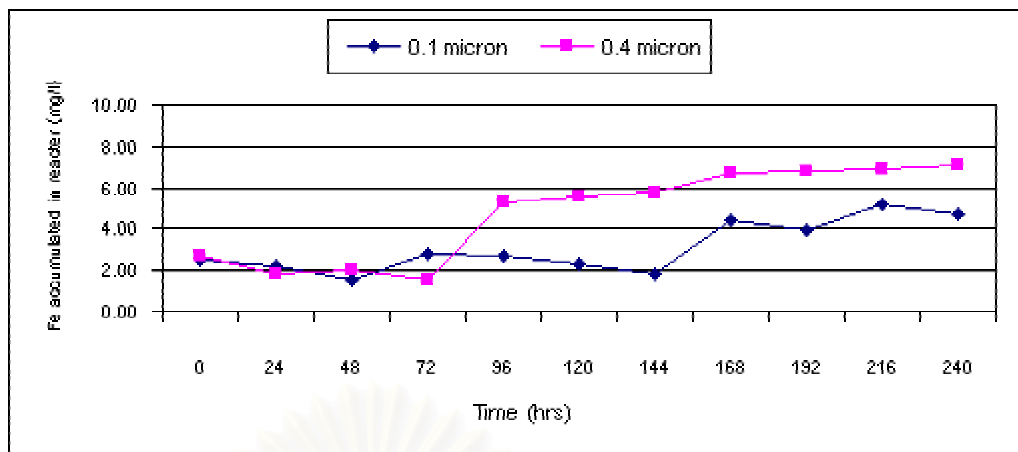
เล็กน้อย ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัด TOC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบกับ %การกำจัด TOC ในการทดลองที่ใช้ น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) แล้ว พบว่า %การกำจัด TOC ใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและความขุ่นสูง

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก

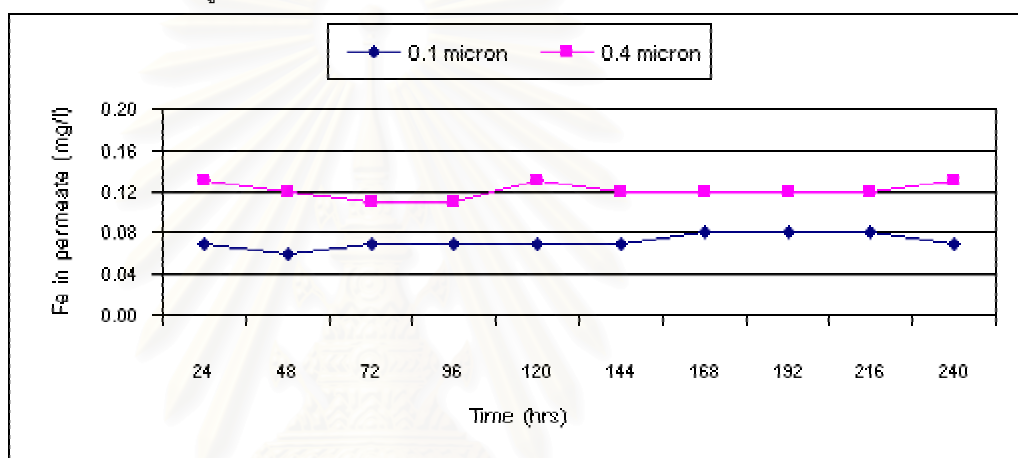
จากรูปที่ 4.50ก แสดงค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ โดยมีค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง $1.50\text{-}5.18$ และ $1.50\text{-}7.15$ มก/ล ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.50ข แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ คือ ประมาณ $0.06\text{-}0.08$ และ $0.11\text{-}0.13$ มก/ล โดยเมมเบรนขนาด $0.1 \mu\text{m}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.50ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า เมื่อเริ่มเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 72 %การกำจัดเหล็กของเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ มีค่าประมาณ $92.6\text{-}94.0\%$ และเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ $97.6\text{-}98.2\%$ เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 72 ไปตลอดการทดลอง ส่วนเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ มี %การกำจัดเหล็กประมาณ $96.0\text{-}98.5\%$ ตลอดการทดลอง ดังนั้นเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรองให้ผลในการกำจัดเหล็กไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากเปรียบเทียบกับ %การกำจัดเหล็กในการทดลองที่ใช้ น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ (หัวข้อ 4.3.1.1) แล้ว พบว่า %การกำจัดเหล็กใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำและความขุ่นสูง

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าแมงกานีส

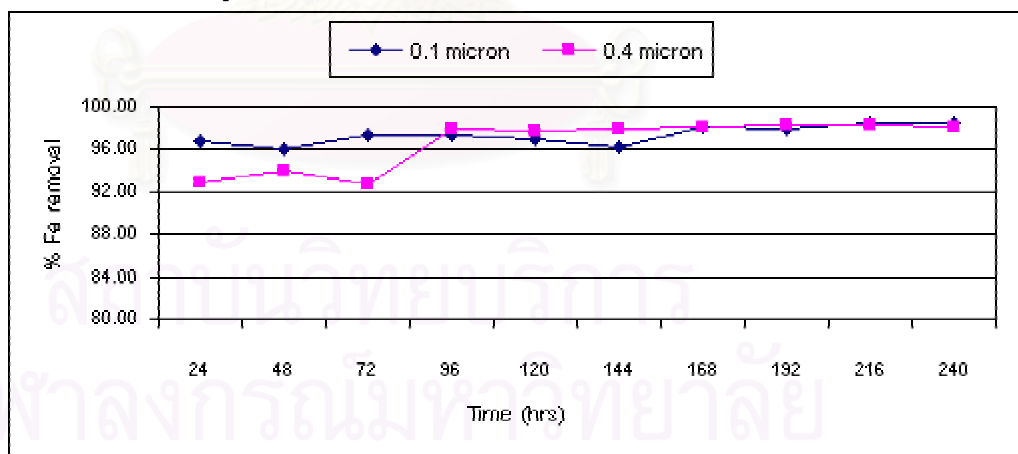
จากรูปที่ 4.51ก แสดงค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ โดยมีค่าความเข้มข้นของแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังอยู่ในช่วง $0.08\text{-}0.14$ และ $0.09\text{-}0.14$ มก/ล ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.51ข แสดงค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 4.50ก ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

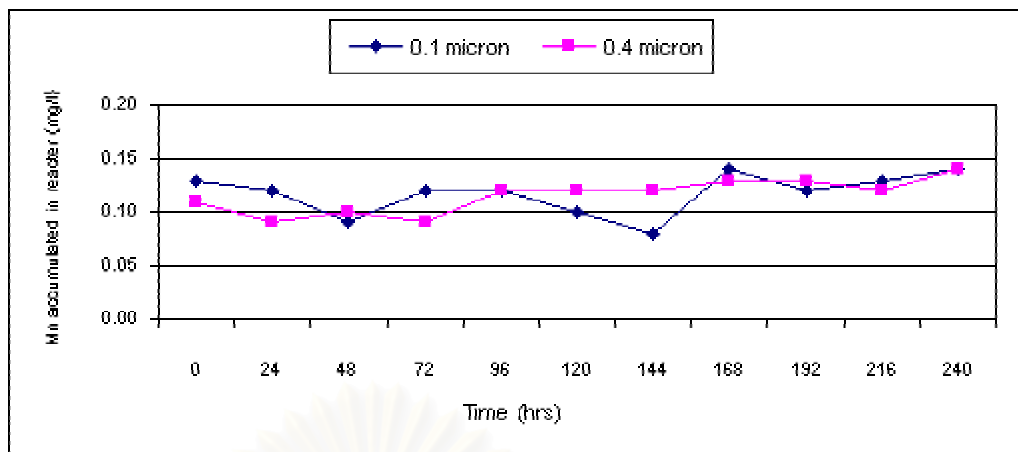


รูปที่ 4.50ข ค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา

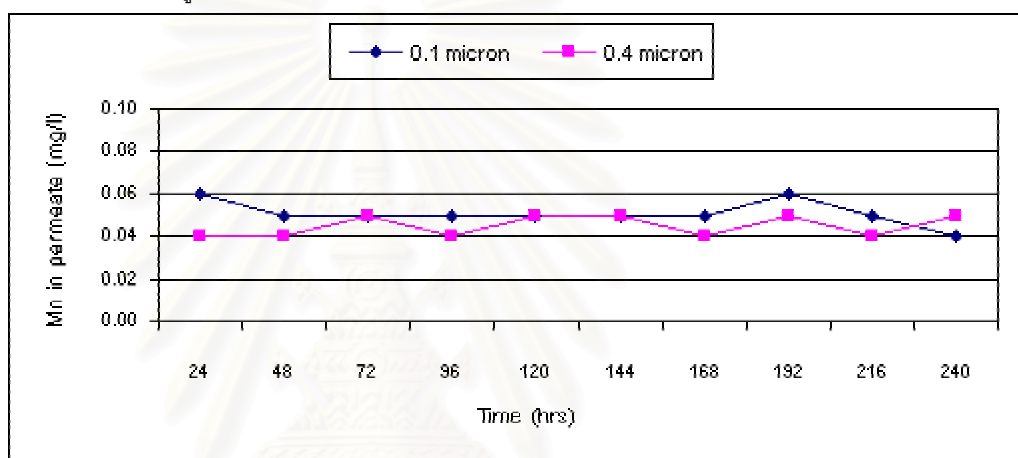


รูปที่ 4.50ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

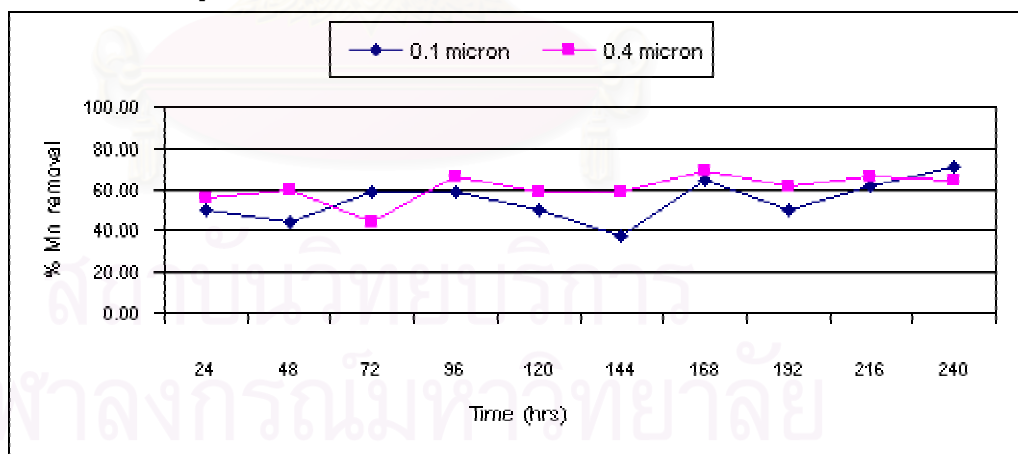
รูปที่ 4.50 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.51ก ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.51ข ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.51ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.51 ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีส สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ตลอดการทดลองทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 0.04-0.06 และ 0.04-0.05 มก/ล จากรูปที่ 4.51ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดแมงกานีสมีค่าใกล้เคียงกันทั้งเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm คือ ประมาณ 37.5-71.4% และ 44.4-69.2% ตามลำดับ เหตุที่แมงกานีสถูกกำจัดได้ไม่สูงเหมือนเหล็ก ทั้งนี้เนื่องจากการเป่าอากาศทางด้านล่างของถัง ทำให้แมงกานีสที่ละลายอยู่ในน้ำ (Mn^{2+}) กลายเป็นแมงกานีสซึ่งไม่ละลายน้ำ (Mn^{4+}) แต่ปฏิกิริยานี้เกิดยากเนื่องจาก แมงกานีสจะคงตัวไม่แปรเปลี่ยนรูปร่างเหมือนเหล็ก การกำจัดแมงกานีสจากน้ำโดยกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน จึงทำได้ยากกว่า ดังนั้น %การกำจัดแมงกานีส จึงต่ำกว่า %การกำจัดเหล็ก

ผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง

ตารางที่ 4.9 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ขนาดรูกรอง ของเมมเบรน (μm)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.1	24	4600	N.D.	2400	N.D.
	240	2400	N.D.	930	N.D.
0.4	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	930	N.D.	930	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.3.2 ผลของค่าฟลักซ์

ศึกษาถึงผลของค่าฟลักซ์ 2 ค่า คือ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ที่มีต่อค่าความดัน และประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ

- 1) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm
- 2) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm

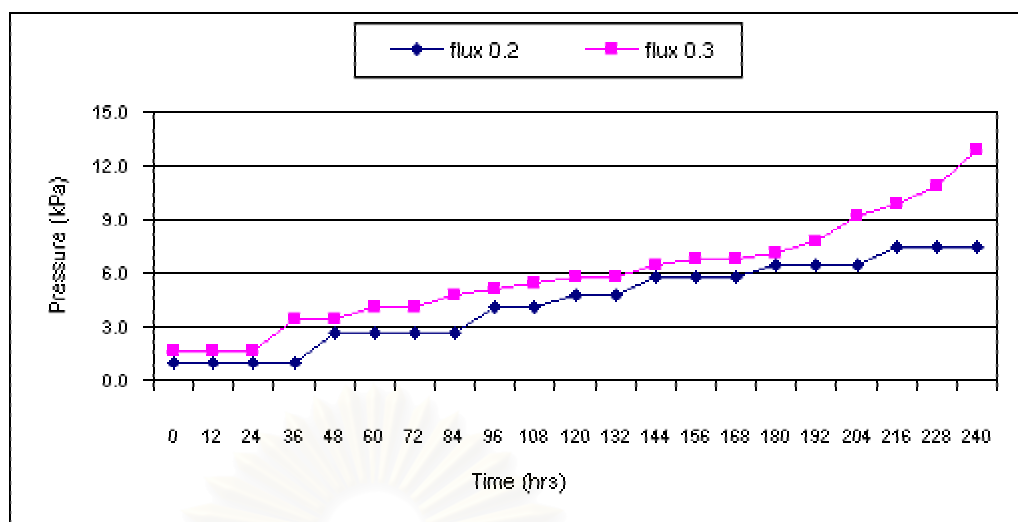
4.3.2.1 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

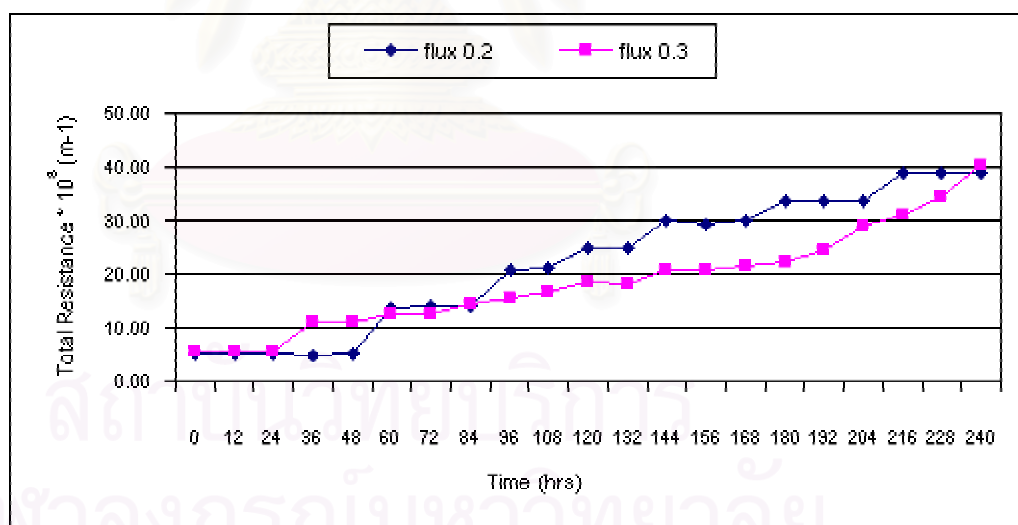
จากรูปที่ 4.52 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง เนื่องจากเกิดการสะสมของอนุภาคหรือคอลลอยด์บนผิวหน้าของเมมเบรน โดยในช่วงแรกค่าฟลักซ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน เนื่องจากการสะสมของอนุภาคยังมีไม่มากนัก และเมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 24 ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของความดันสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เนื่องจากที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความเข้มข้นภายในถังจะมีค่าสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จึงทำให้เกิด cake layer ได้ง่ายและเร็วกว่า ทำให้ค่าความดันเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าไปตลอดการทดลอง โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 7.5 และ 12.9 kPa ที่ค่า ฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จากสมการที่ 4.1 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้ว่า เมื่อค่าฟลักซ์ (J) เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าลดลง ดังรูปที่ 4.53 ซึ่งแสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน ซึ่งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าความต้านทานรวมสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ยกเว้นในบางค่าเท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลต่างความดันที่ผิวหน้าของเมมเบรนและความหนืดของน้ำซึ่งเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา โดยค่าความต้านทานรวมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 38.7×10^8 และ $40.5 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

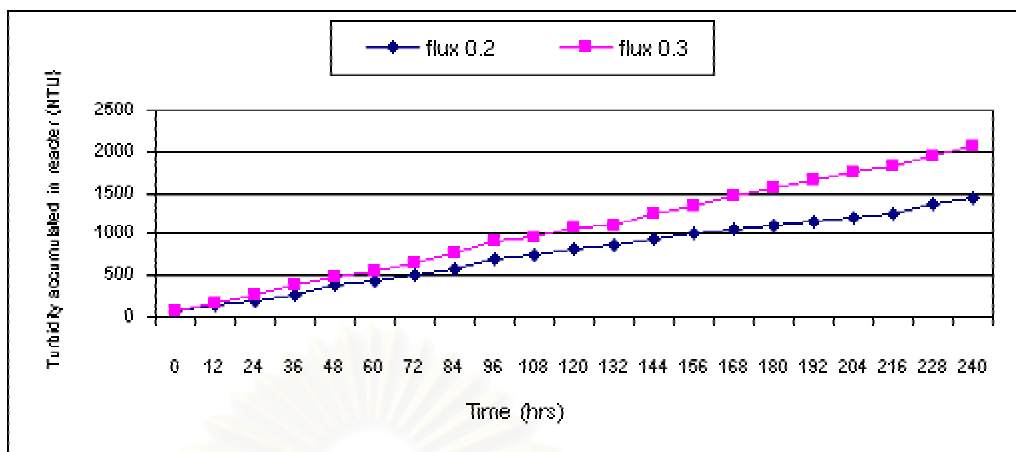
จากรูปที่ 4.54ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง โดยที่



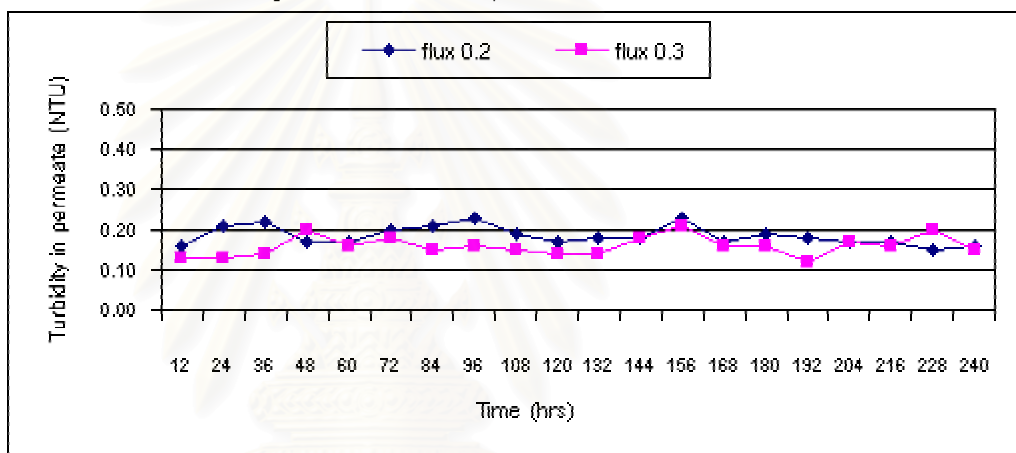
รูปที่ 4.52 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาด 0.1 ไมโครเมตร



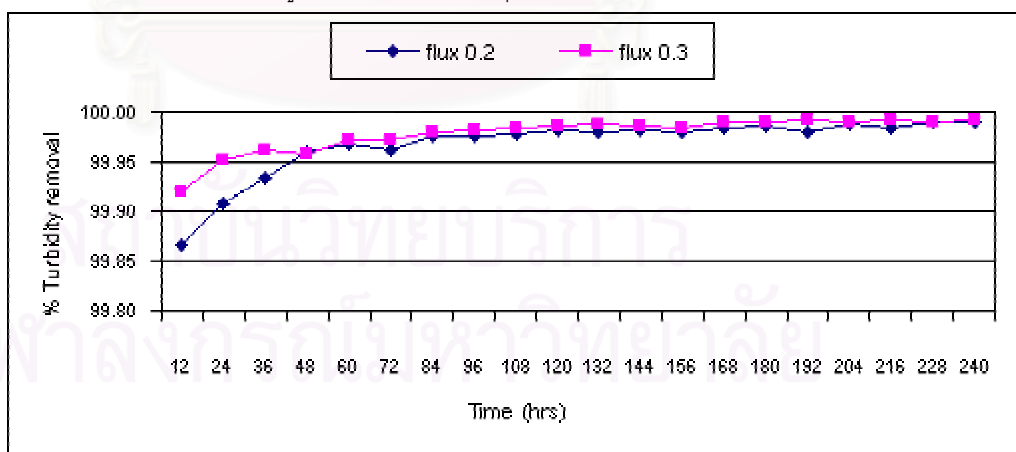
รูปที่ 4.53 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาด 0.1 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.54ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.54ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.54ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

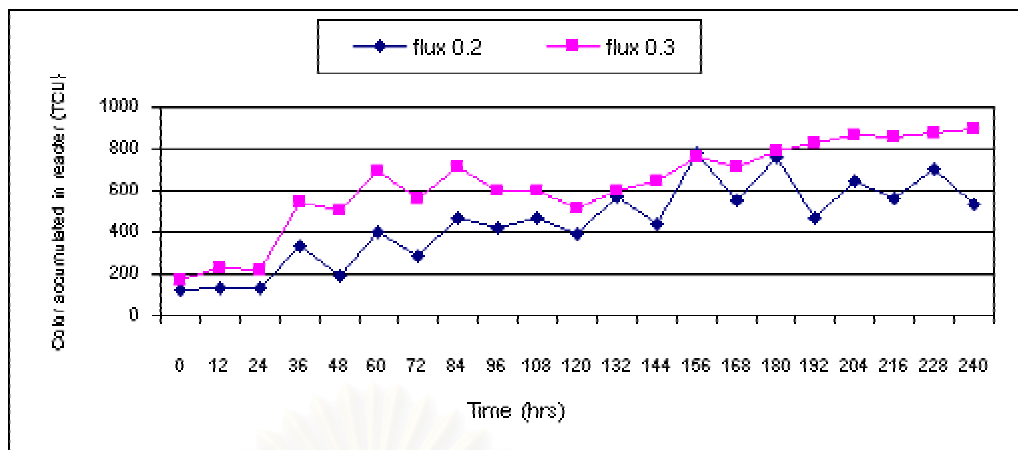
รูปที่ 4.54 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมครอนเมตร

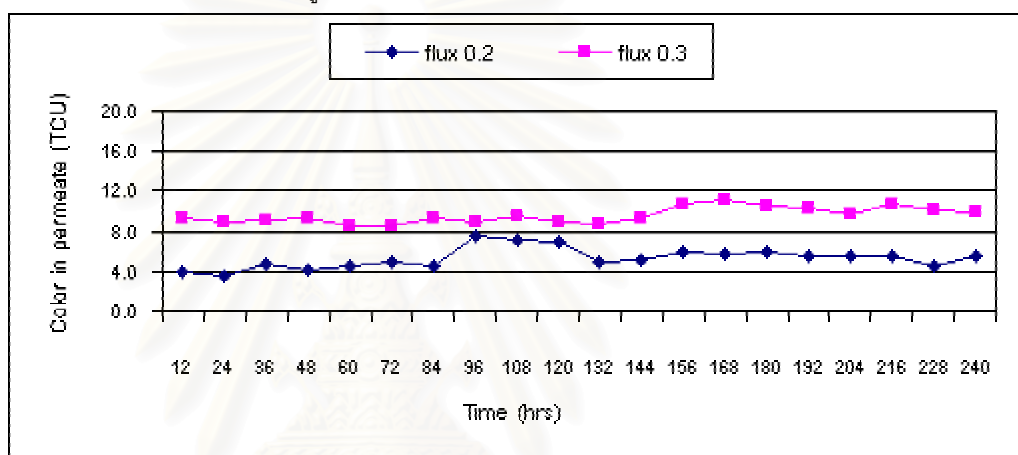
ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 83-1431 และ 72-1842 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.54ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 0.12-0.22 NTU จากรูปที่ 4.54ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดความขุ่น มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณเกือบ 100% โดยเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อย คือสามารถกำจัดความขุ่นได้ค่อนข้างสมบูรณ์ไม่ว่าที่ระยะเวลาใด ทั้งนี้เนื่องจากความขุ่นของน้ำเกิดจากอนุภาคแขวนลอย นานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน ตั้งแต่ขนาด $0.05\text{-}10 \mu\text{m}$ (Vigneswaran S. , 1991) อนุภาคส่วนใหญ่ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูกรองของเมมเบรน (0.1 และ $0.4 \mu\text{m}$) ถูกกำจัดโดยติดค้างที่ผิวเมมเบรน ส่วนที่ขนาดเล็กกว่ารูกรองของเมมเบรน จะถูกกำจัดโดยการติดค้างในช่องว่างของเมมเบรนหรือ cake layer ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเมมเบรน ทำให้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันสามารถกำจัดความขุ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยกลไกการกักอนุภาคแบบคัดขนาด (Sieve Mechanism) ที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ เนื่องจากค่าฟลักซ์ที่ต่างกันไม่มีผลต่อการกำจัดความขุ่น

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

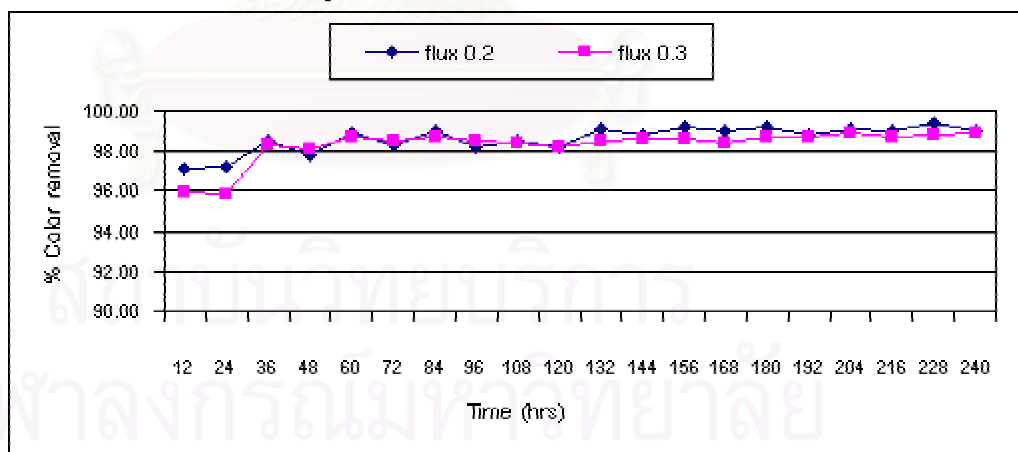
จากรูปที่ 4.55ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 127-777 และ 168-891 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.55ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 3.6-7.6 และ 8.4-10.7 TCU ตามลำดับ โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.55ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสี มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 94-99% ในช่วงแรก %การกำจัดสีที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 ไป %การกำจัดสีที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกันไปตลอดการทดลอง เหตุที่สีถูกกำจัดได้มากกว่า 94% ทั้งที่หากเป็นสีจริง โมเลกุลจะเล็กกว่าขนาดรูกรองของเมมเบรน แต่ในที่นี้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันสามารถกำจัดสีได้สูงมาก สาเหตุน่าจะมาจากการติดค้างของสีที่ cake layer ของเมมเบรนและกับความขุ่นที่สะสมในถัง



รูปที่ 4.55ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.55ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.55ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

รูปที่ 4.55 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

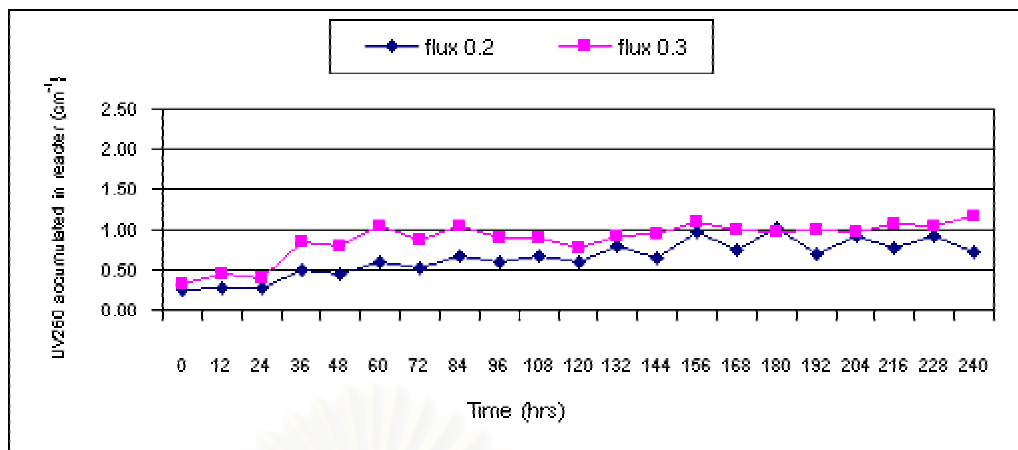
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าUV260

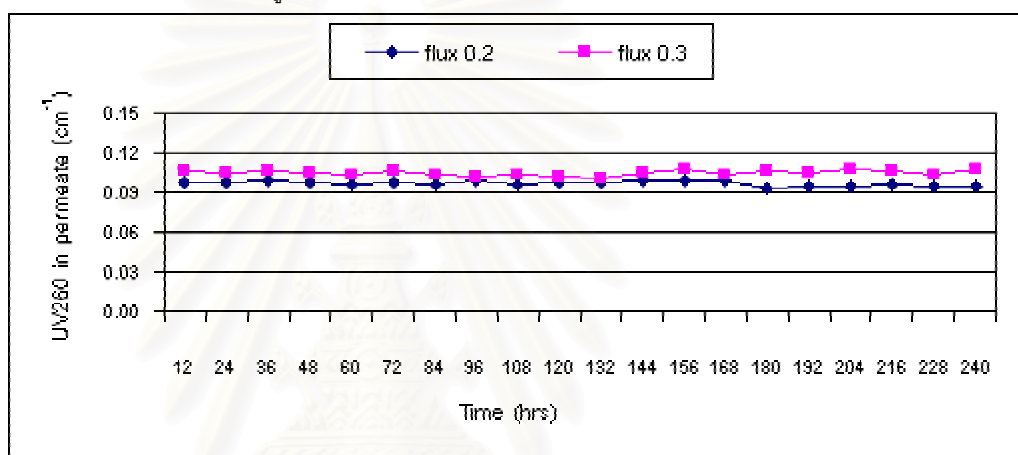
จากรูปที่ 4.56ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.24\text{-}1.00$ และ $0.31\text{-}1.16 \text{ ซม}^{-1}$ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.56ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ $0.0935\text{-}0.0997$ และ $0.1011\text{-}0.1087 \text{ ซม}^{-1}$ โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.56ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรก %การกำจัด UV260 ที่ทั้งค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 65% และ 75% ตามลำดับ หลังจากนั้น %การกำจัด UV260 ที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ก็เพิ่มสูงขึ้น มีค่าประมาณ $78\text{-}90\%$ และ $86\text{-}93\%$ ตามลำดับ โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มี %การกำจัด UV260 สูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจาก UV260 เป็นตัวแทนปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าขนาดรูกรองของเมมเบรนขนาด $0.1 \mu\text{m}$ ทำให้ในช่วงแรก %การกำจัด UV260 จึงค่อนข้างต่ำ เมื่อเดินระบบไประยะหนึ่ง จะเกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน ซึ่ง cake layer นี้เอง มีส่วนช่วยในการดักจับสารอินทรีย์ธรรมชาติเหล่านั้น ทำให้ %การกำจัด UV260 มีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 เล็กน้อย จึงทำให้เกิด cake layer ที่ผิวของเมมเบรนได้มาก และเร็วกว่า ซึ่งมีส่วนช่วยในการกำจัด UV260 ได้เพิ่มขึ้น

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

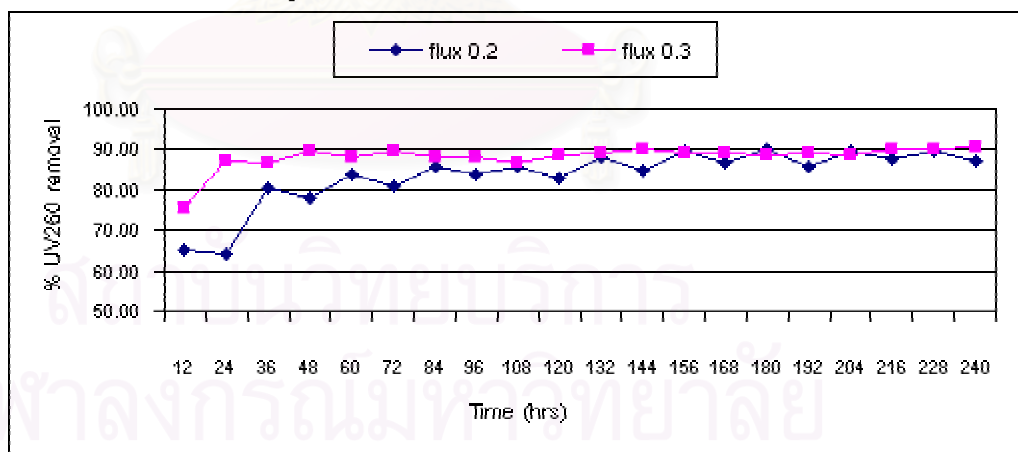
จากรูปที่ 4.57ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง $3.4\text{-}6.5$ และ $6.5\text{-}8.4 \text{ มก/ล}$ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.57ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าประมาณ $2.1\text{-}3.2$ และ $3.1\text{-}5.2 \text{ มก/ล}$ โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.57ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ



รูปที่ 4.56ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



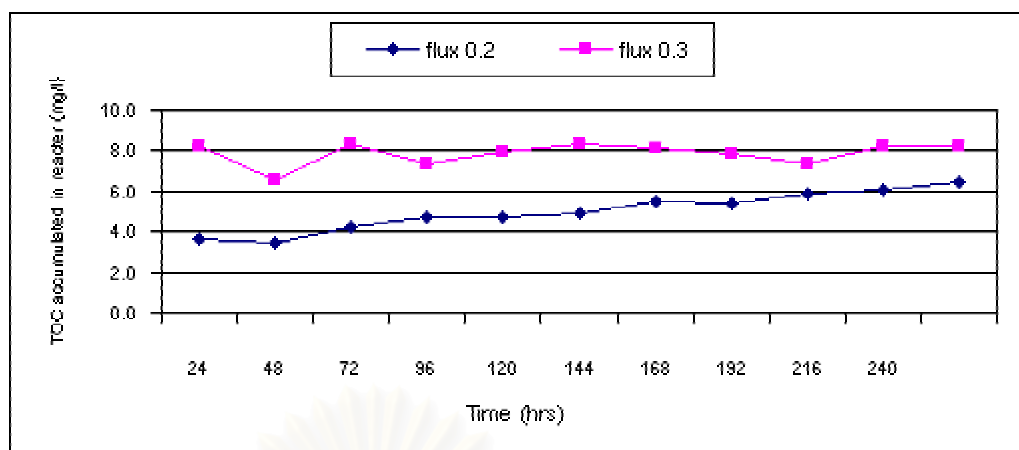
รูปที่ 4.56ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



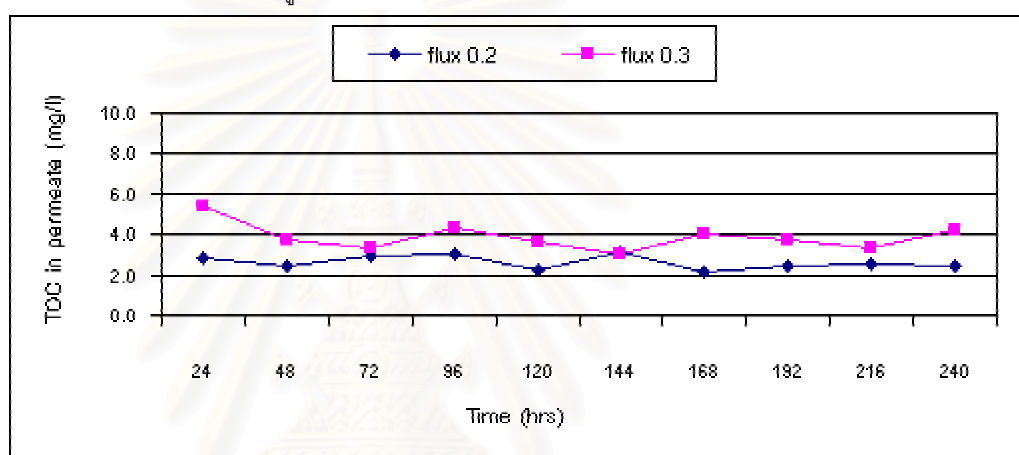
รูปที่ 4.56ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.56 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

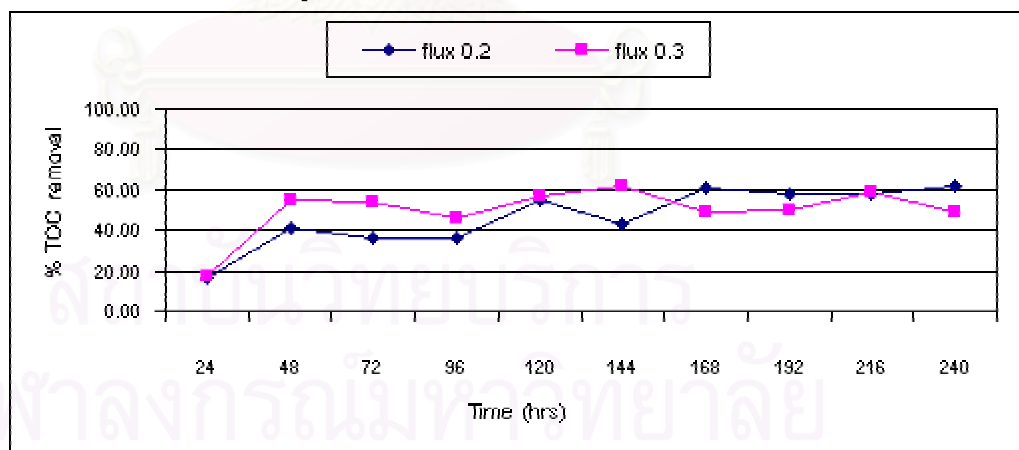
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.57ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.57ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.57ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.57 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร

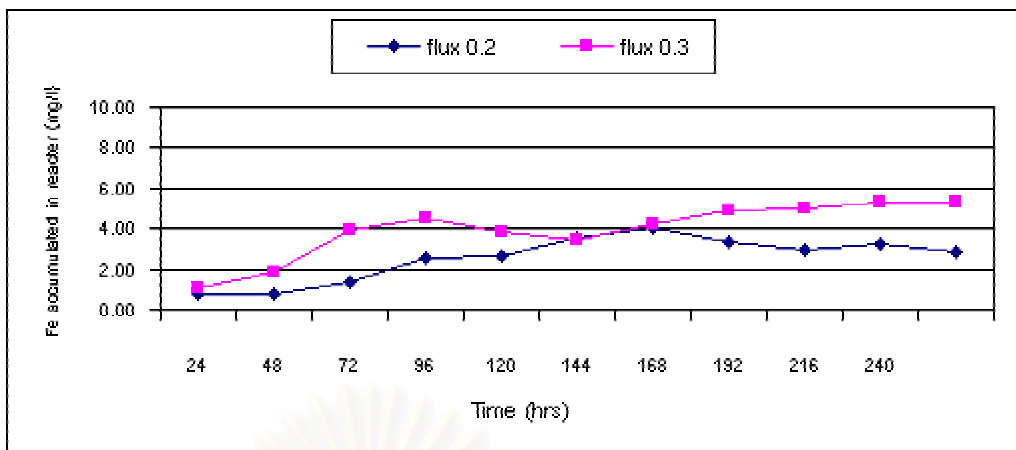
มีค่าประมาณ 16-62% เหตุที่ TOC ถูกกำจัดได้มาก ทั้งที่ TOC คือปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งรวมถึงโมเลกุลที่อาจมีขนาดเล็กมากจนสามารถไหลผ่านเมมเบรน อีกทั้งยังสามารถละลายน้ำได้ แต่ในที่นี้กระบวนการไมโครฟิลเตรชันสามารถกำจัดได้มากถึง 60% น่าจะมีสาเหตุมาจากการดูดติดของ TOC ที่ cake layer ของเมมเบรน สำหรับเมมเบรนขนาดช่องว่าง $0.1 \mu\text{m}$ ซึ่ง cake layer ที่เกิดขึ้นมีส่วนช่วยในการกำจัด TOC มากกว่าที่เมมเบรนขนาดช่องว่าง $0.4 \mu\text{m}$ เมื่อผ่านเวลา 168 ชั่วโมงไป

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก

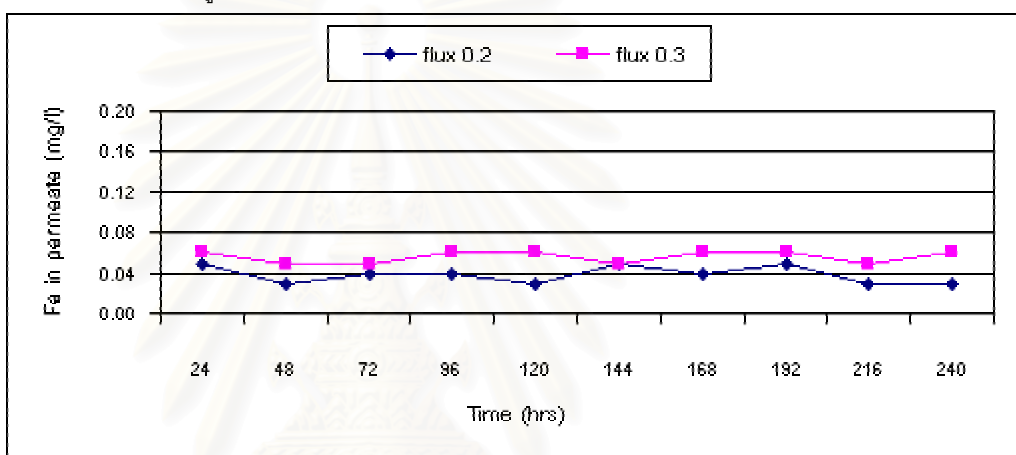
จากรูปที่ 4.58ก แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.76-4.00 และ 1.11-5.33 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.58ข แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 0.03-0.06 มก/ล จากรูปที่ 4.58ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ที่ชั่วโมงที่ 12 %การกำจัดเหล็กของทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าประมาณ 93.8 และ 97.6% ตามลำดับ และจะเพิ่มขึ้นเป็น 97.7-99.2% เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 ไปตลอดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากการเป่าอากาศทางด้านล่างของถัง ทำให้เหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) ซึ่งละลายในน้ำกลายเป็นเหล็กเฟอริก (Fe^{3+}) ซึ่งไม่ละลายน้ำ ดังแสดงในสมการที่ 4.3 ที่ได้กล่าวไปแล้ว ทำให้แยกออกจากน้ำและถูกกำจัดโดยกระบวนการไมโครฟิลเตรชันได้ นอกจากนี้ค่า pH ที่ใช้ในการทดลองมีค่า pH อยู่ในช่วง 7.82-8.19 ซึ่งมีค่าเป็นกลางค่อนข้างเบส ก็ช่วยให้เหล็กถูกกำจัดได้ง่าย เนื่องจากหากน้ำมีค่าความเป็นกรดสูง เหล็กมักจะเกิดอยู่ในรูปเฟอรัส ทำให้ยากแก่การกำจัด

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีส

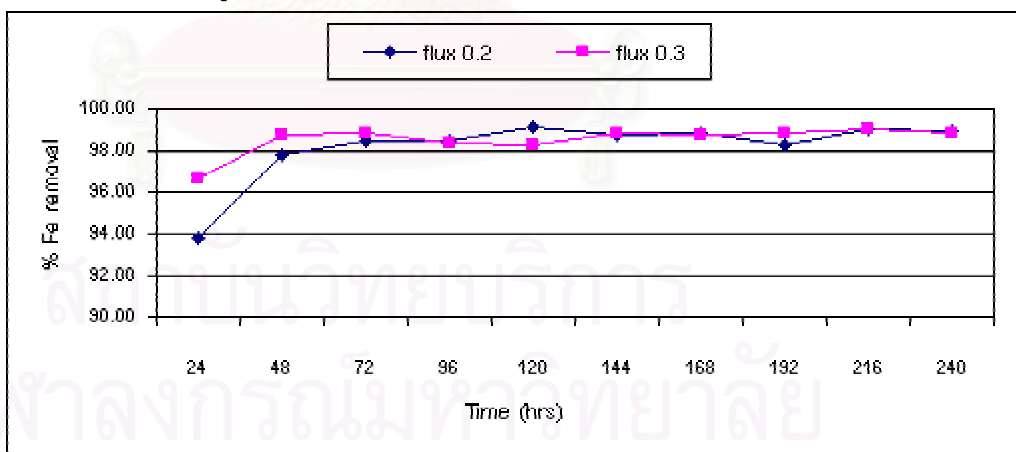
เนื่องจากน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำดิบตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีสได้



รูปที่ 4.58ก ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.58ข ค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.58ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.58 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.10 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm

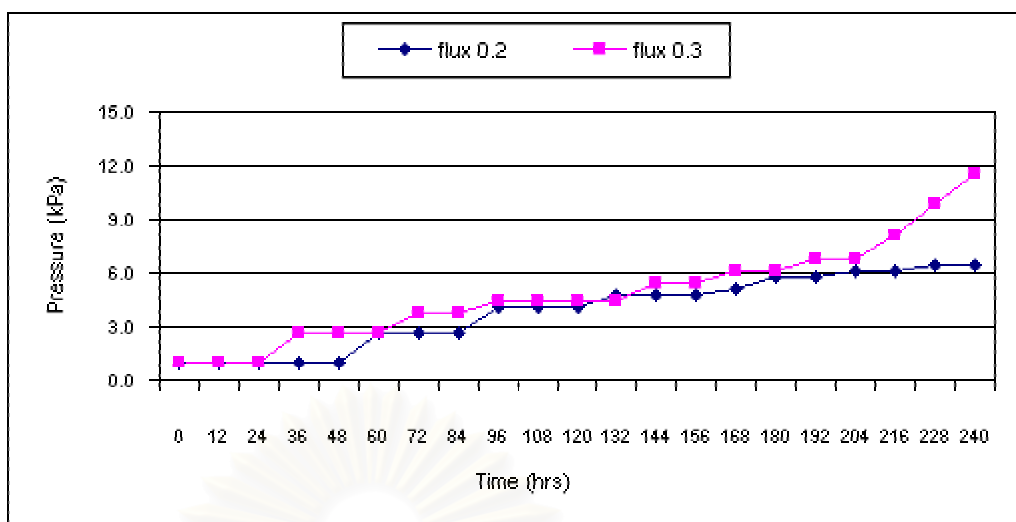
flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.2	24	1500	N.D.	930	N.D.
	240	2100	N.D.	1200	N.D.
0.3	24	930	N.D.	230	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

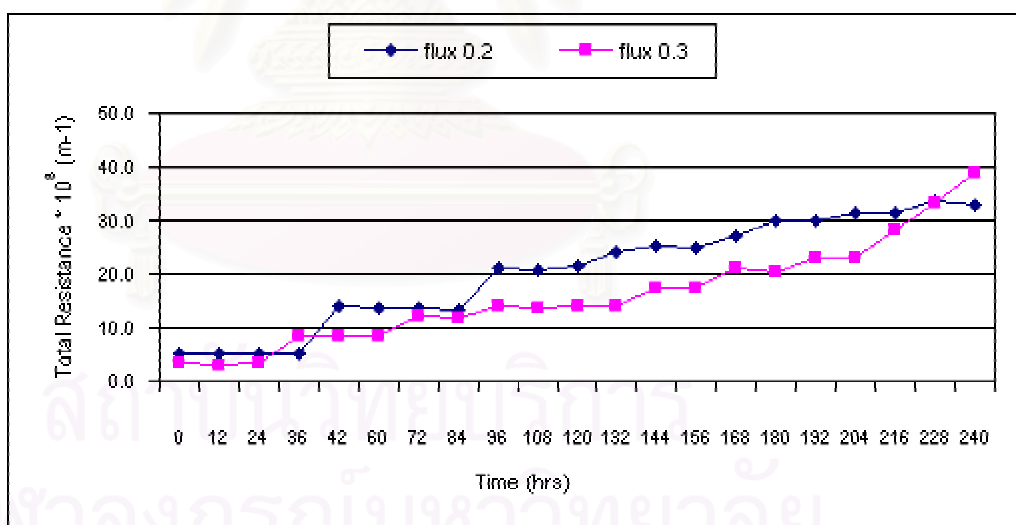
4.3.3.2 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.59 แสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่เมมเบรนขนาด 0.4 μm จะเห็นได้ว่า ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง โดยในช่วงแรกค่าฟลักซ์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน และเมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 24 ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ไปตลอดการทดลอง โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 6.5 และ 11.6 kPa ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ จากสมการที่ 4.1 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว จะได้ว่า เมื่อค่าฟลักซ์ (J_v) เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าลดลง ดังรูปที่ 4.60 ซึ่งแสดงผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.59 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน



รูปที่ 4.60 ผลของค่าฟลักซ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

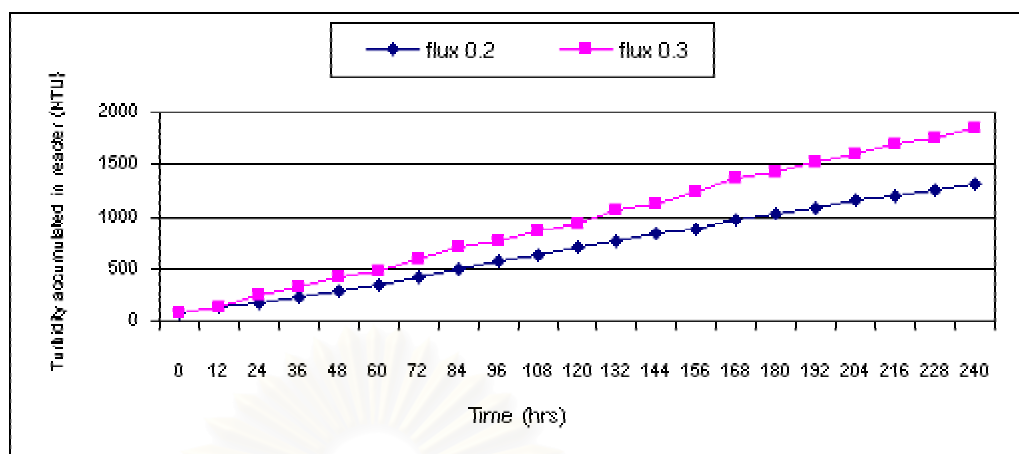
ค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน ซึ่งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าความต้านทานรวมสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ยกเว้นในบางค่าเท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลต่างความดันที่ผิวหน้าของเมมเบรนและความหนืดของน้ำซึ่งเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลา โดยค่าความต้านทานรวมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 32.84×10^8 และ $39.07 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

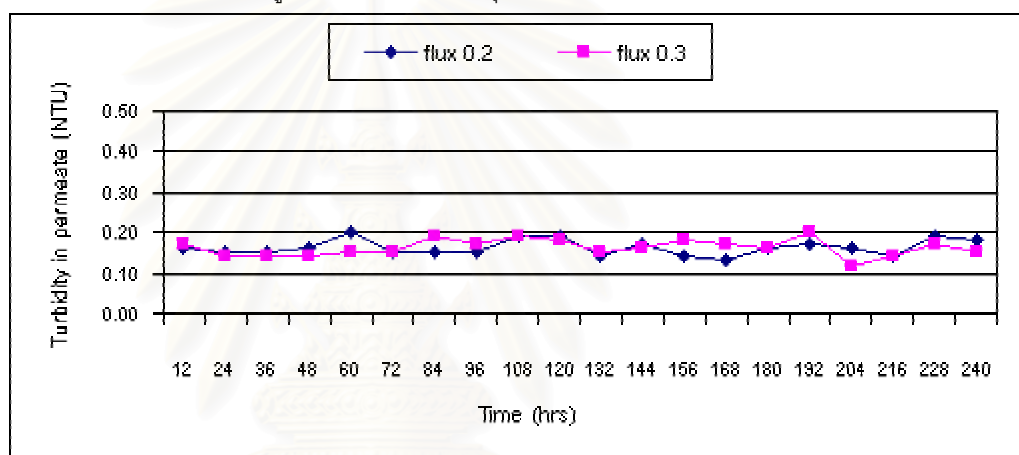
จากรูปที่ 4.61ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 71-1306 และ 72-1842 NTU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.61ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 0.12-0.20 NTU จากรูปที่ 4.61ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดความขุ่น มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณเกือบ 100% โดยเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มเดินระบบเล็กน้อย ดังนั้นทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ให้ผลการกำจัดความขุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

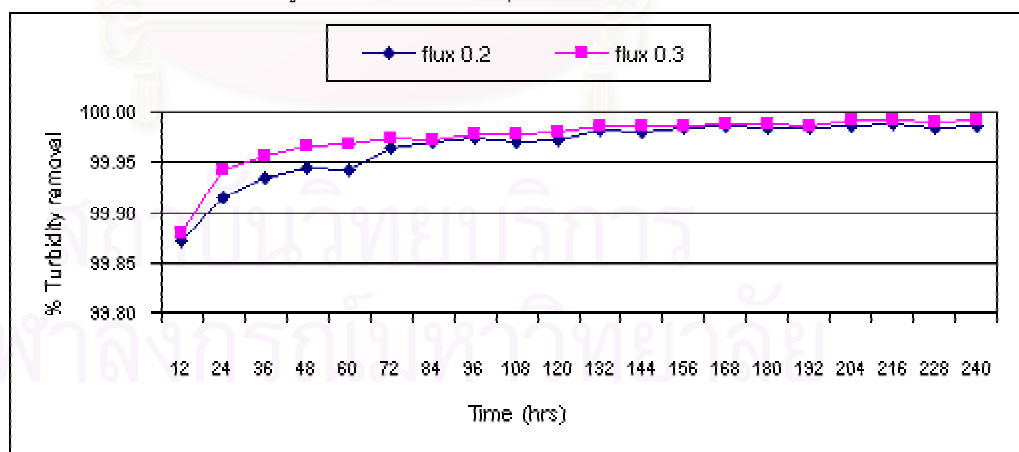
จากรูปที่ 4.62ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 119-778 และ 141-769 TCU ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.62ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 5.1-8.3 และ 7.7-12.7 TCU ตามลำดับ โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.62ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดสี มีค่าใกล้เคียงกันที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 94-99% โดยในช่วงแรก %การกำจัดสีที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 96 ไป %การกำจัดสีที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ มีค่าใกล้เคียงกันไปตลอดการทดลอง โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ให้ผลในการกำจัดสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4.61ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



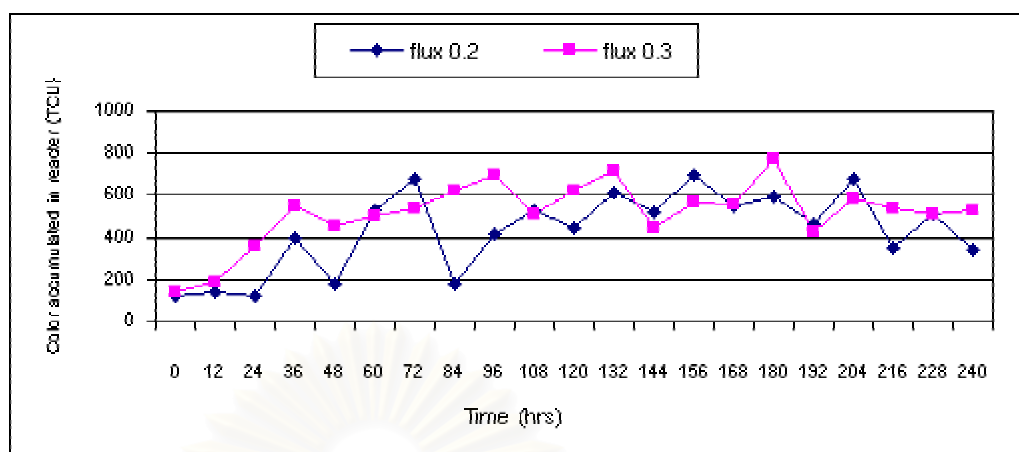
รูปที่ 4.61ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



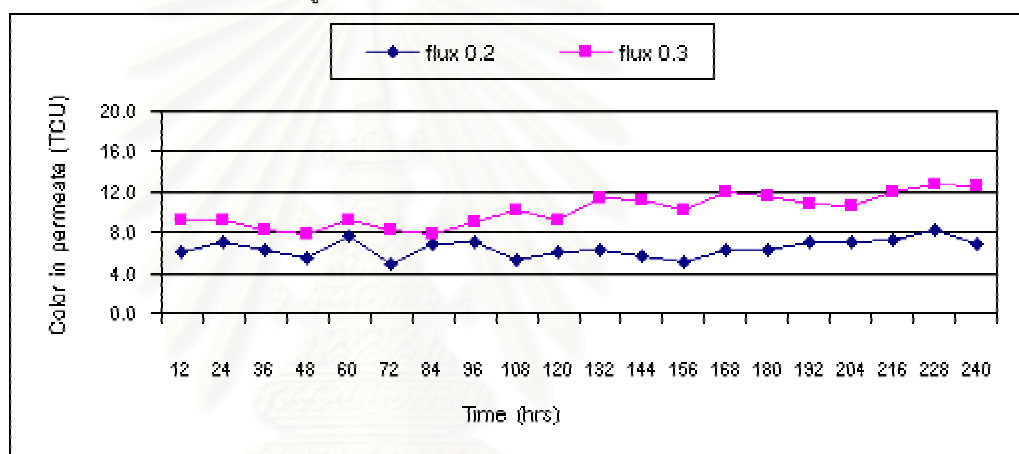
รูปที่ 4.61ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

รูปที่ 4.61 ผลค่าฟลักซ์ต่อค่าความขุ่น

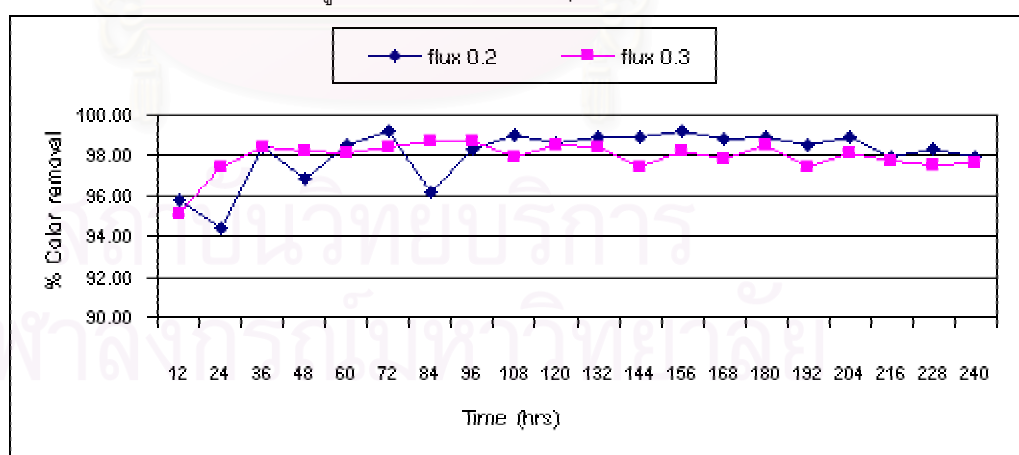
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.62ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.62ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.62ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

รูปที่ 4.62 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าสี

สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าUV260

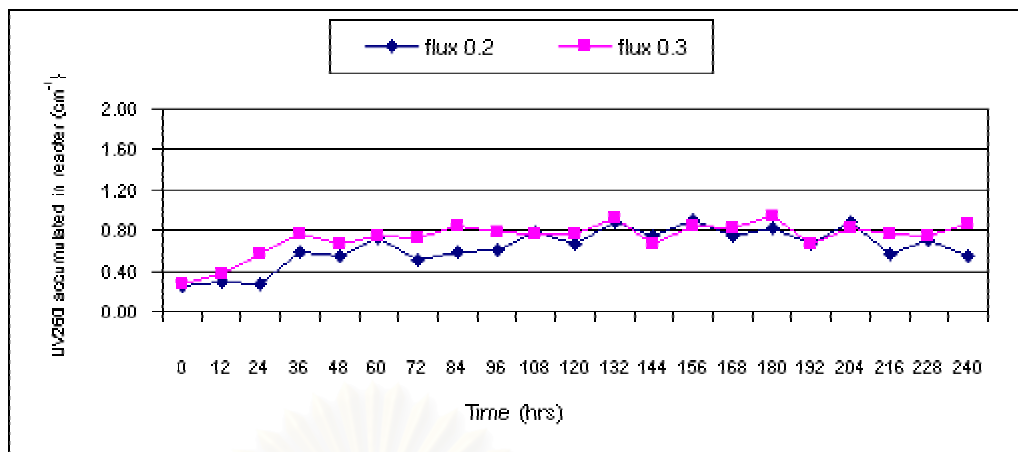
จากรูปที่ 4.63ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.25-0.90 และ 0.28-0.93 ซม⁻¹ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.63ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันตลอดการทดลองทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน คือ ประมาณ 0.1011-0.1068 และ 0.1121-0.1305 ซม⁻¹ โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.63ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรก %การกำจัด UV260 ที่ทั้งค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน มีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 65% และ 68% ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น 78-88% ที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ เมื่อผ่านชั่วโมงที่ 36 ไปตลอดการทดลอง ดังนั้นที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ให้ผลในการกำจัด UV260 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

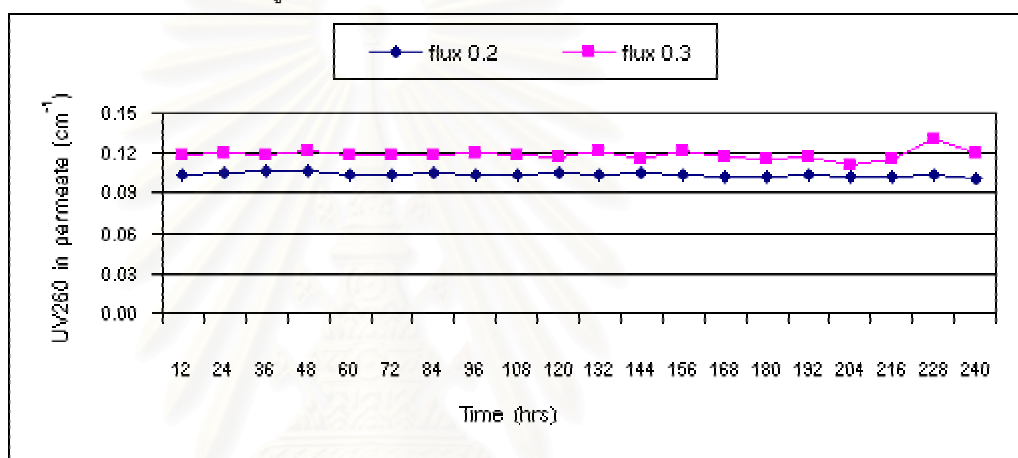
จากรูปที่ 4.64ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน มีการเพิ่มขึ้นของค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.8-7.6 และ 7.8-9.5 มก/ล ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.64ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน คือ ประมาณ 3.3-4.6 และ 2.8-5.4 มก/ล จากรูปที่ 4.64ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 ม³/ม²-วัน มีค่าประมาณ 30-51% และ 40-68% ตามลำดับ โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ดังนั้นที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ให้ผลในการกำจัด TOC ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก

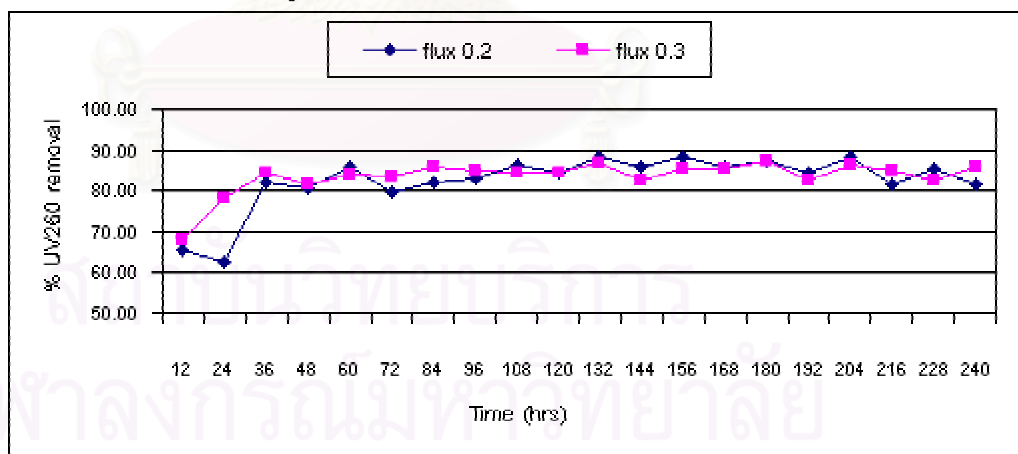
จากรูปที่ 4.65ก แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน มีการเพิ่มขึ้นของค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของ



รูปที่ 4.63ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



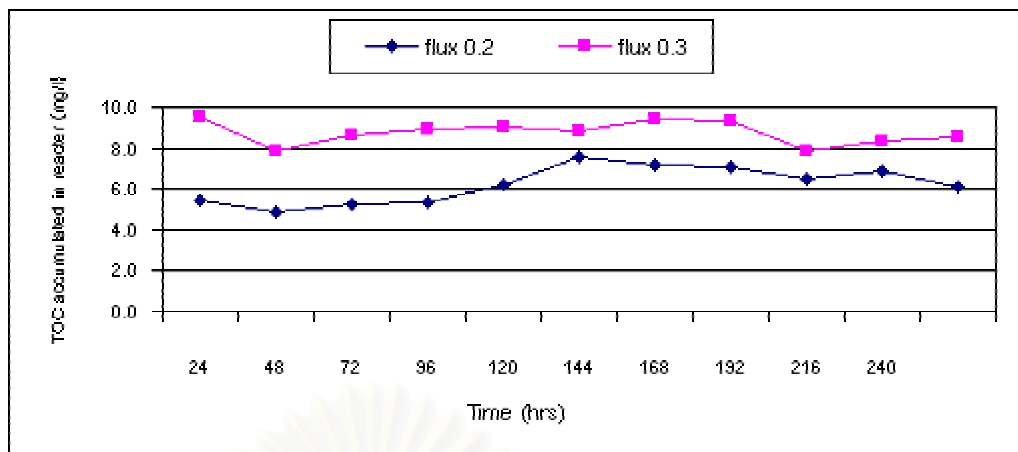
รูปที่ 4.63ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



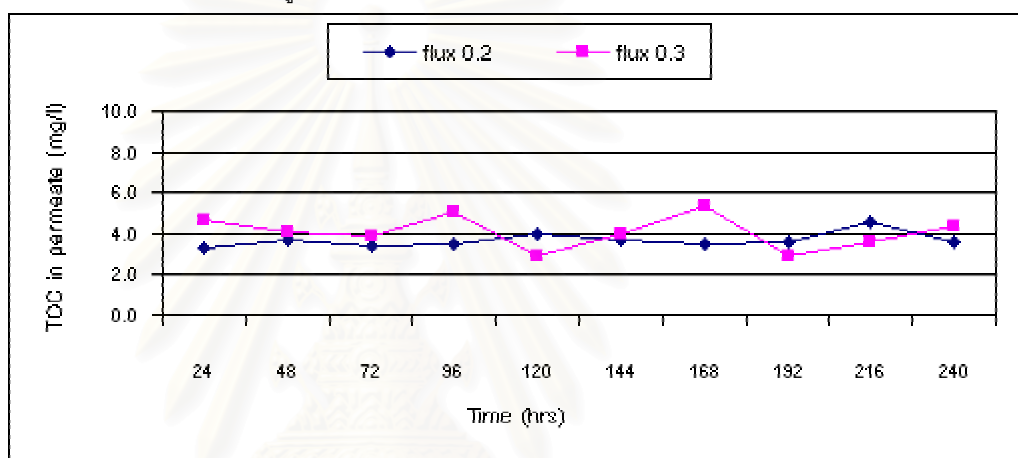
รูปที่ 4.63ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.63 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า UV260

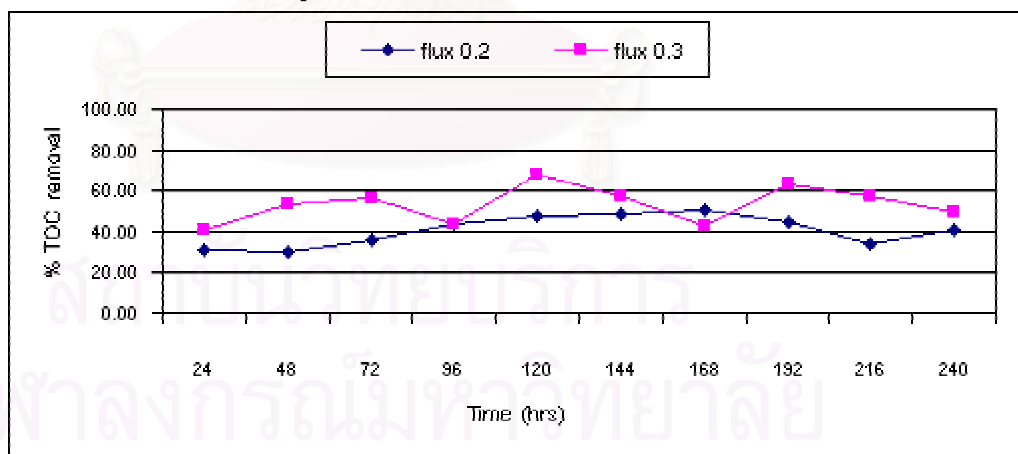
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.64ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



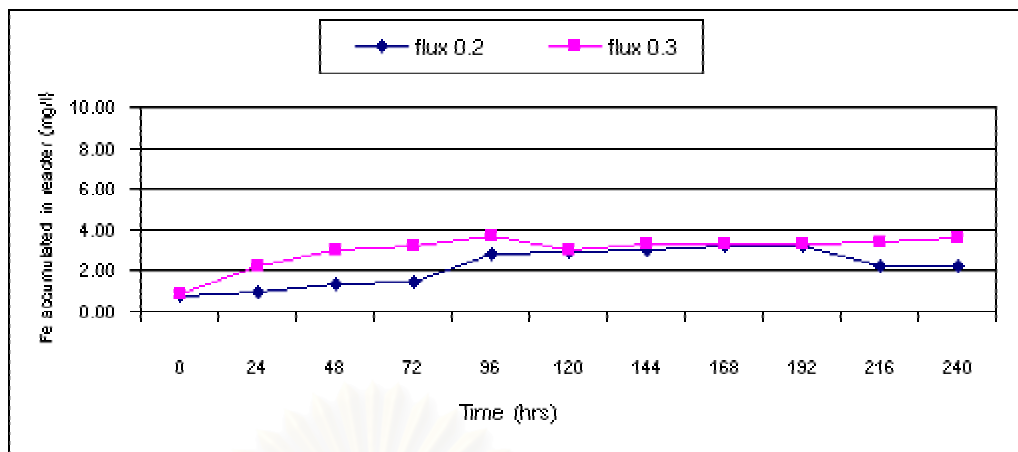
รูปที่ 4.64ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



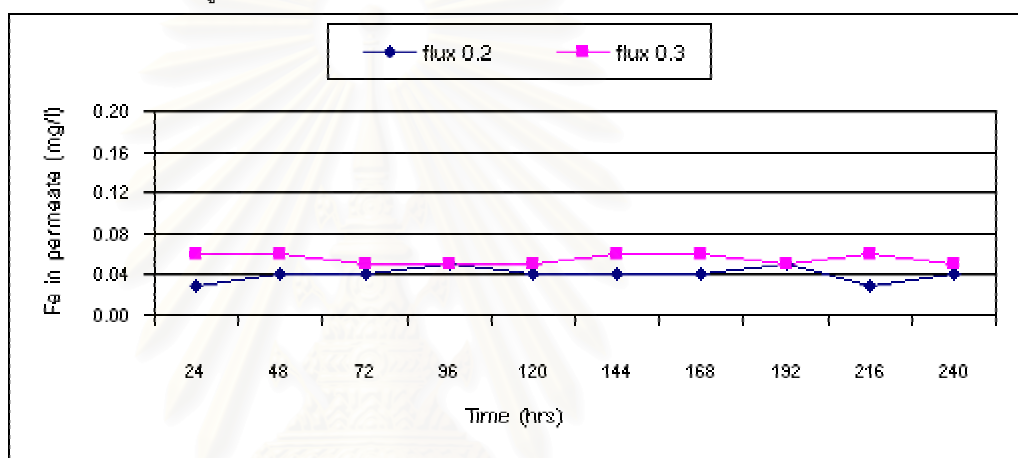
รูปที่ 4.64ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.64 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่า TOC

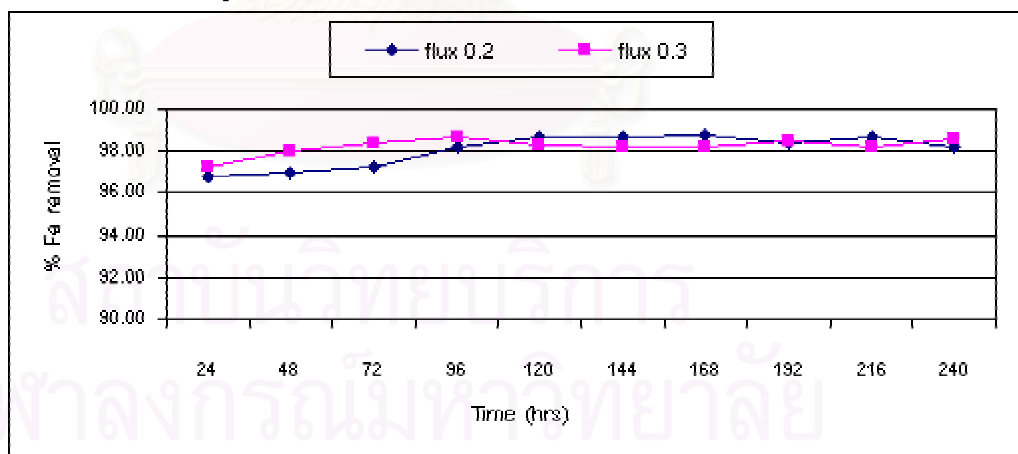
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร



รูปที่ 4.65ก ค่าความเข้มข้นของเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.65ข ค่าความเข้มข้นของเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.65ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.65 ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของเหล็ก
สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร

น้ำดิบในถังสูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.75-3.21 และ 0.86-3.66 mg/l ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.65ข แสดงค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 0.03-0.06 mg/l จากรูปที่ 4.65ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัดเหล็กมีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ คือ ประมาณ 96.7-98.6% ดังนั้นที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์ ให้ผลในการกำจัดเหล็กไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีส

เนื่องจากน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในน้ำดิบตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความเข้มข้นของแมงกานีสได้

ผลของค่าฟลักซ์ต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 ค่าฟลักซ์

ตารางที่ 4.11 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm

flux ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-day}$)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0.2	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	1500	N.D.	4300	N.D.
0.3	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.4 การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยกระบวนการบำบัดขั้นต้น

จากการศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ จะได้ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเดินระบบยาว (10 วัน) กับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน ดังตารางที่ 4.12 ซึ่งแสดงลำดับขั้นตอนในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน) สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

ตารางที่ 4.12 ลำดับขั้นตอนในการเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

สำหรับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน

การทดลองที่	ลักษณะของน้ำดิบ	ขนาดรูกรองของ เมมเบรน (μm)	ค่าฟลักซ์ ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$)
1	น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	0.1	ก1 หรือ ก2 = 0.3
2	(5-10 NTU)	0.1	ข1 หรือ ข2 = 0.2
3		0.4	ค1 หรือ ค2 = 0.3
4		0.4	ง1 หรือ ง2 = 0.2

ศึกษาเปรียบเทียบการเดินระบบระหว่างระบบซึ่งใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) ที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น (หัวข้อ 4.3) กับระบบซึ่งใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยศึกษาถึงผลต่อค่าความดันและประสิทธิภาพของกระบวนการไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย แบ่งเป็น 6 การทดลอง คือ

- 1) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
- 2) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
- 3) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$
- 4) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

5) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

6) ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

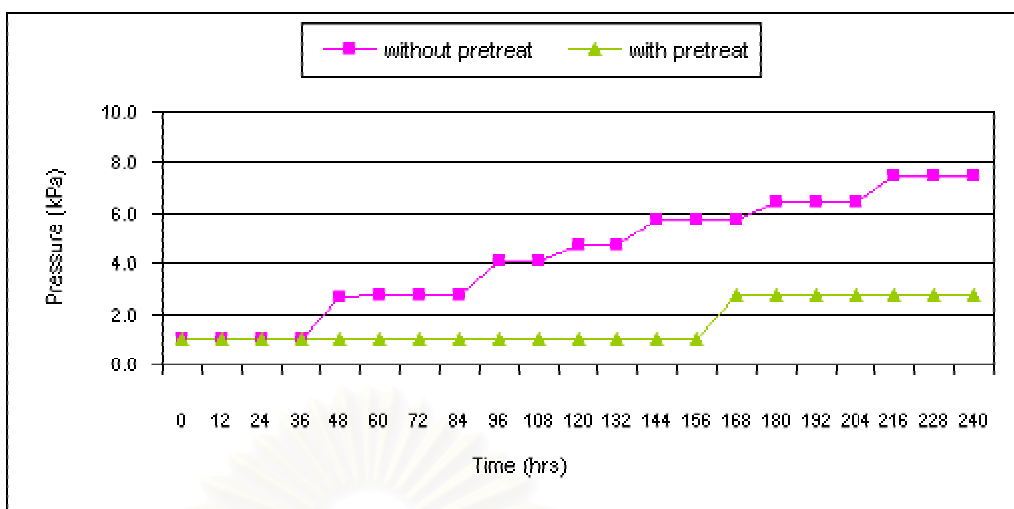
4.4.1 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น
กับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

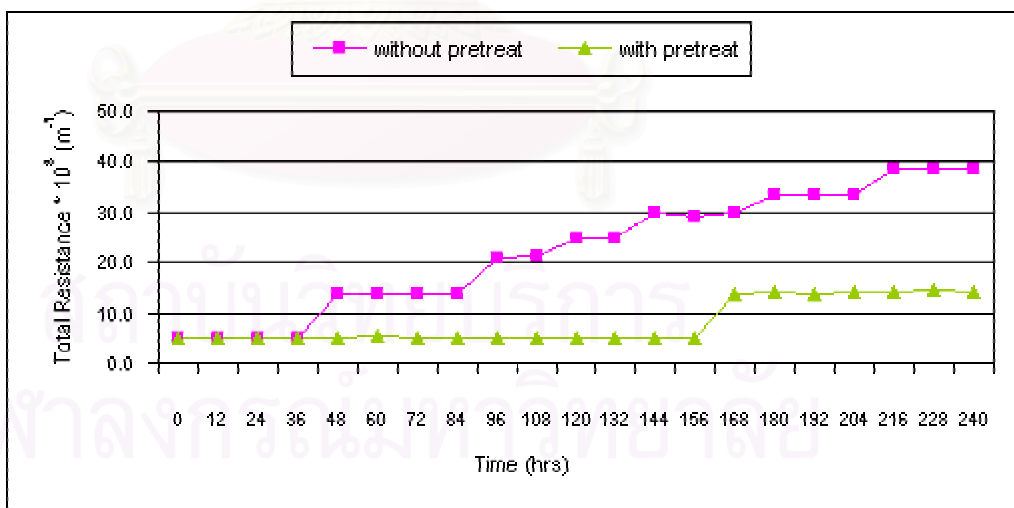
จากรูปที่ 4.66 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น กับเมมเบรนขนาด $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า ในช่วงแรกการบำบัดขั้นต้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน แต่เมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 48 สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง เนื่องจากเกิดการสะสมของอนุภาคหรือคอลลอยด์บนผิวหน้าของเมมเบรน ที่เรียกว่า เคก (cake) ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว จะมีค่าความขุ่นต่ำลงมาก จึงทำให้การสะสมของอนุภาคบนผิวเมมเบรนมีไม่มากนัก โดยที่เวลา 240 ชั่วโมงมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 2.7 และ 7.5 kPa สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.67 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ $14.4 \cdot 10^8$ และ $38.7 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

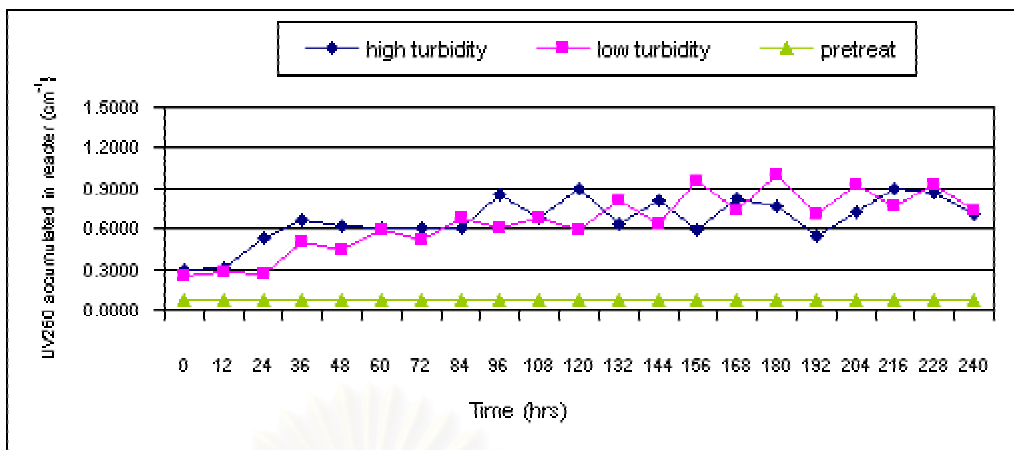
จากรูปที่ 4.68ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.1-43.1 และ 83-1431 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูป



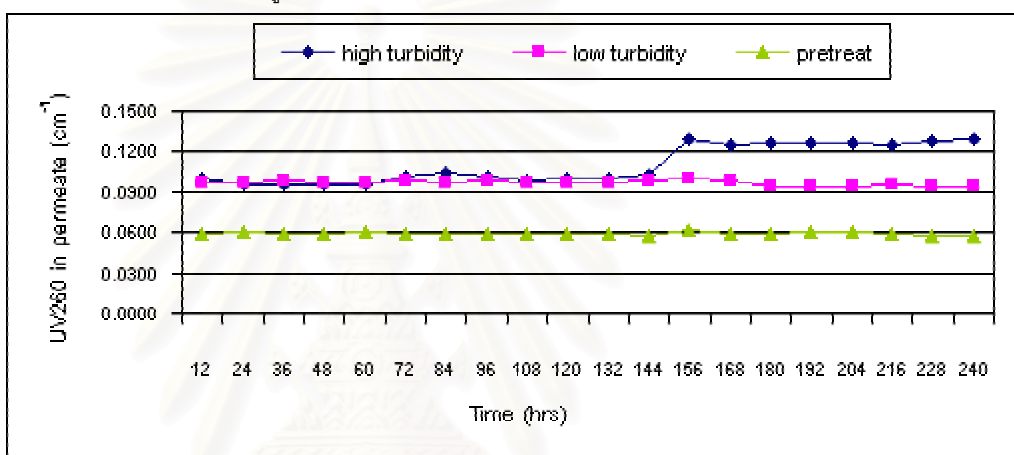
รูปที่ 4.66 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



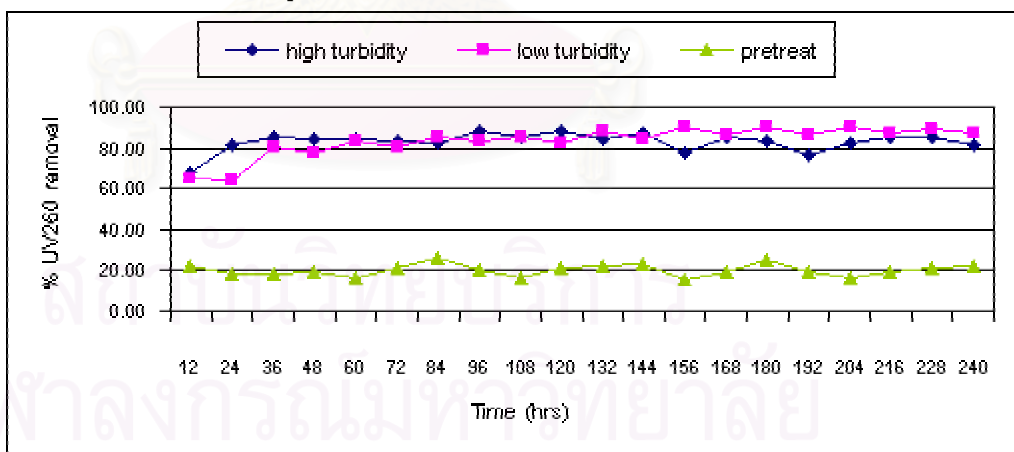
รูปที่ 4.67 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



รูปที่ 4.68ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.68ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.68ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.68 ผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

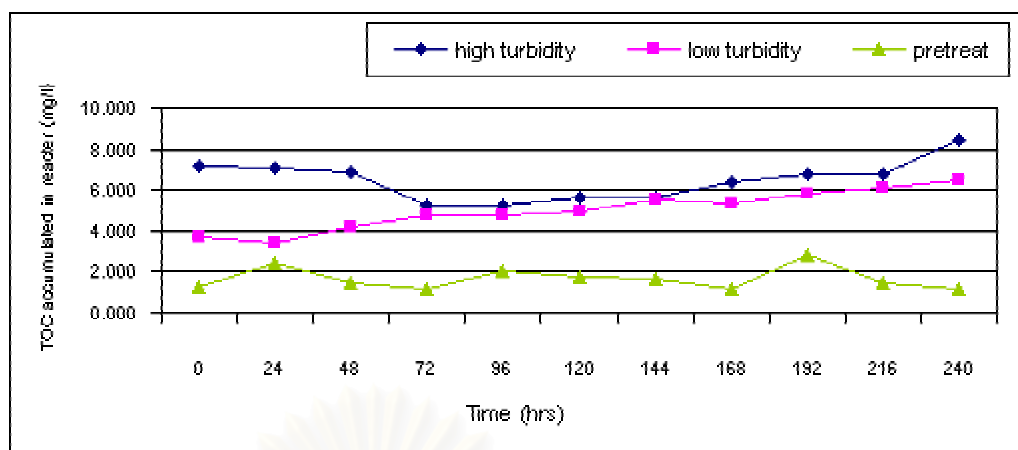
ที่ 4.68ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น คือ ประมาณ 0.11-0.22 NTU จากรูปที่ 4.68ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่นประมาณเกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 98.0-99.6% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น

ผลของการบำบัดชั้นต้นต่อค่าสี

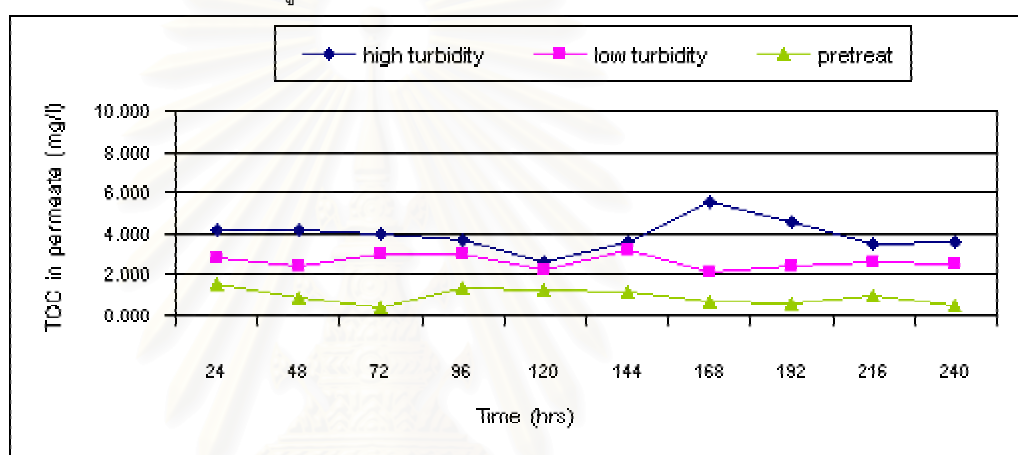
จากรูปที่ 4.69ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.3-17.0 และ 127-777 TCU สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดชั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.69ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 0.3-2.9 และ 3.6-7.6 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.69ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มี %การกำจัดสี ประมาณ 94.3-99.3% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 75.3-87.5% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าสีในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น

ผลของการบำบัดชั้นต้นต่อค่าUV260

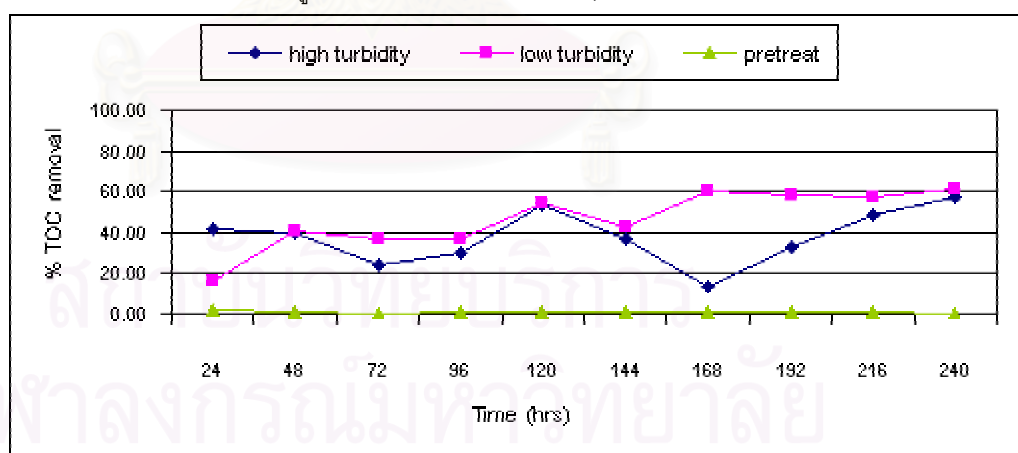
จากรูปที่ 4.70ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดชั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0667-0.0787 และ 0.2474-1.0051 ซม⁻¹ สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดชั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.70ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260



รูปที่ 4.69ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



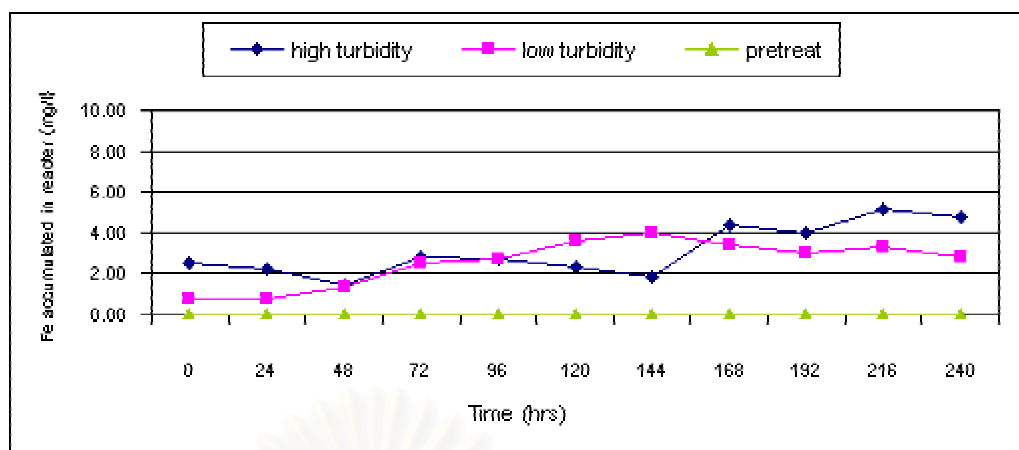
รูปที่ 4.69ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



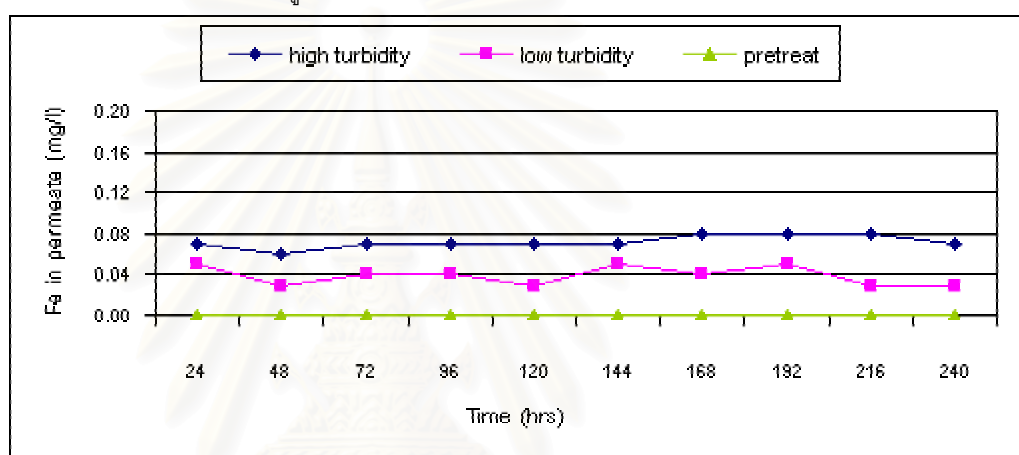
รูปที่ 4.69ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.69 ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่า TOC

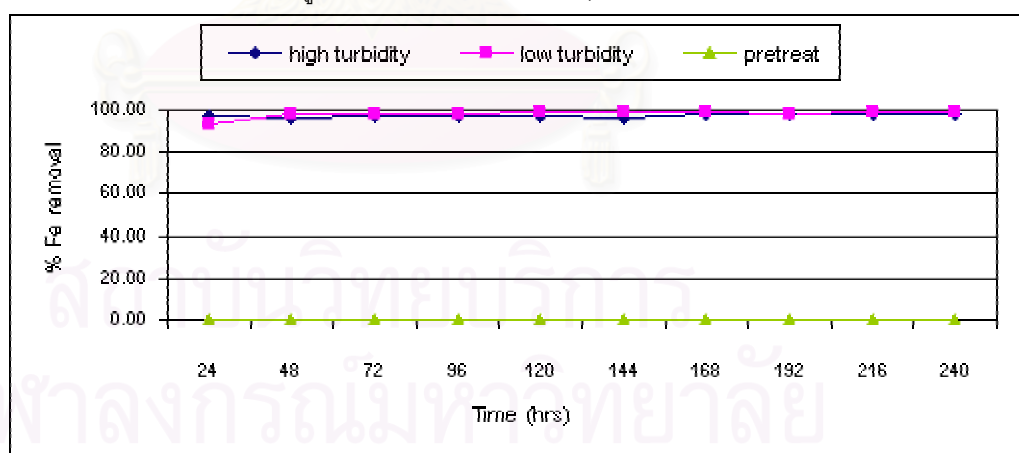
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



รูปที่ 4.70ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.70ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.70ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.70 ผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

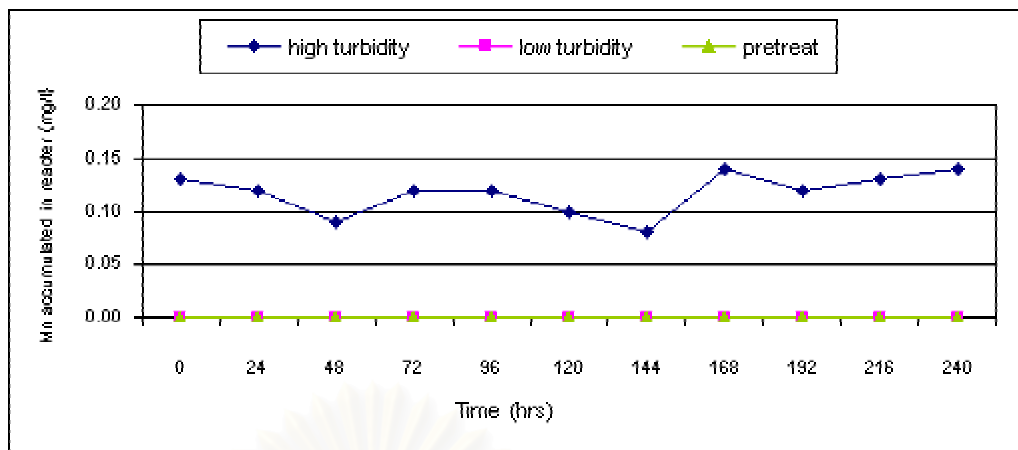
ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.0572-0.0612 และ 0.0935-0.0997 ซม¹ สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.70ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัด UV260 ประมาณ 64-90% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 15-26% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นอาจไม่เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน หรือเกิดเพียงเล็กน้อย ซึ่ง cake layer นี้มีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260 จึงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี %การกำจัด UV260 ต่ำกว่า

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า TOC

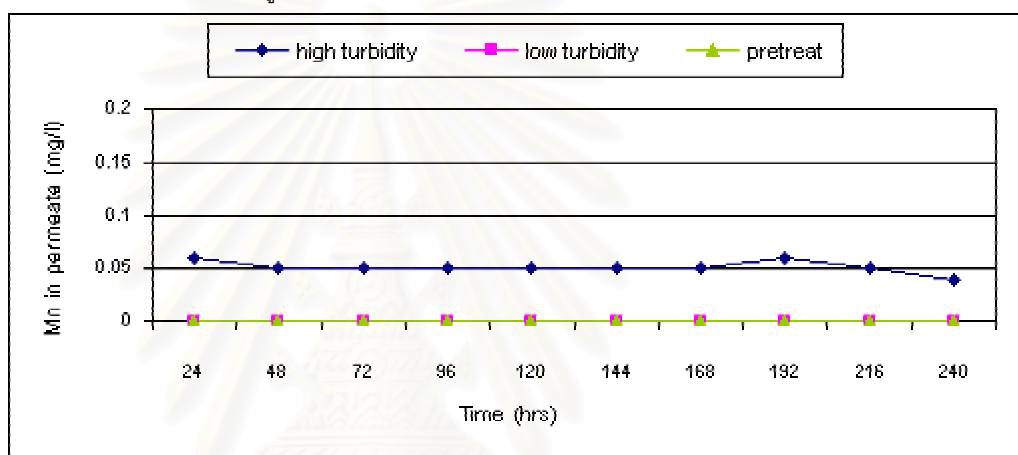
จากรูปที่ 4.71ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-2.7 และ 3.4-6.5 มก/ล สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.71ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.3-1.6 และ 2.1-3.2 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.71ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 26-79% และ 17-62% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

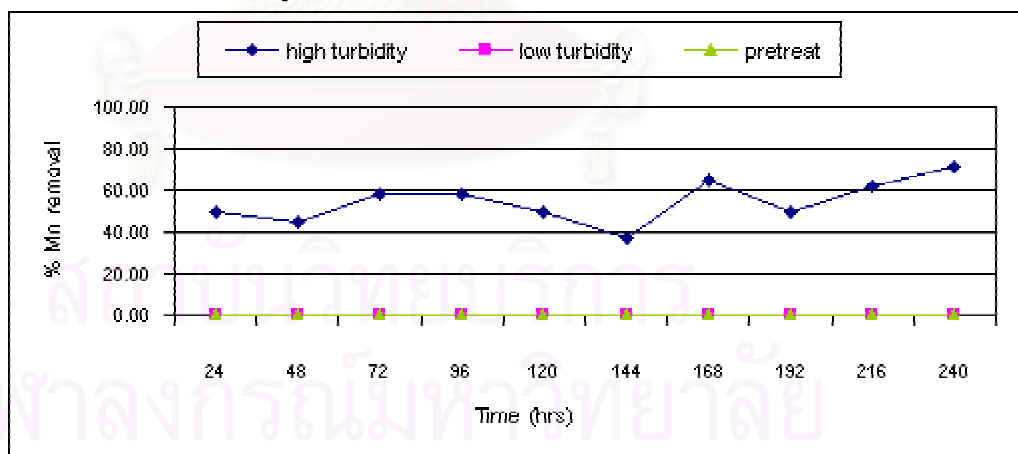
เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้



รูปที่ 4.71ก ค่าแมงกานีสสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.71ข ค่าแมงกานีสของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.71ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดแมงกานีสต่อเวลา

รูปที่ 4.71 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นต่อค่าแมงกานีส

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.13 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลีโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลีโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลีโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 4.13 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	120	N.D.	75	N.D.
	240	93	N.D.	21	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	1500	N.D.	930	N.D.
	240	2100	N.D.	1200	N.D.

หมายเหตุ

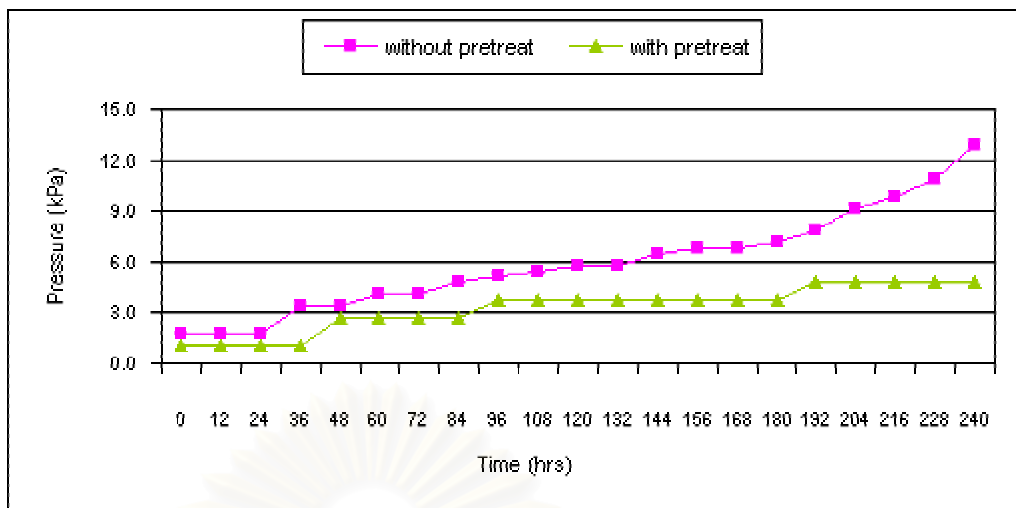
N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.4.2 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

และเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

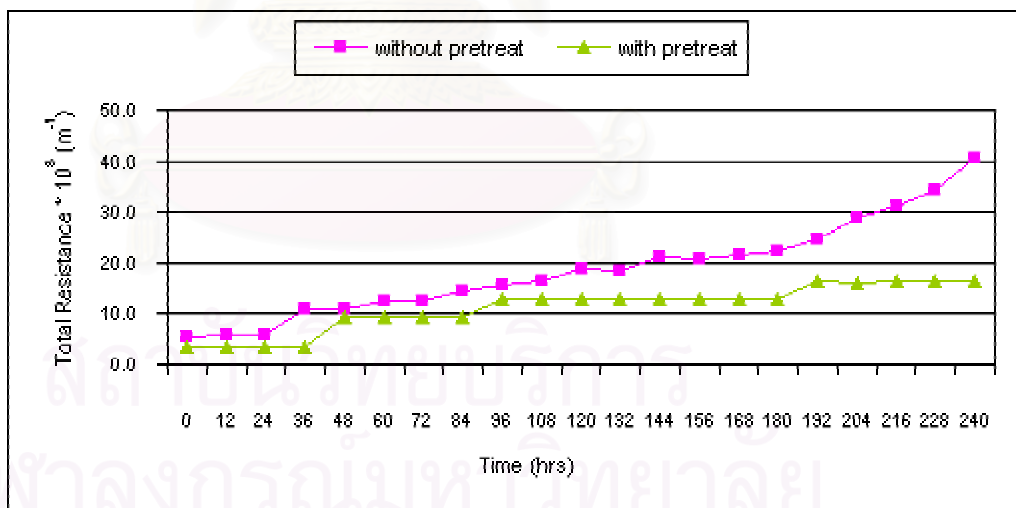
ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.72 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาด $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยที่เวลา 240 ชั่วโมง มีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 4.8 และ 12.9 kPa สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อค่า Δ เพิ่มขึ้น จะทำให้ความดัน



รูปที่ 4.72 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.73 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน

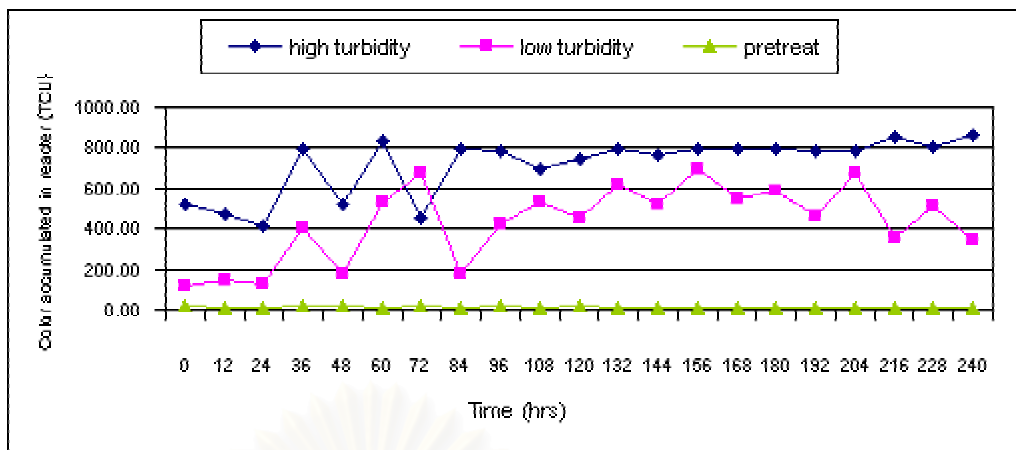
ทานรวม (R_p) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.73 ซึ่งแสดงถึงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ $16.5 \cdot 10^8$ และ $40.5 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ

ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

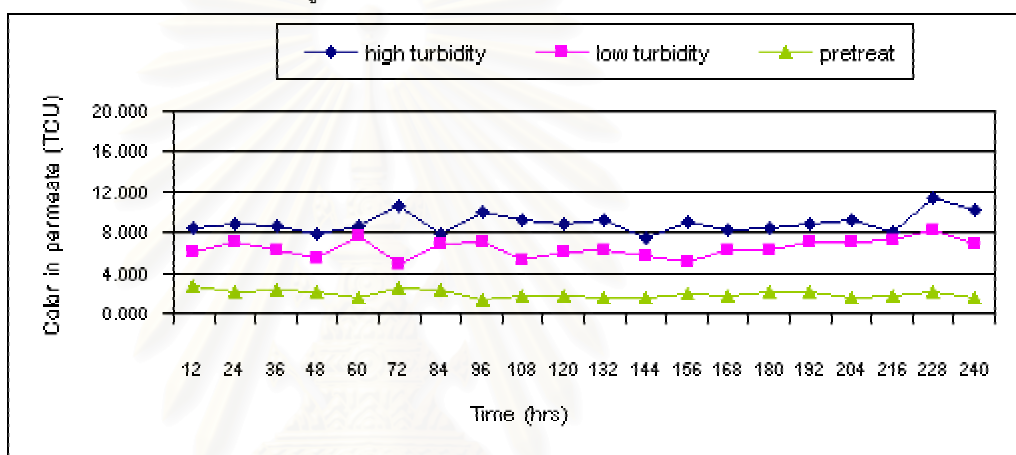
จากรูปที่ 4.74ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.5-70.5 และ 79-2060 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.74ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 0.12-0.22 NTU จากรูปที่ 4.74ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่น ประมาณเกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 98.7-99.7% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าสี

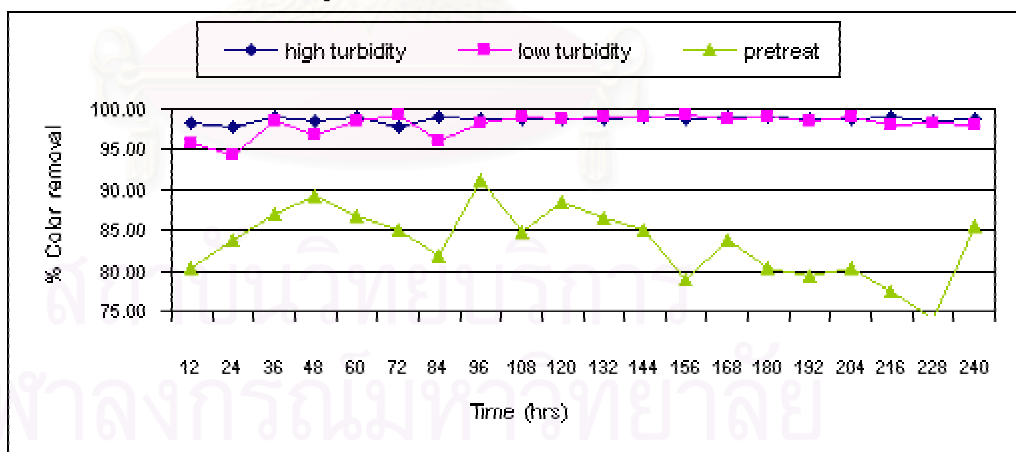
จากรูปที่ 4.75ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.9-19.5 และ 168-891 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.75ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.17-2.2 และ 8.4-11.0 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่ามาก จากรูปที่ 4.75ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดสี



รูปที่ 4.74ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



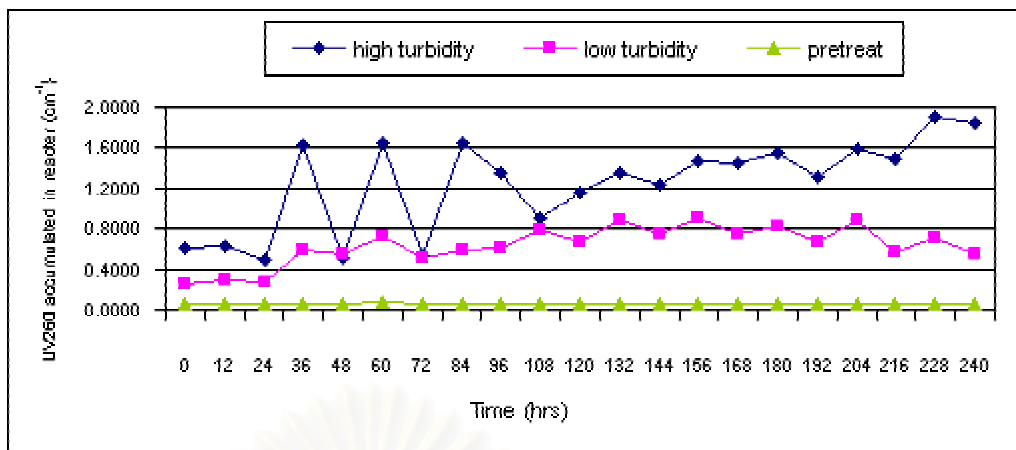
รูปที่ 4.74ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



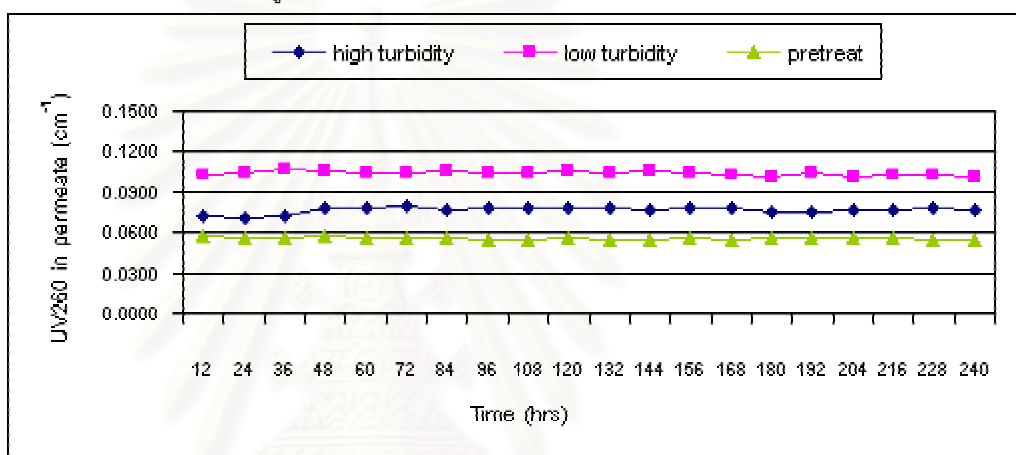
รูปที่ 4.74ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

รูปที่ 4.74 ผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่าสี

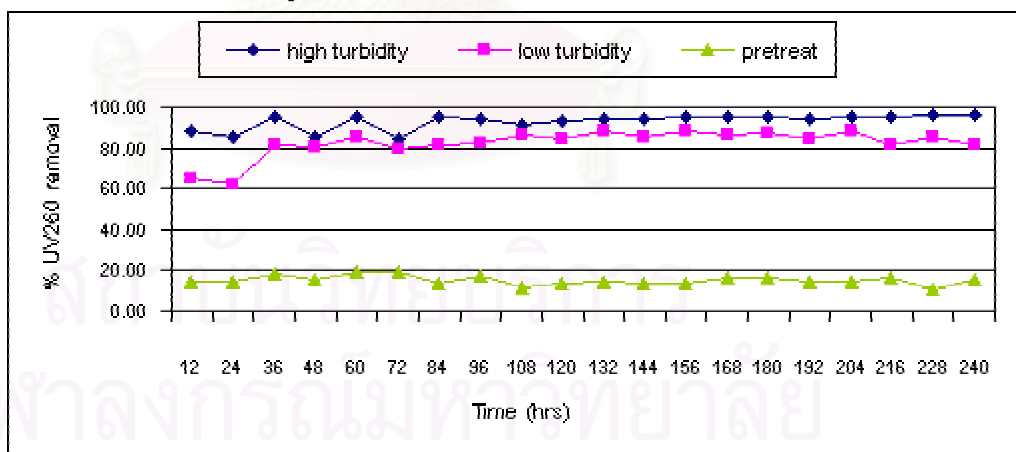
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.75ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.75ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.75ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.75 ผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่า UV260

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

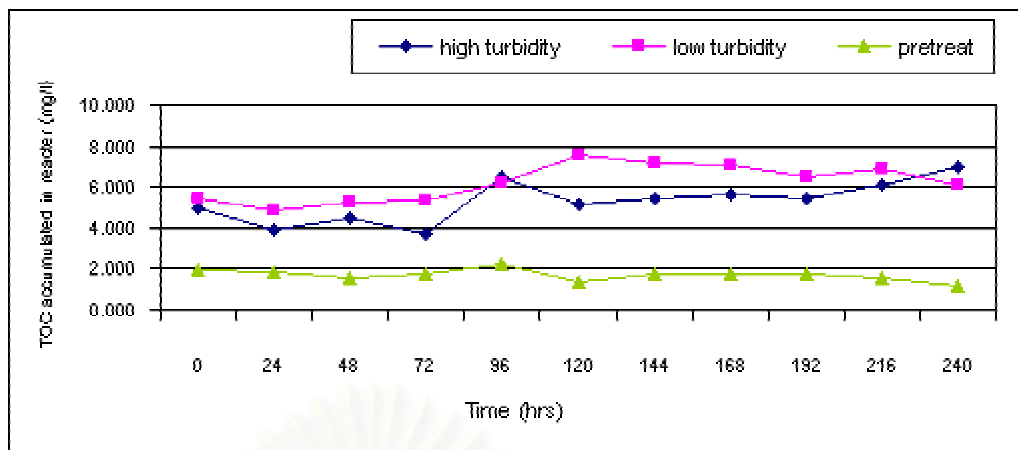
ประมาณ 95.8-98.9% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 85.9-97.4% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก และค่าสีในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่ามากเช่นกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าUV260

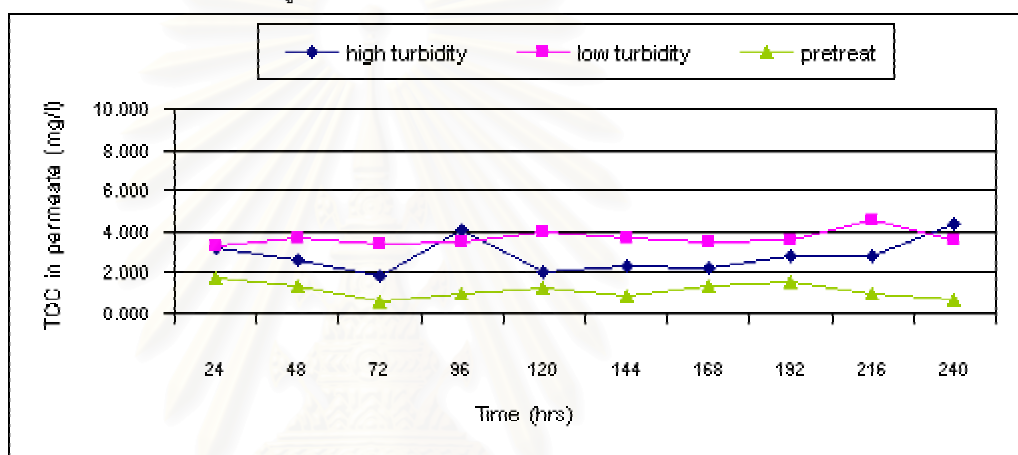
จากรูปที่ 4.76ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0676-0.1034 และ 0.3127-1.1607 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.76ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.0554-0.0657 และ 0.1011-0.1087 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.76ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมี %การกำจัด UV260 ประมาณ 75-93% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 11-39% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นอาจไม่เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน หรือเกิดเพียงเล็กน้อย ซึ่ง cake layer นี้มีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260 จึงมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี %การกำจัด UV260 ต่ำกว่า

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า TOC

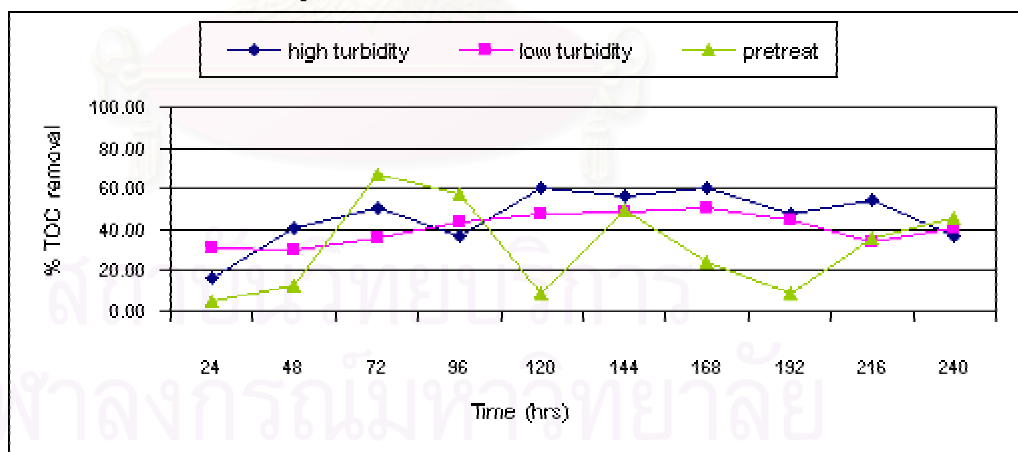
จากรูปที่ 4.77ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-8.4 และ 1.2-3.9 มก/ล ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.77ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 0.7-1.8 และ 3.1-5.4 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัด



รูปที่ 4.76ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



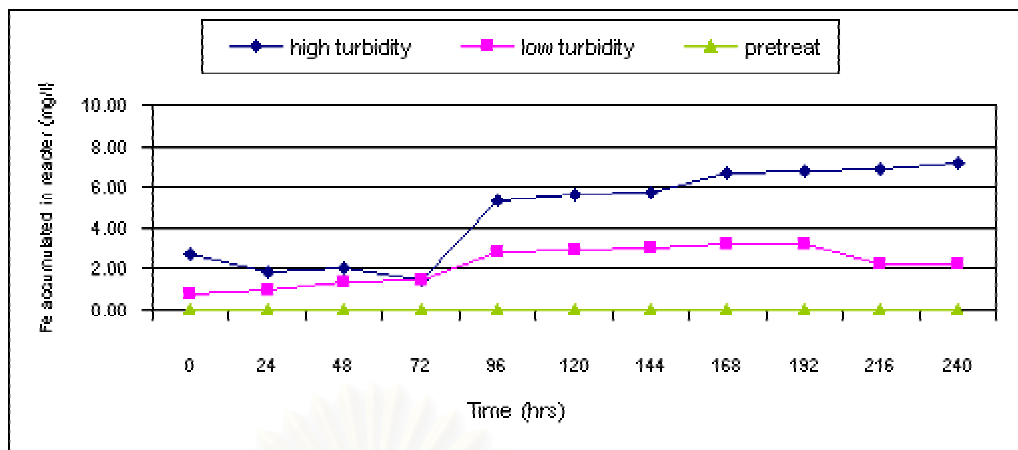
รูปที่ 4.76ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



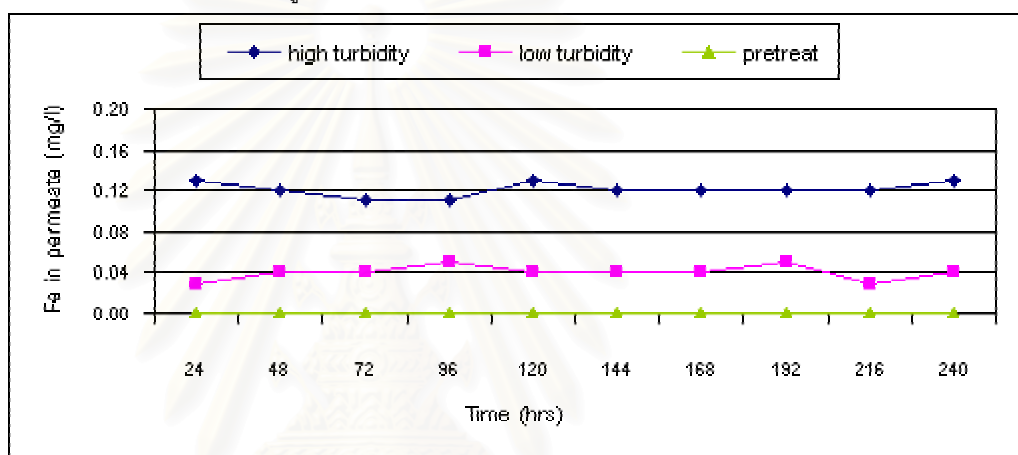
รูปที่ 4.76ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.76 ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่า TOC

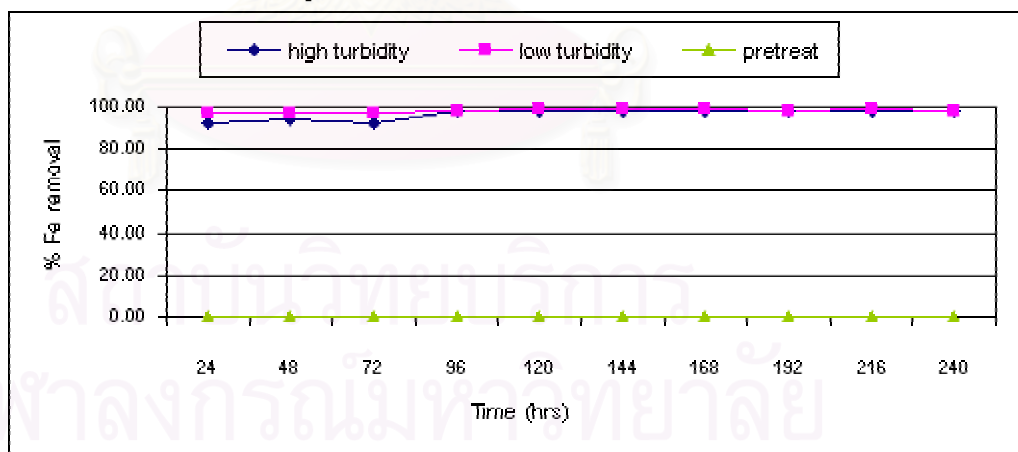
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.77ก ค่าเหล็กสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.77ข ค่าเหล็กของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.77ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดเหล็กต่อเวลา

รูปที่ 4.77 ผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่าเหล็ก

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ขึ้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขึ้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ จากรูปที่ 4.77ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขึ้นต้น คือ ประมาณ 26-79% และ 16-62% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขึ้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขึ้นต้น

ผลของการบำบัดขึ้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขึ้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดน้ำขึ้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้

ผลของการบำบัดขึ้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.14 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 4.14 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขึ้นต้น	24	150	N.D.	64	N.D.
	240	240	N.D.	93	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขึ้นต้น	24	930	N.D.	230	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

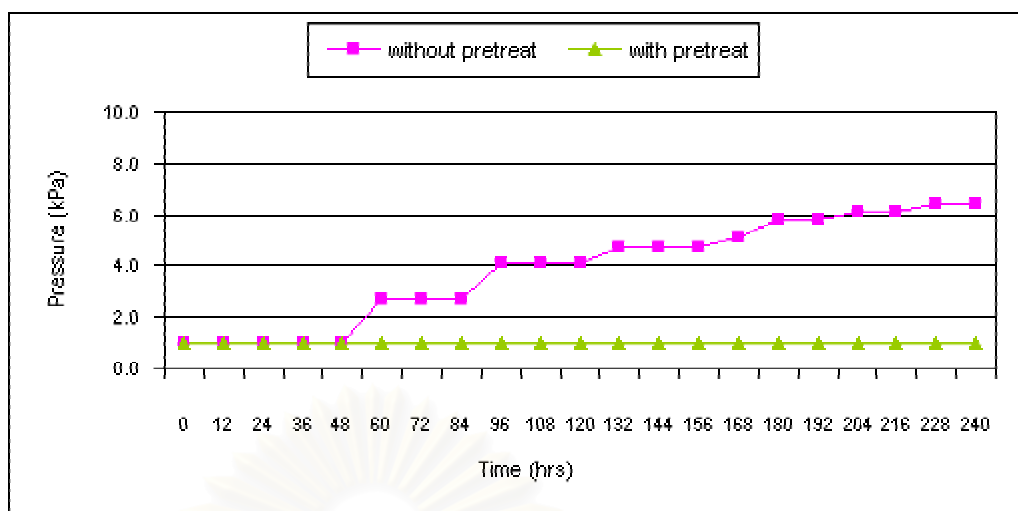
4.4.3 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น
และเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.78 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาด $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า โดยในช่วงแรกการบำบัดขั้นต้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน และเมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 36 สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยที่เวลา 240 ชั่วโมงมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 1.0 และ 6.5 kPa สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.79 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.4×10^8 และ $32.8 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัด ขั้นต้น ตามลำดับ

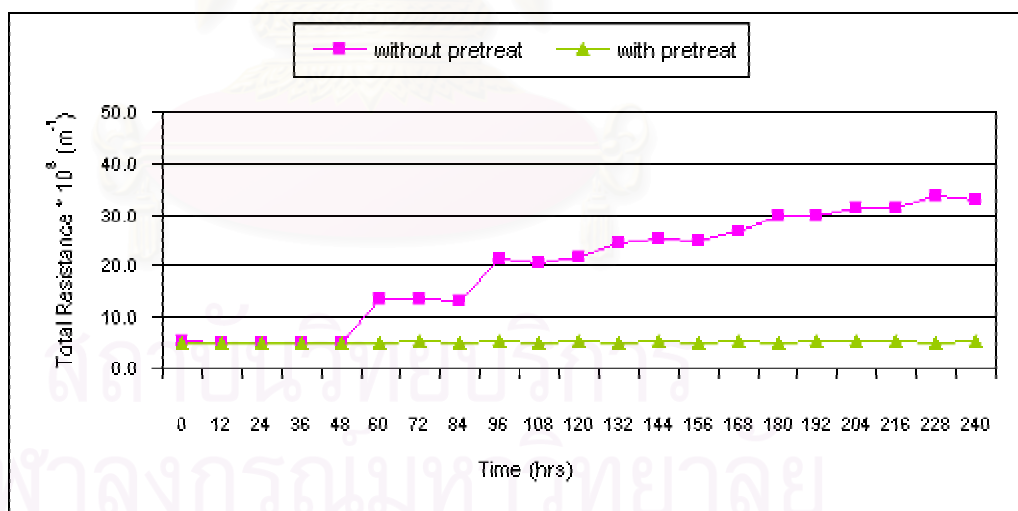
ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

จากรูปที่ 4.80ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.9-51.5 และ 71-1306 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.80ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 0.10.22 NTU จากรูปที่ 4.80ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่น ประมาณเกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 98.0-99.8% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น



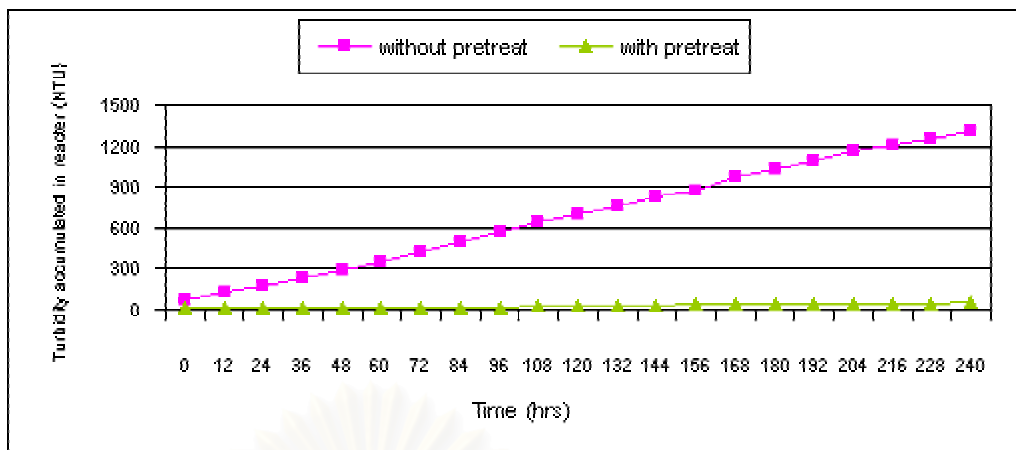
รูปที่ 4.78 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

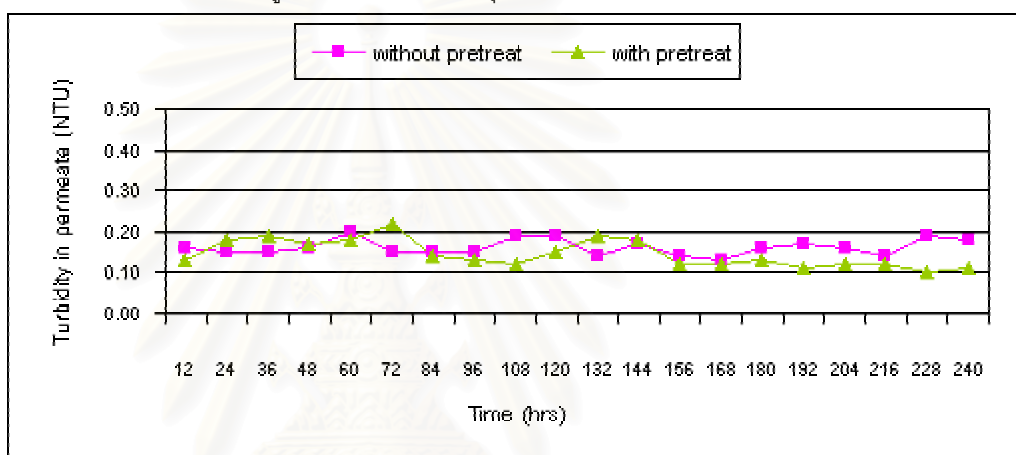


รูปที่ 4.79 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

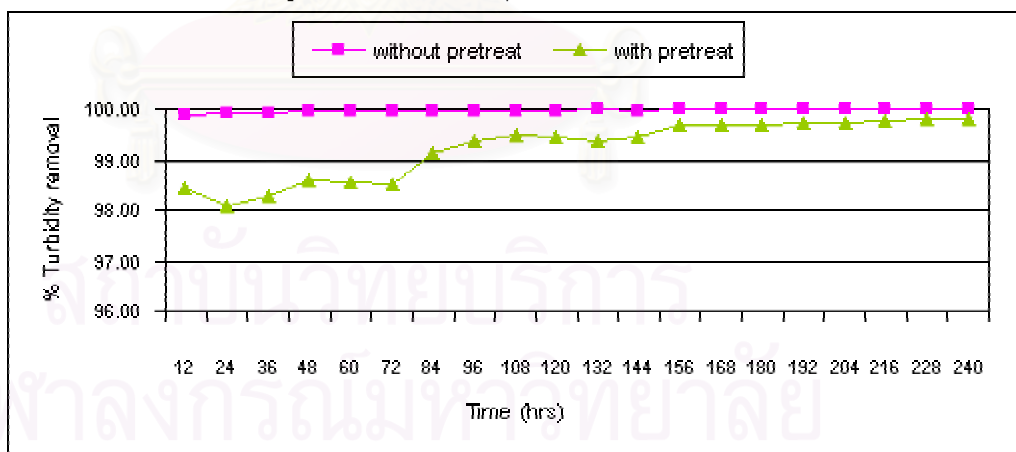
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.80ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.80ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.80ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

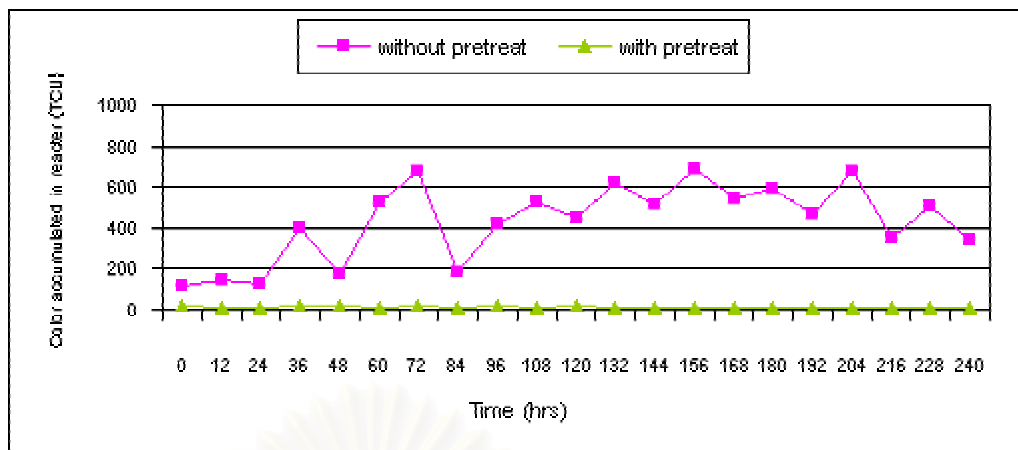
รูปที่ 4.80 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าสี

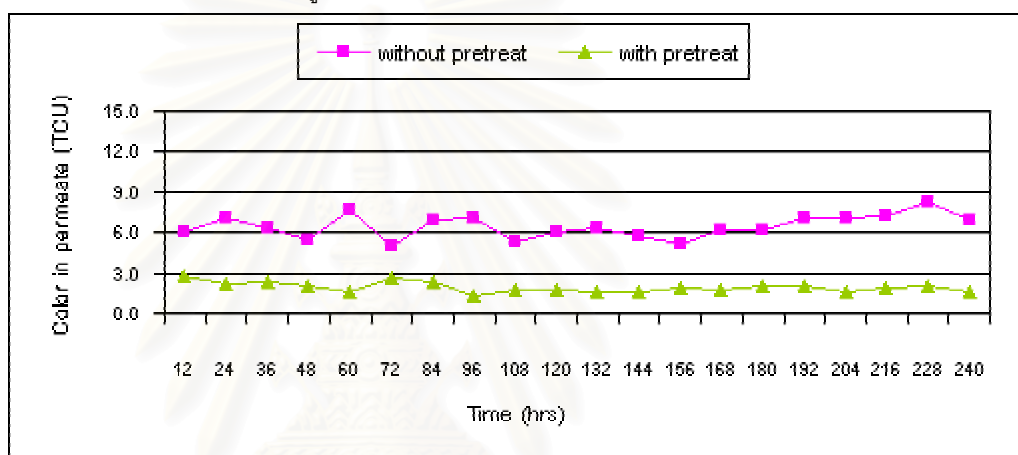
จากรูปที่ 4.81ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.9-18.9 และ 119-778 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.81ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 1.3-2.7 และ 5.1-8.3 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ จากรูปที่ 4.81ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ มี %การกำจัดสี ประมาณ 94-99% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่า คือ ประมาณ 61-91% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าสีในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าUV260

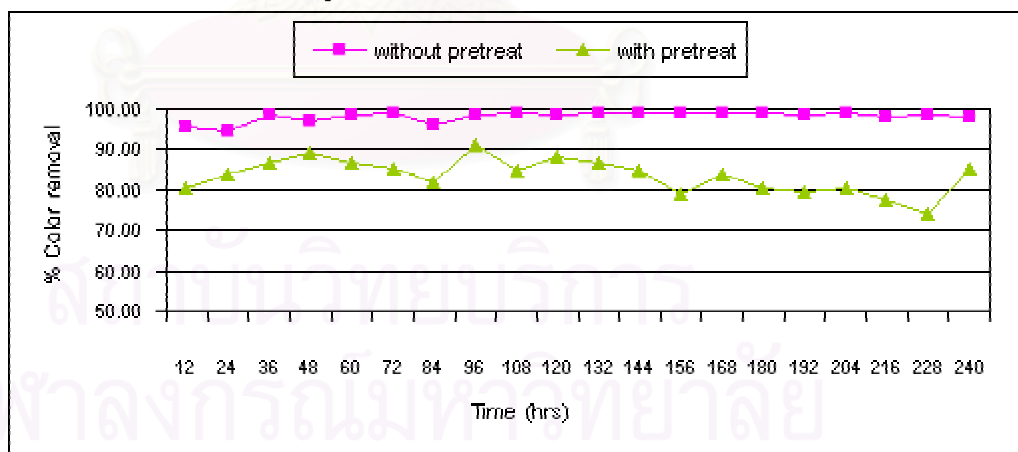
จากรูปที่ 4.82ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0667-0.0787 และ 0.2474-1.0051 ซม.⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.82ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.0572-0.0612 และ 0.0935-0.0997 ซม.⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.82ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัด UV260 ประมาณ 64-90% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 15-26% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น อาจไม่เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน หรือเกิดเพียงเล็กน้อย ซึ่ง cake layer นี้มีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260



รูปที่ 4.81ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

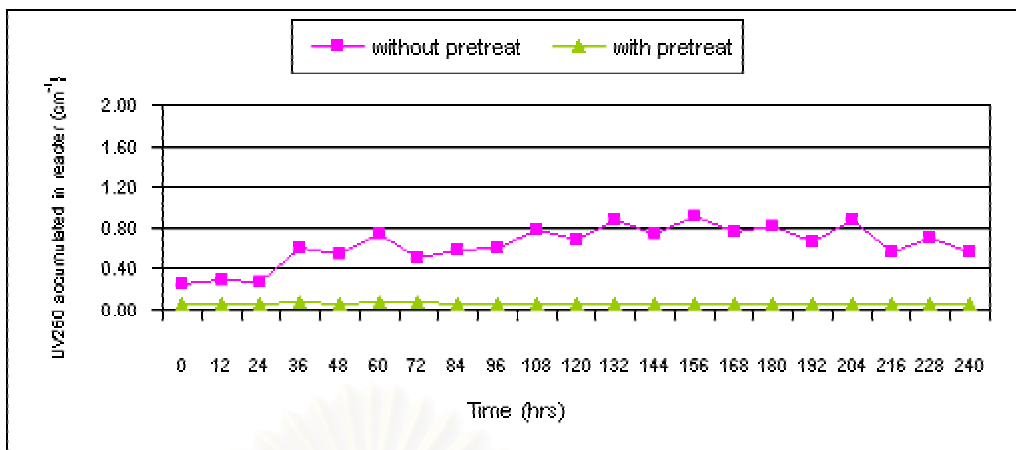


รูปที่ 4.81ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา

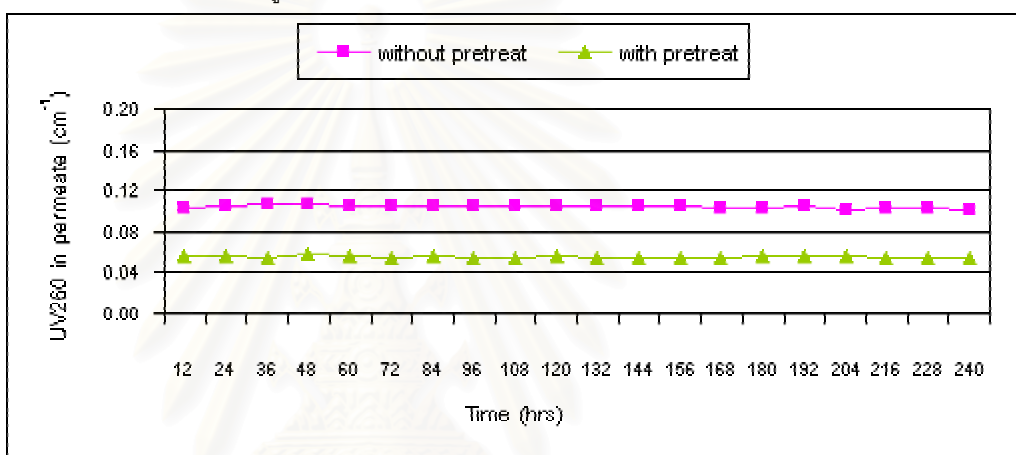


รูปที่ 4.81ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

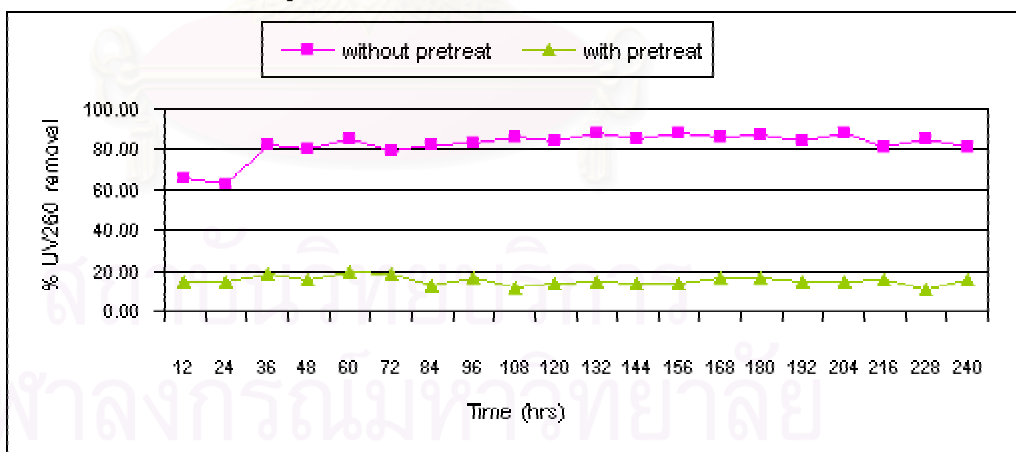
รูปที่ 4.81 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$



รูปที่ 4.82ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.82ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.82ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.82 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

จึงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี % การกำจัด UV260 ต่ำกว่า

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า TOC

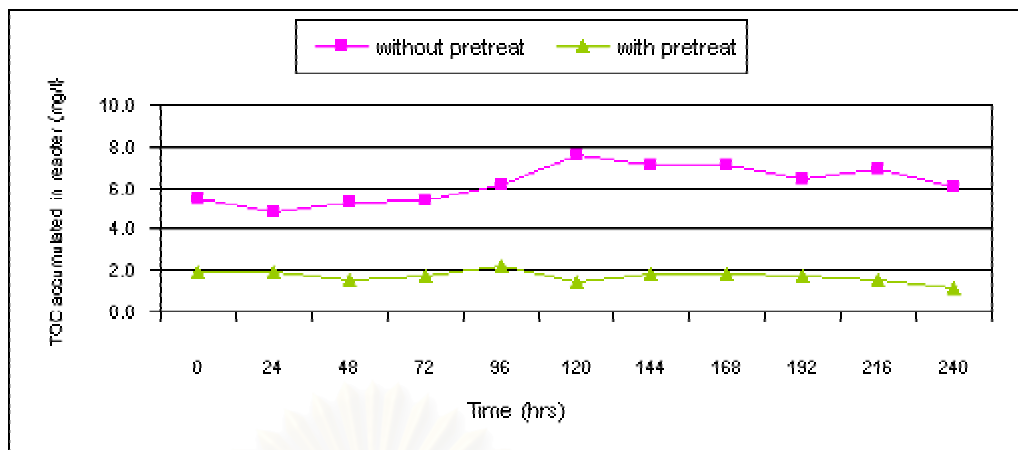
จากรูปที่ 4.83ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.2-2.2 และ 4.8-7.6 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.83ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.5-1.8 และ 3.3-4.6 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.83ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 29-51% และ 5-67% และ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่าเล็กน้อย และค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

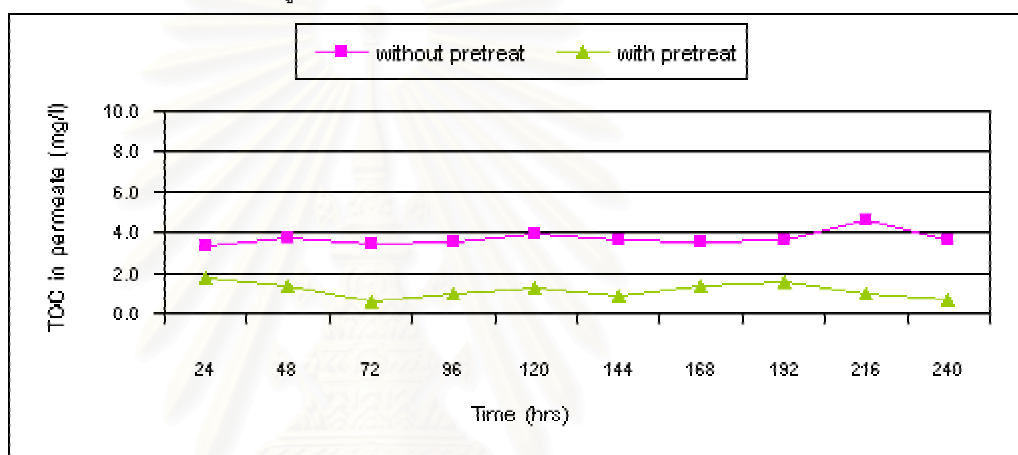
เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

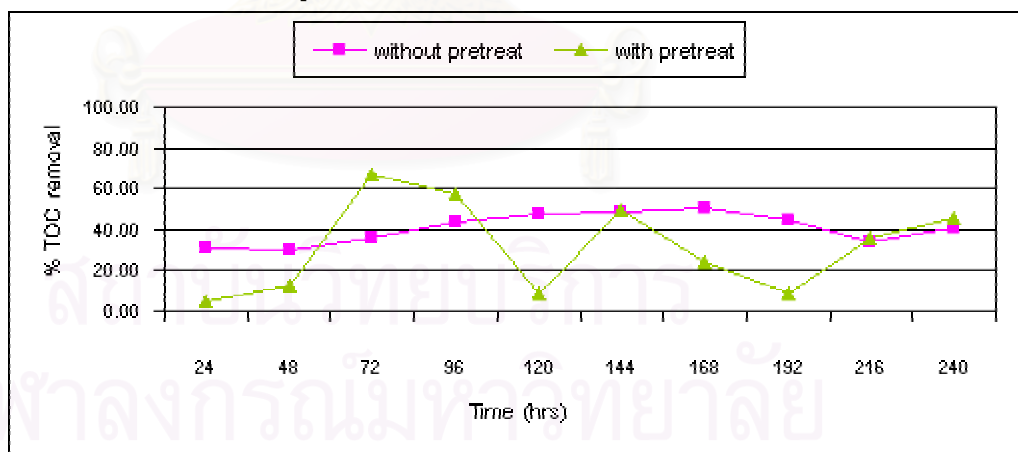
จากตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง



รูปที่ 4.83ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.83ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.83ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.83 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ตารางที่ 4.15 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	240	N.D.	240	N.D.
	240	93	N.D.	93	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	1500	N.D.	430	N.D.

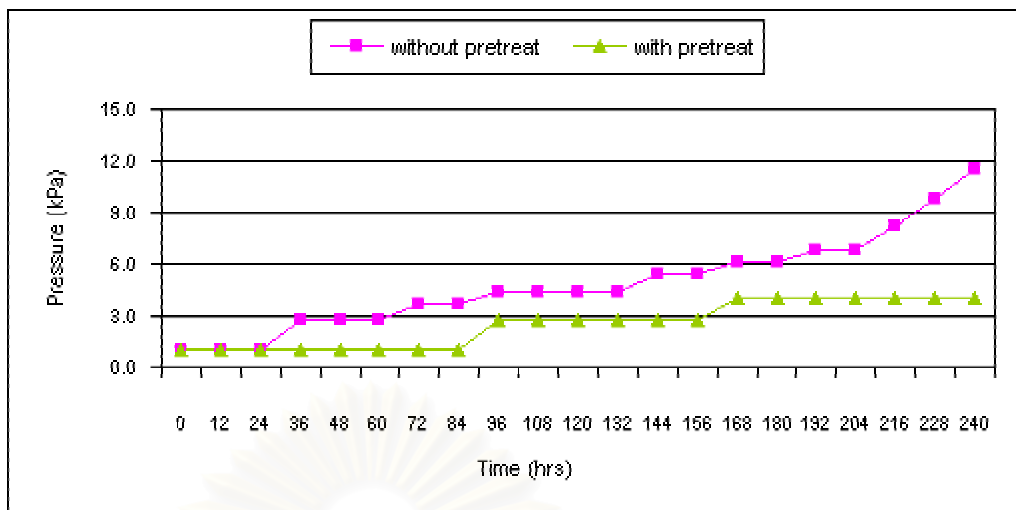
หมายเหตุ

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.4.4 น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

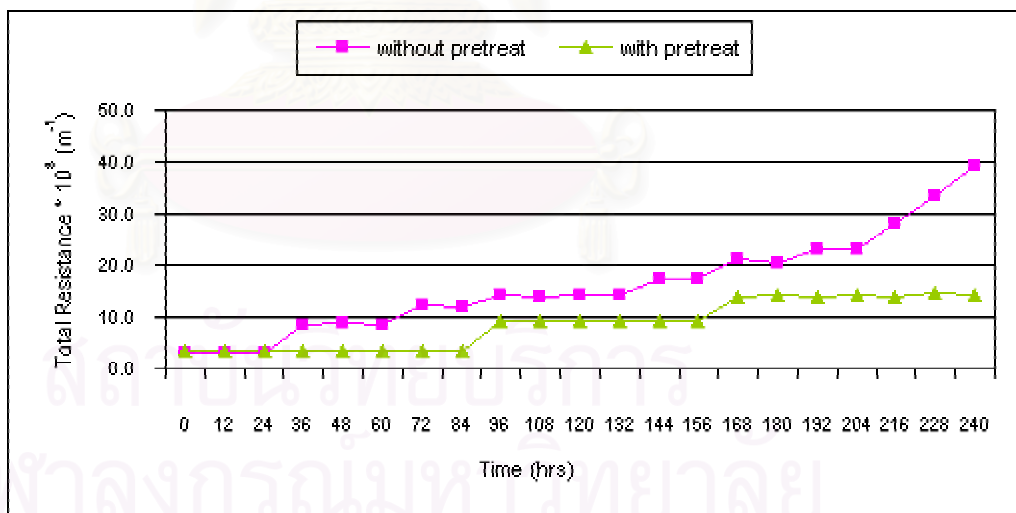
ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.84 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาด $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า โดยในช่วงแรกการบำบัดน้ำขั้นต้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน และเมื่อเดินระบบจนถึงชั่วโมงที่ 24 สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยที่เวลา 240 ชั่วโมงมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 4.1 และ 11.6 kPa สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.85 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ $14.1 \cdot 10^8$ และ $39.1 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ



รูปที่ 4.84 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.85 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน

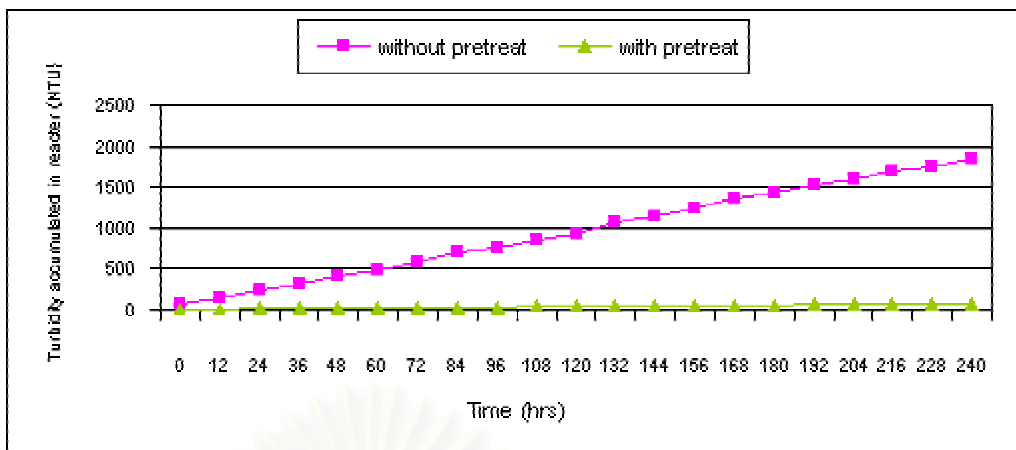
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

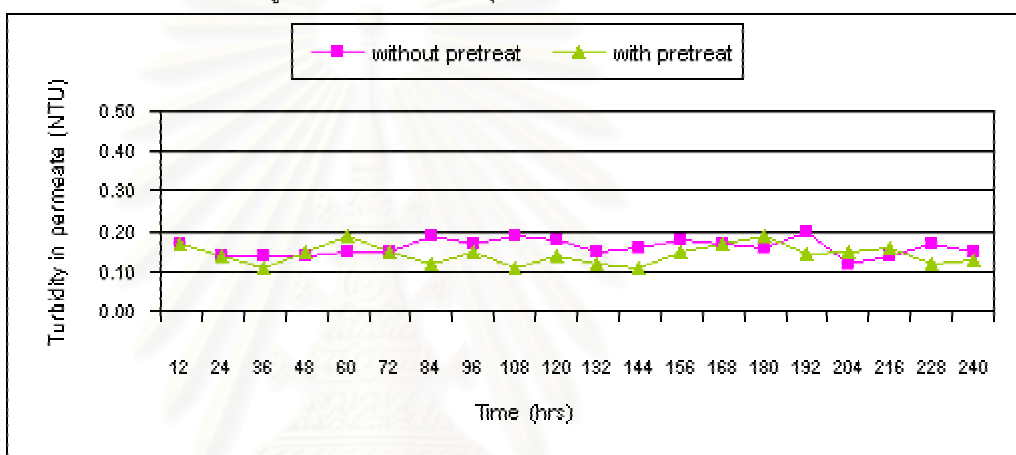
จากรูปที่ 4.86ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.2-77.9 และ 72-1842 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.86ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 0.11-0.20 NTU จากรูปที่ 4.86ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่น ประมาณเกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 98.4-99.3% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าสี

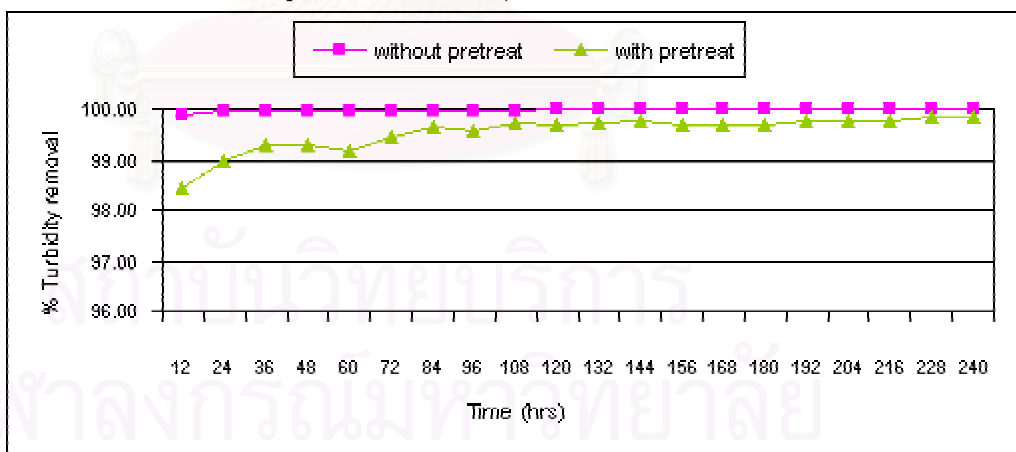
จากรูปที่ 4.87ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 12.5-32.9 และ 141-770 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.87ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 4.4-7.6 และ 7.7-12.7 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.87ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดสี ประมาณ 95-99% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 50-87% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าสีในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น



รูปที่ 4.86ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

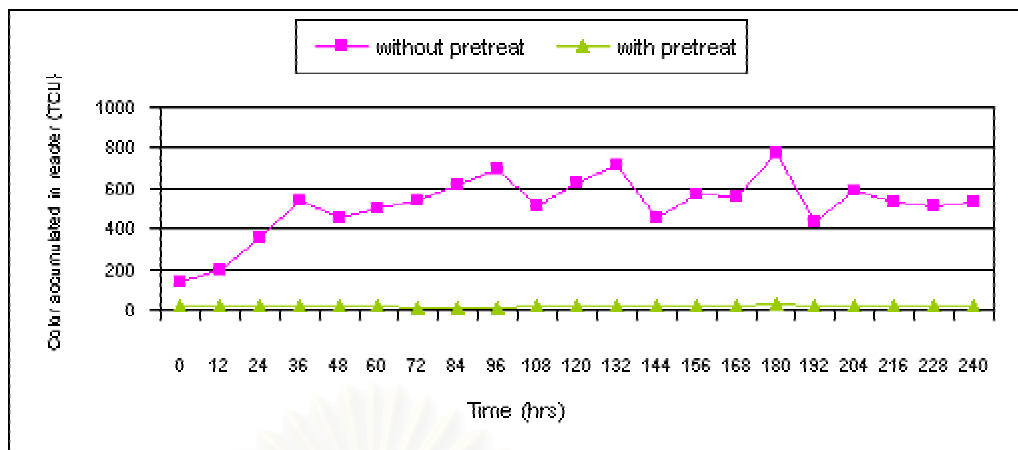


รูปที่ 4.86ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา

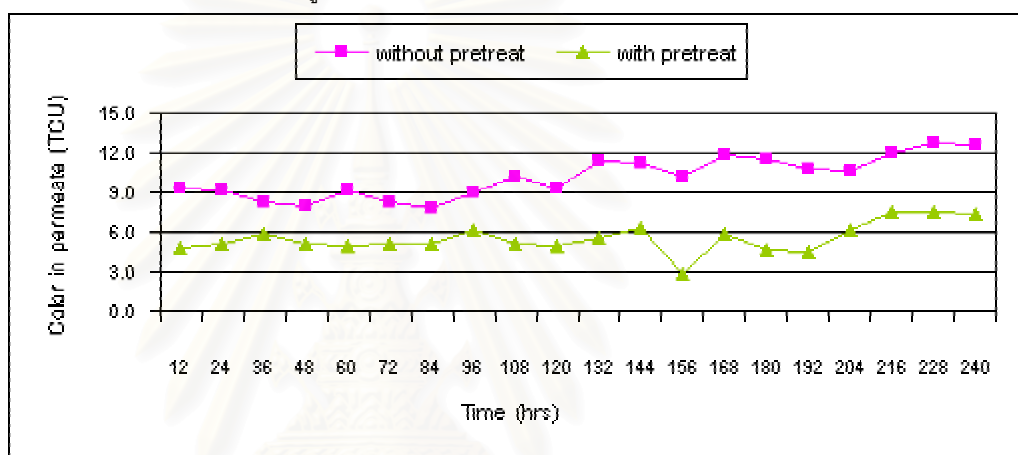


รูปที่ 4.86ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

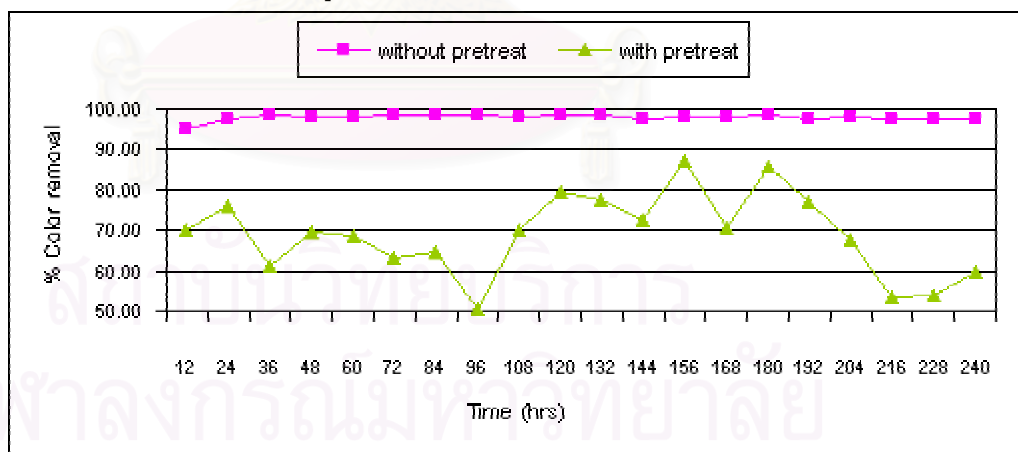
รูปที่ 4.86 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.87ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.87ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.87ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

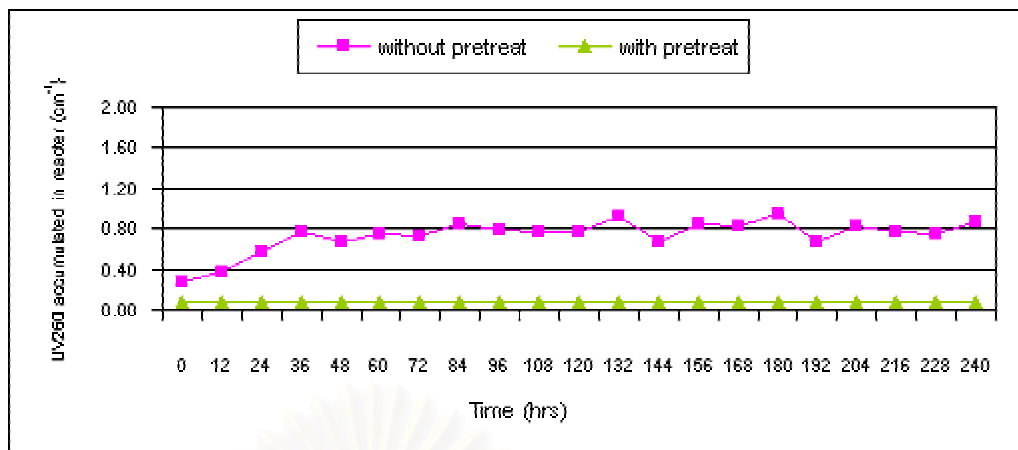
รูปที่ 4.87 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า UV260

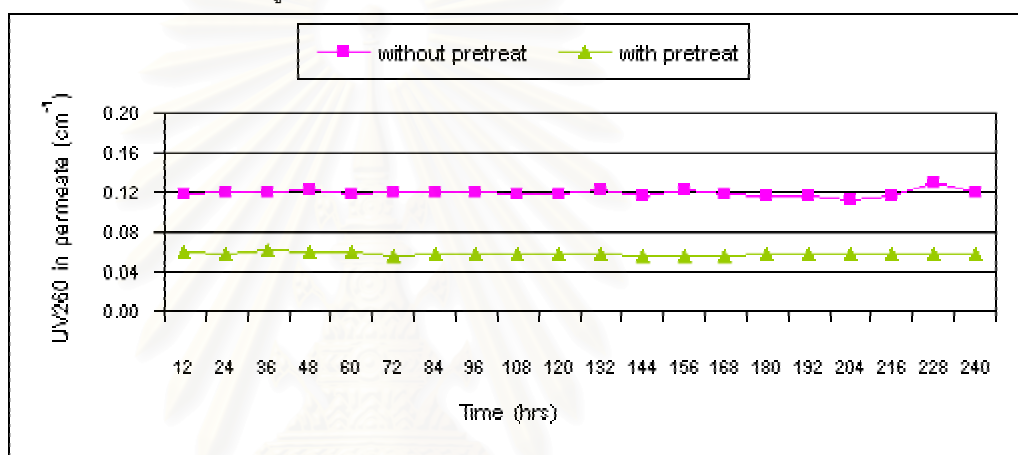
จากรูปที่ 4.88ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0687-0.0856 และ 0.2826-0.9323 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.88ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.1121-0.1305 และ 0.0560-0.0612 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.88ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัด UV260 ประมาณ 68-88% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 14-33% ซึ่ง cake layer ที่เกิดขึ้นมีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260 จึงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี %การกำจัด UV260 ต่ำกว่า

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า TOC

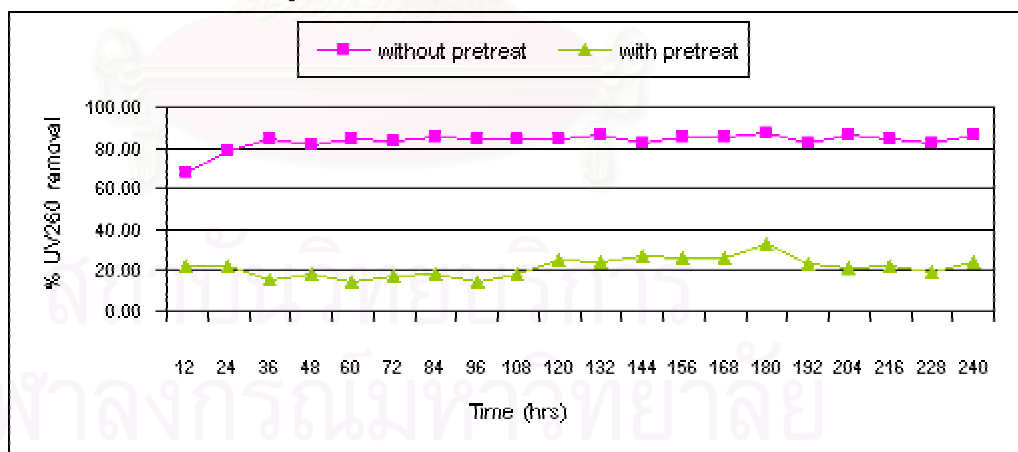
จากรูปที่ 4.89ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.4-2.3 และ 7.8-9.5 มก/ล ตามลำดับ โดยน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าสูงกว่ามาก และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.89ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่า ประมาณ 0.4-1.1 และ 2.8-5.4 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่ามาก จากรูปที่ 4.89ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 40-67% และ 39-77% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก และค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่ามากเช่นกัน ทำให้ %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น



รูปที่ 4.88ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

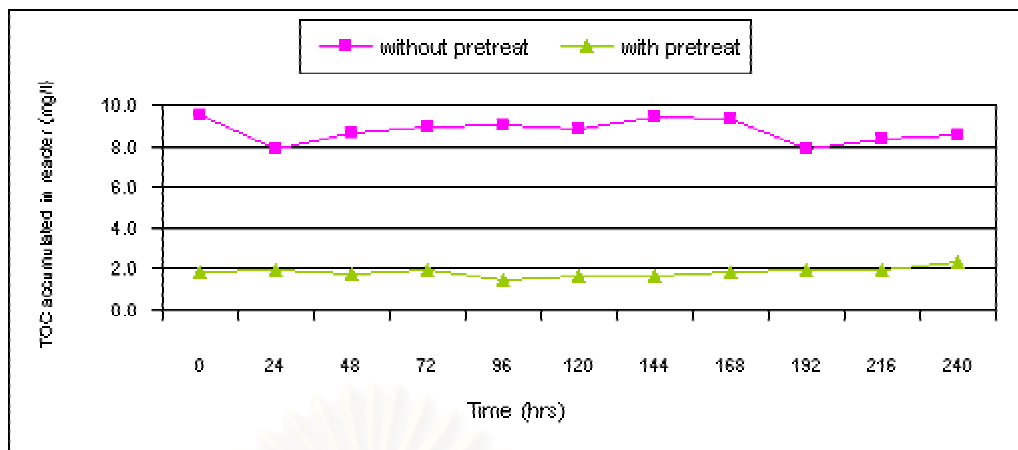


รูปที่ 4.88ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา

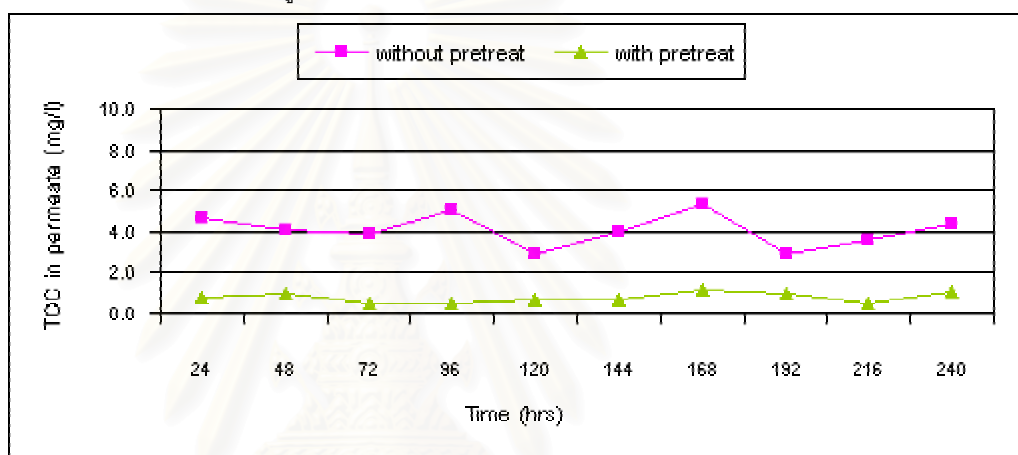


รูปที่ 4.88ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

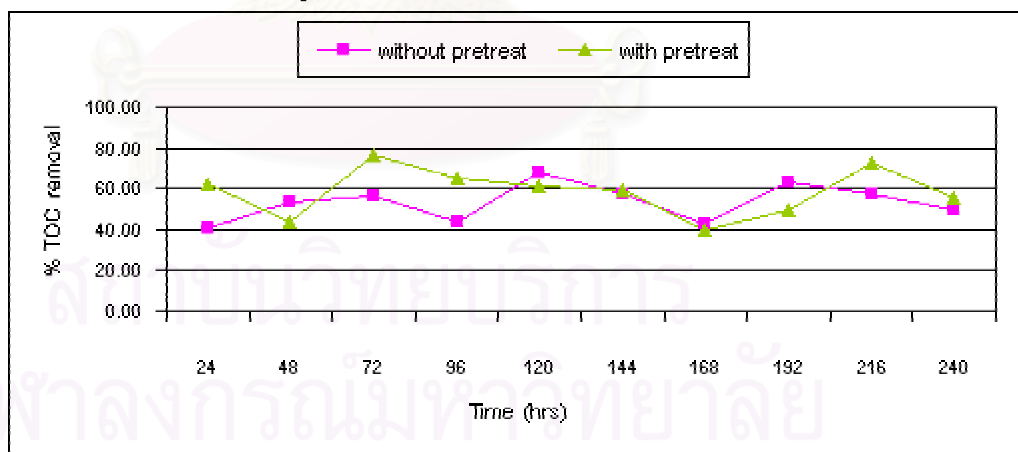
รูปที่ 4.88 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.89ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.89ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.89ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.89 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่ำต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 4.16 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.4 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	93	N.D.	93	N.D.
	240	210	N.D.	150	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ

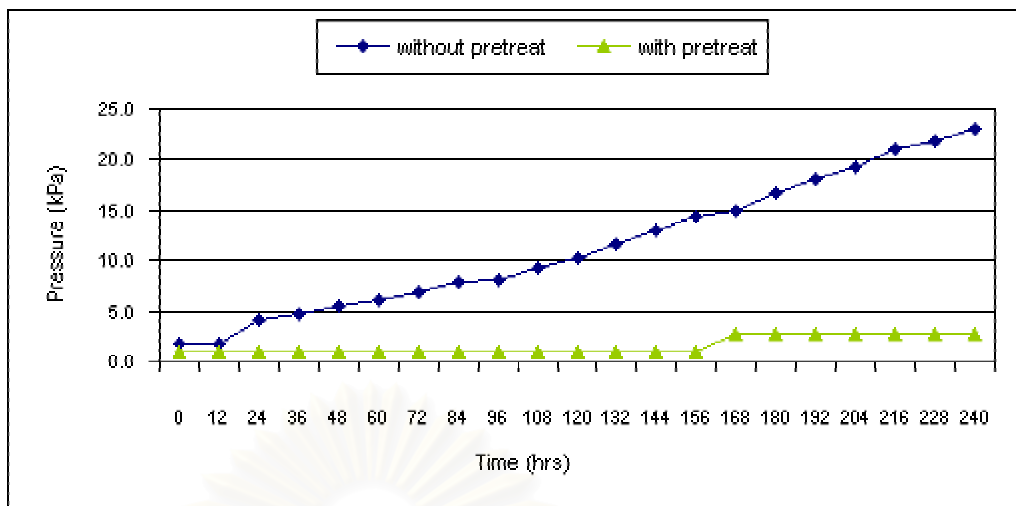
N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.4.5 น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

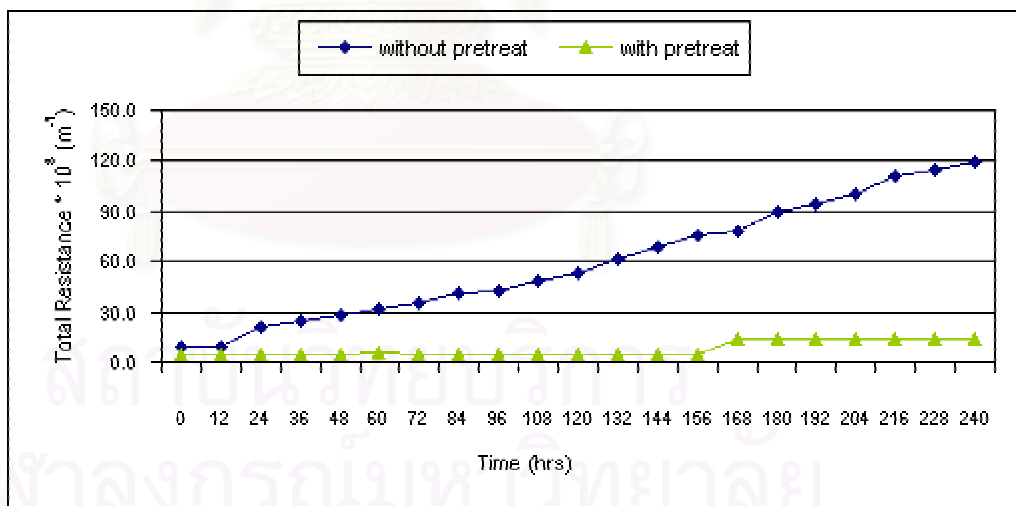
และเมมเบรนขนาดรูกรอง $0.1 \mu\text{m}$ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.90 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาด



รูปที่ 4.90 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.91 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

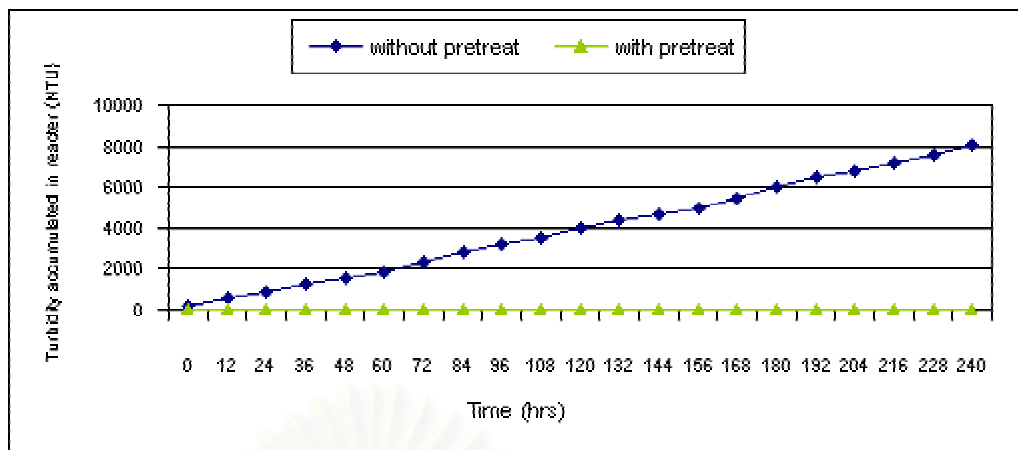
0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยที่เวลา 240 ชั่วโมงมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 2.7 และ 23.1 kPa สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.91 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 14.1×10^8 และ $119.3 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

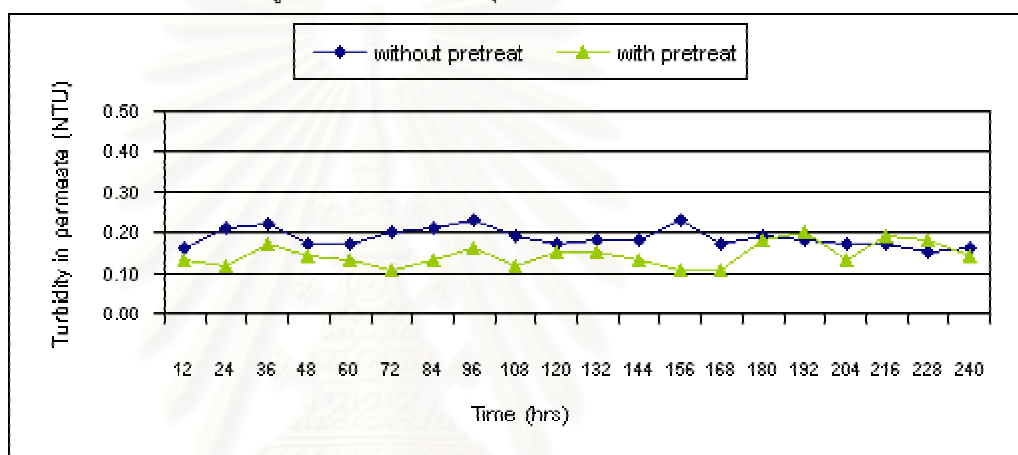
จากรูปที่ 4.92ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.16-43.1 และ 240-8022 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.92ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 0.11-0.23 NTU จากรูปที่ 4.92ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่นประมาณเกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 97.9-99.6% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าสี

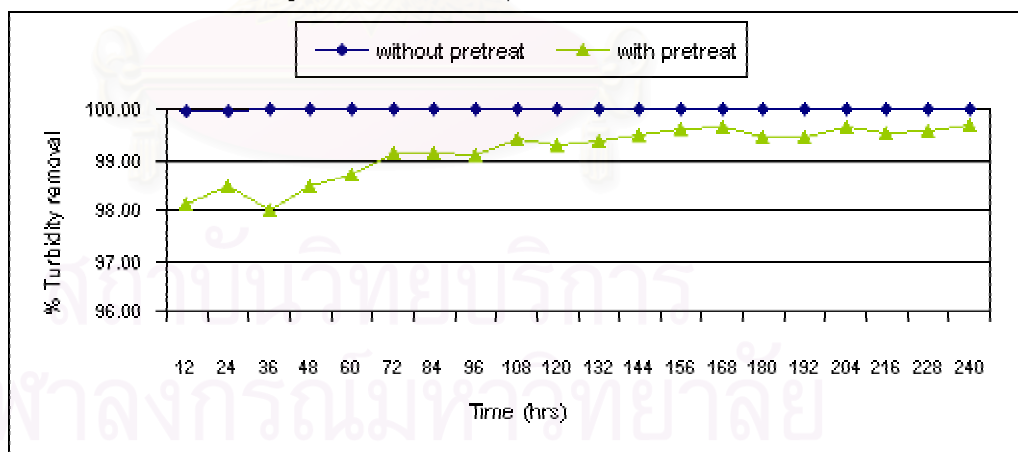
จากรูปที่ 4.93ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 9.3-17.0 และ 151-864 TCU สำหรับน้ำ



รูปที่ 4.92ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

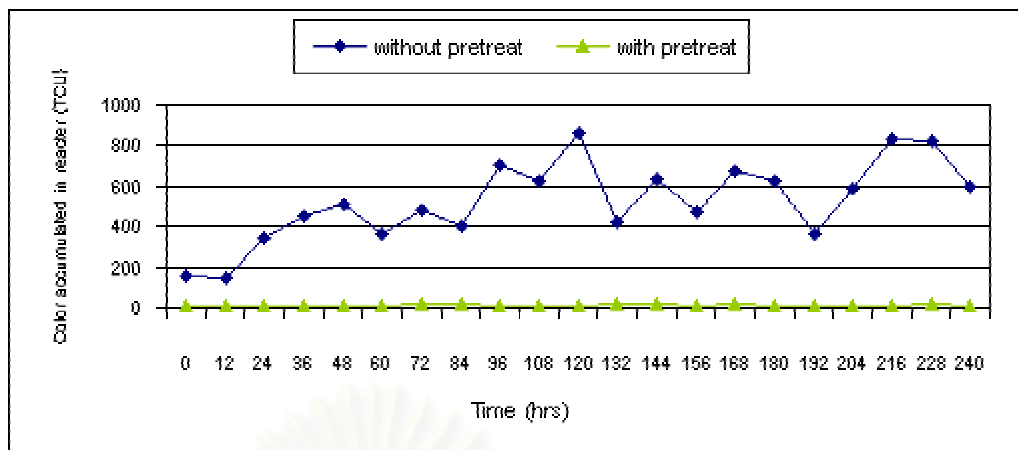


รูปที่ 4.92ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา

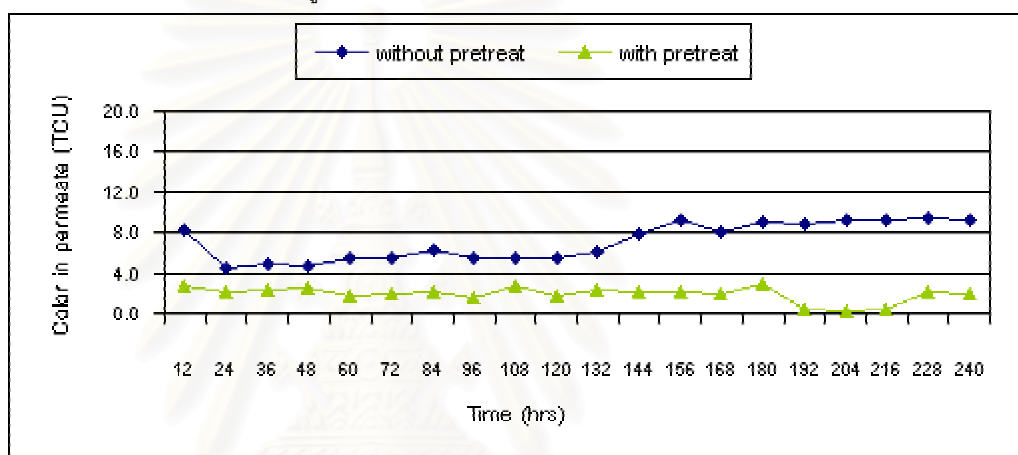


รูปที่ 4.92ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

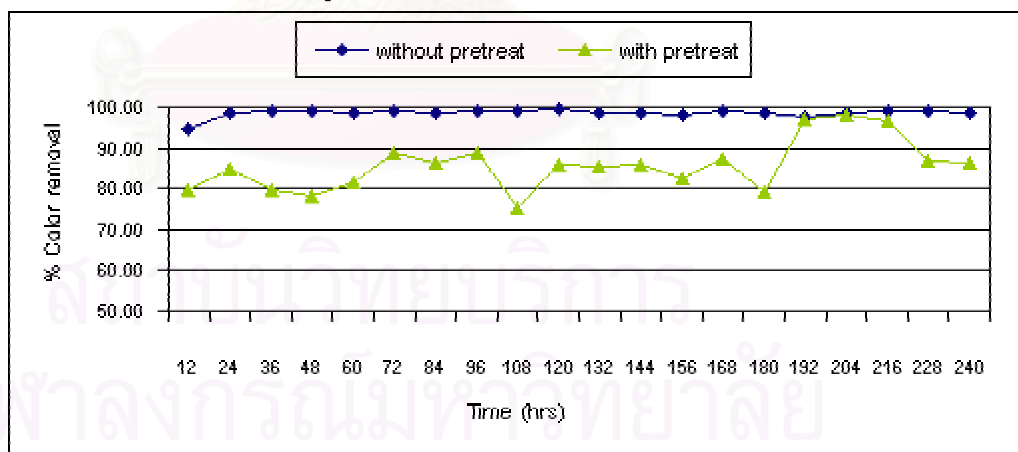
รูปที่ 4.92 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.93ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.93ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



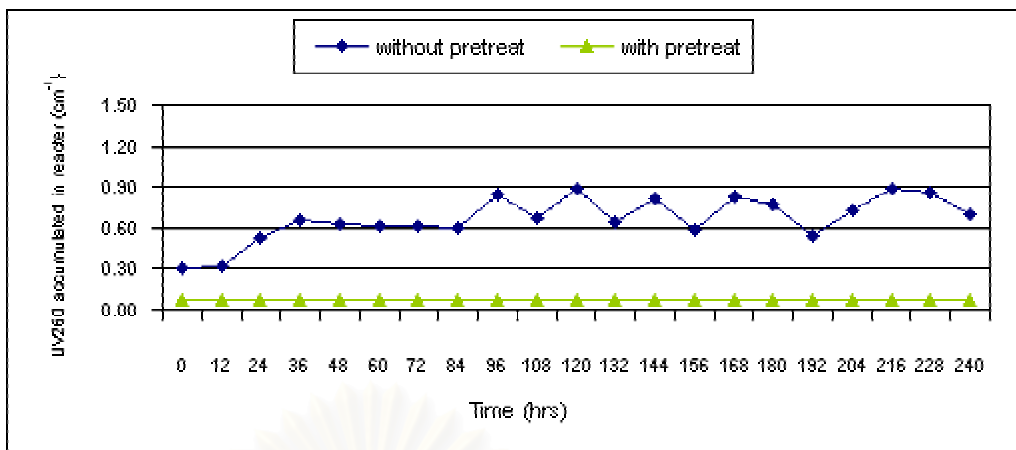
รูปที่ 4.93ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

รูปที่ 4.93 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

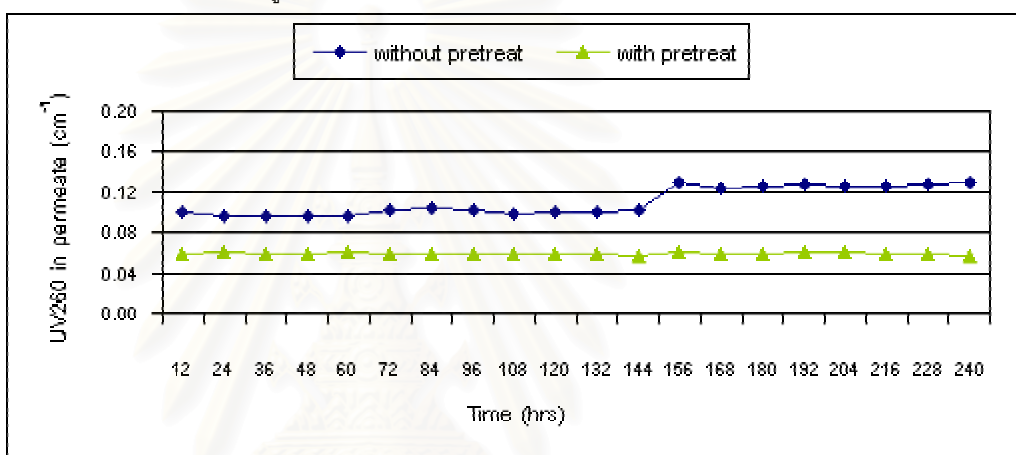
ที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.93ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 4.4-9.5 และ 0.3-2.9 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.93ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดสี ประมาณ 94-99% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 75-87% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าสีในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าUV260

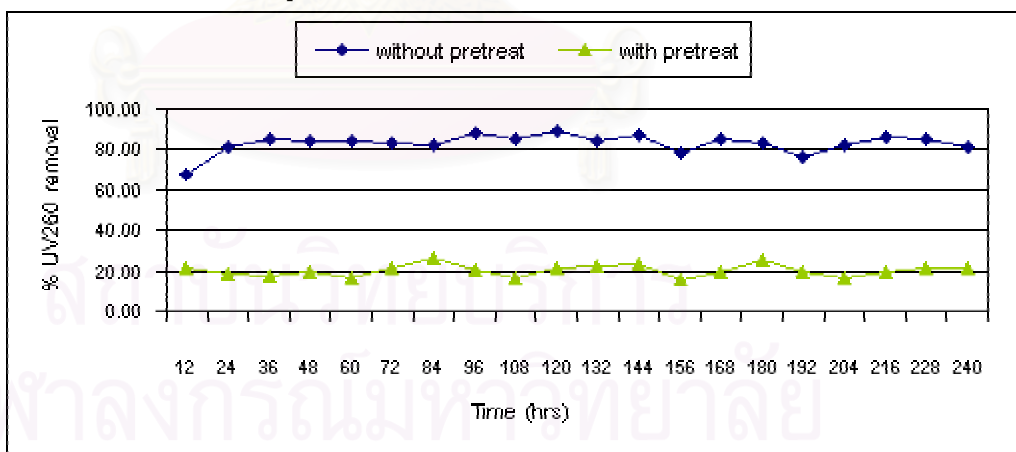
จากรูปที่ 4.94ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0667-0.0787 และ 0.3009-0.8907 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.94ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.0952-0.1297 และ 0.0572-0.0612 ซม⁻¹ สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านและผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.94ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัด UV260 ประมาณ 68.1-88.8% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 15.4-26.1% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นอาจไม่เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน หรือเกิดเพียงเล็กน้อย ซึ่ง cake layer นี้มีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260 จึงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำดิบที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี %การกำจัด UV260 ต่ำกว่า



รูปที่ 4.94ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.94ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.94ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

รูปที่ 4.94 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่า TOC

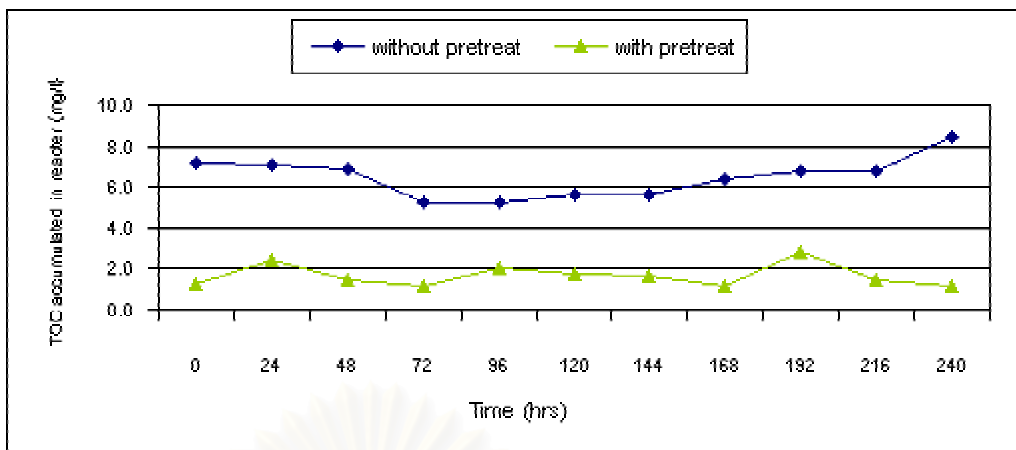
จากรูปที่ 4.95ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นได้ ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-2.8 และ 5.2-8.4 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.95ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่า ประมาณ 0.3-1.6 และ 2.6-5.6 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.95ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 13-57% และ 26-79% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

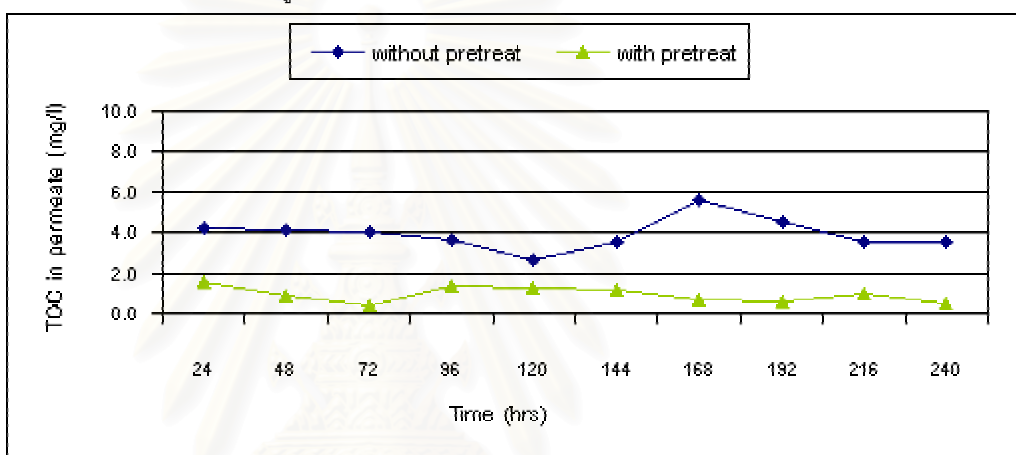
เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

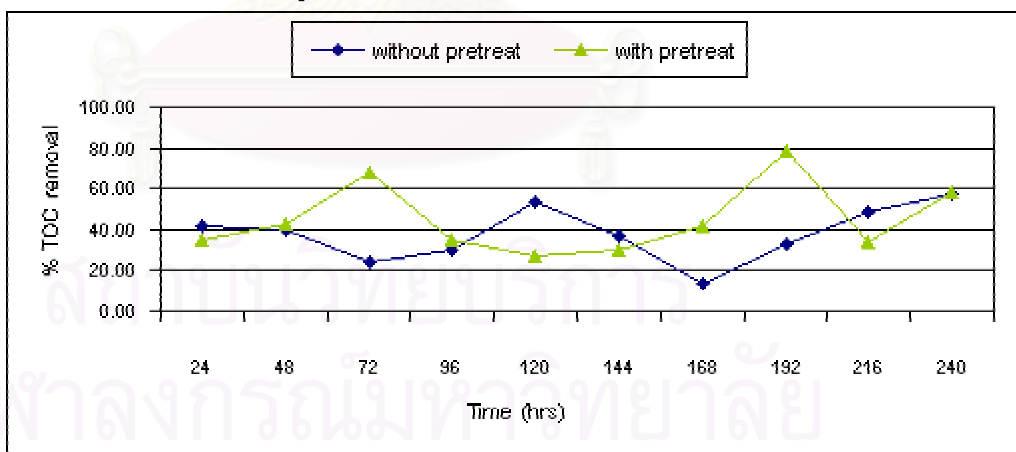
จากตารางที่ 4.17 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟิคอลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง



รูปที่ 4.95ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.95ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.95ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.95 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ตารางที่ 4.17 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	1500	N.D.	4300	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

4.4.6 น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

และเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความดัน

จากรูปที่ 4.96 แสดงผลของการบำบัดขั้นต้นต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น และเมมเบรนขนาด 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความดันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น โดยที่เวลา 240 ชั่วโมงมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 1.0 และ 20.1 kPa สำหรับน้ำดิบที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ จากสมการที่ 4.2 ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เมื่อ ΔP เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต้านทานรวม (R_t) มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4.97 ซึ่งแสดงผลของขนาดรูกรองของเมมเบรนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานรวม จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานรวมมีลักษณะการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความดัน โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.4×10^8 และ $106.1 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ

ข. วิธีวิเคราะห์	20/14
1. การสร้างกราฟมาตรฐาน	20/14
2. วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	20/15
ช. การคำนวณ	20/15
20.C วิธีแคดเมียมรีดักชันสำหรับน้ำทะเล	20/17
ก. หลักการ	20/17
ข. เครื่องมือและอุปกรณ์	20/17
ค. สารเคมี	20/17
ง. วิธีวิเคราะห์	20/18
1. การเตรียมคอลัมน์แคดเมียม	20/18
2. การผ่านน้ำตัวอย่างลงในคอลัมน์	20/18
3. การสร้างสี	20/18
4. การเตรียมกราฟมาตรฐาน	20/19
5. การคำนวณ	20/19
จ. การตรวจสอบประสิทธิภาพคอลัมน์และการฟื้นฟูสภาพเมดแคดเมียม	20/19

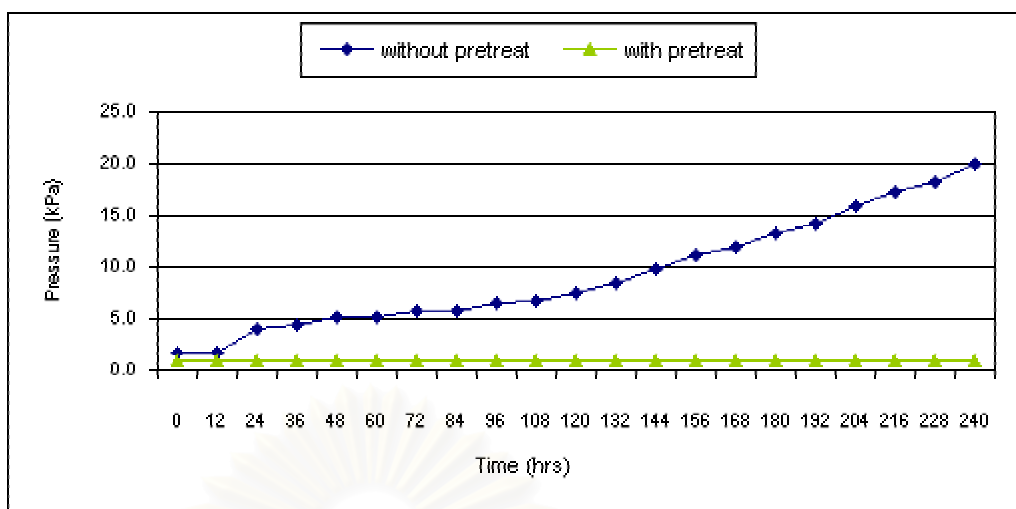
ไนเตรต – ไนโตรเจน (NITRATE – NITROGEN)

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรต (NO_3) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน เพื่อใช้เป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรตเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์ และไนเตรตต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตในปริมาณน้อยมักต่ำกว่า 1 มก./ล.N และอย่างสูงก็ไม่เกิน 5 มก./ล.N แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรตสูงตั้งแต่ 0-1,000 มก./ล.N ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ไนเตรตนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรตสูงเกินไปอาจทำให้เกิดทารกเกิดโรค Methemoglobinemia ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรตเกิน 10 มก./ล.N

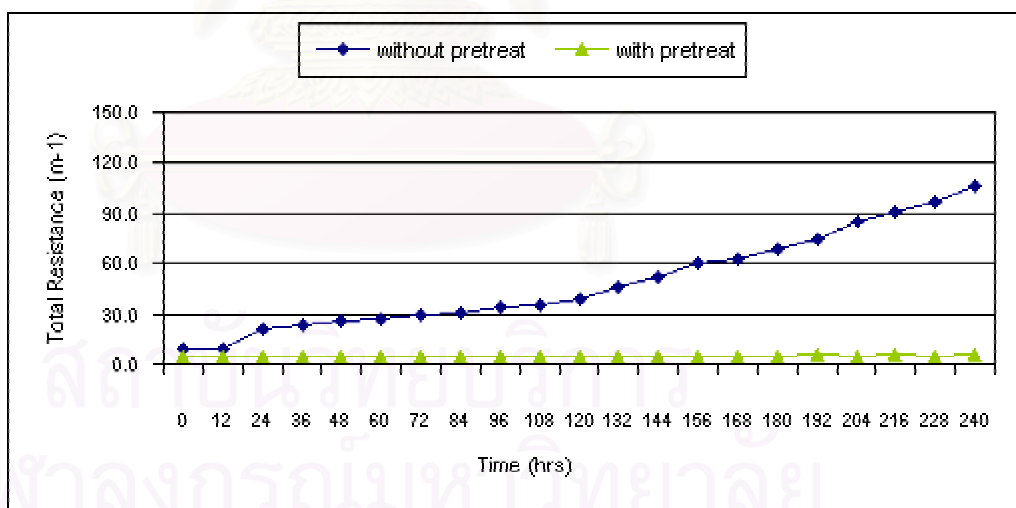
วิธีวิเคราะห์ไนเตรตมีหลายวิธี แต่จะกล่าวถึงในที่นี้เพียง 2 วิธี คือ

1. วิธีแคดเมียมรีดักชัน (Cadmium Reduction Method)
2. วิธีบรูซีน (Brucine Method)

วิธีแคดเมียมรีดักชันเหมาะสำหรับน้ำสะอาด น้ำธรรมชาติ น้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุน้อยๆ และใช้หาไนเตรตในช่วงความเข้มข้นต่ำๆ สำหรับวิธีบรูซีนใช้หาในช่วงความเข้มข้นสูง เหมาะกับน้ำเสีย น้ำโสโครก น้ำที่มีสารแขวนลอยสูง และน้ำที่มีปริมาณแร่ธาตุสูงๆ ได้



รูปที่ 4.96 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



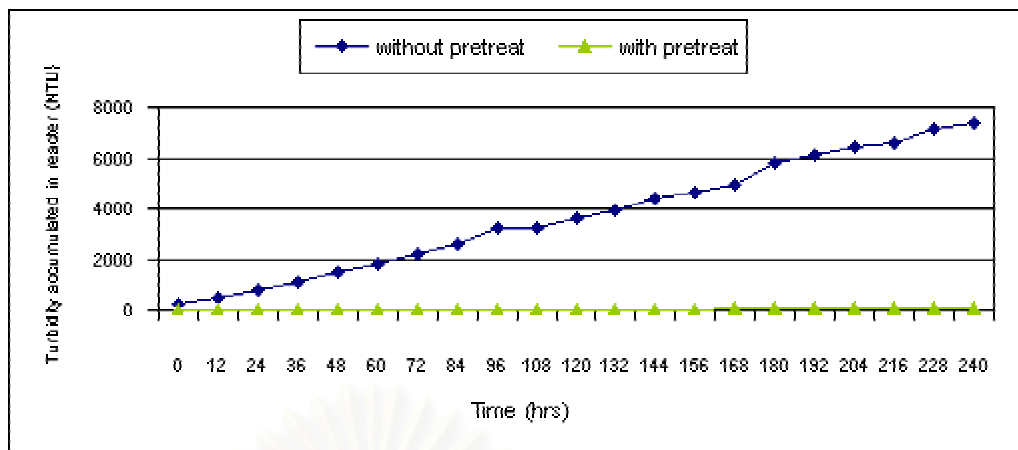
รูปที่ 4.97 ผลของการบำบัดน้ำขุ่นต้นกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง
ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดัน
สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความขุ่น

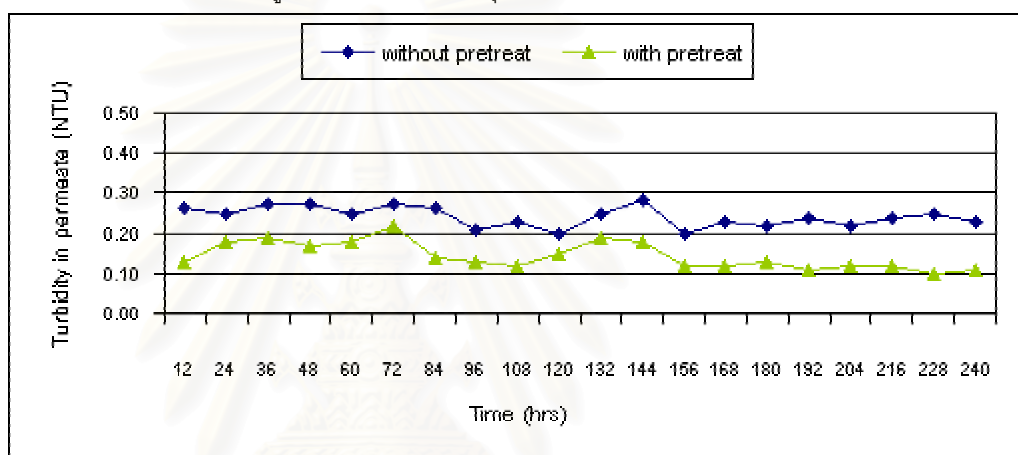
จากรูปที่ 4.98ก แสดงค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.9-51.5 และ 231-7350 NTU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.98ข แสดงค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าความขุ่นของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลองและใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น คือ ประมาณ 0.10-0.28 NTU จากรูปที่ 4.98ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดความขุ่น เกือบ 100% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 98.0-99.8% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าความขุ่นในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกันมาก ทำให้ %การกำจัดความขุ่นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าสี

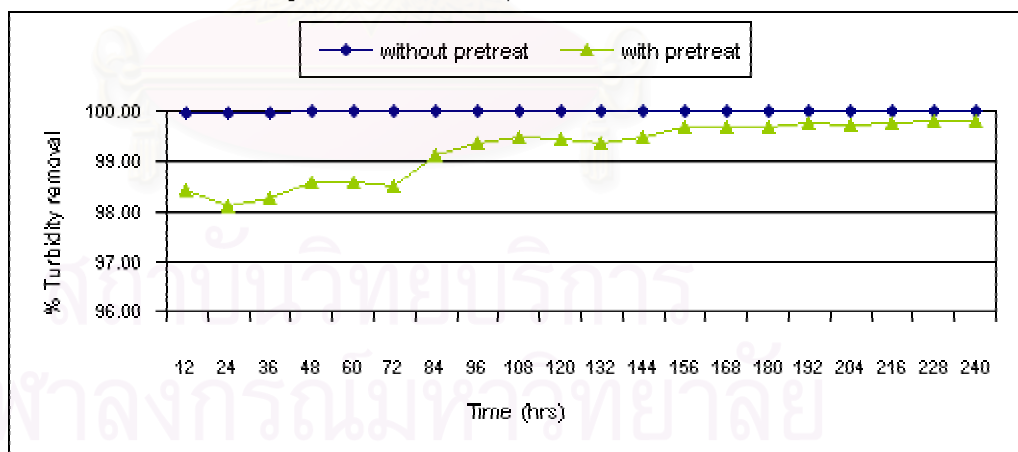
จากรูปที่ 4.99ก แสดงค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.9-18.9 และ 256-867 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.99ข แสดงค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่าสีของน้ำ permeate มีค่าประมาณ 1.3-2.7 และ 7.4-11.4 TCU สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.99ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัดสี ประมาณ 96.9-99.0% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย คือ ประมาณ 73.9-91.1% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่าสีในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ %การกำจัดสีมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง



รูปที่ 4.98ก ค่าความขุ่นสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

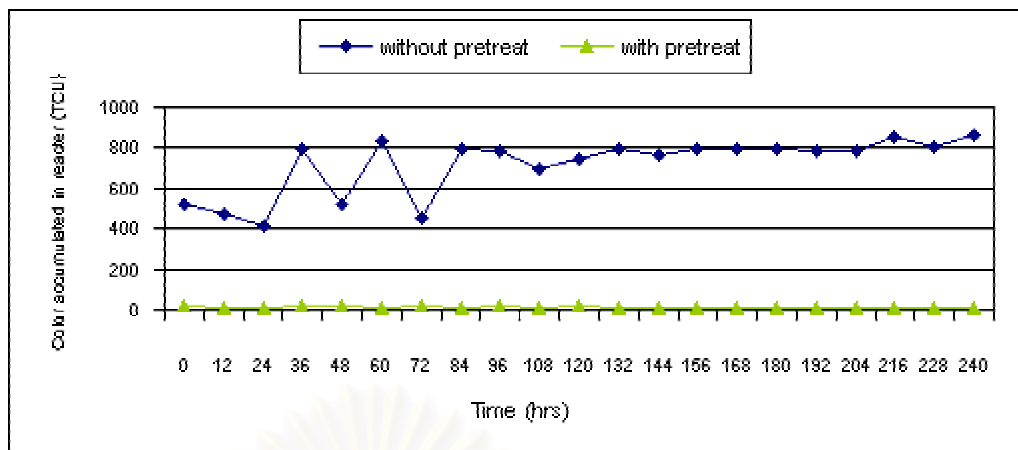


รูปที่ 4.98ข ค่าความขุ่นของน้ำ permeate ต่อเวลา

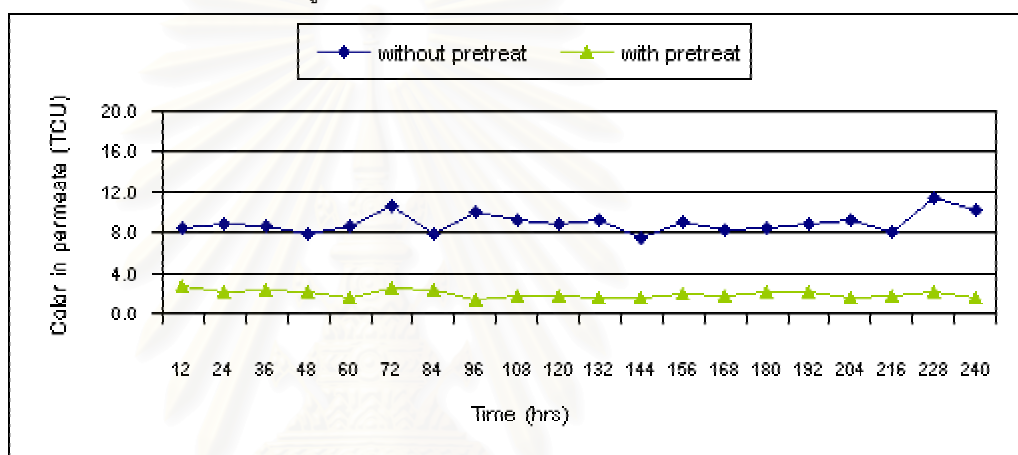


รูปที่ 4.98ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดความขุ่นต่อเวลา

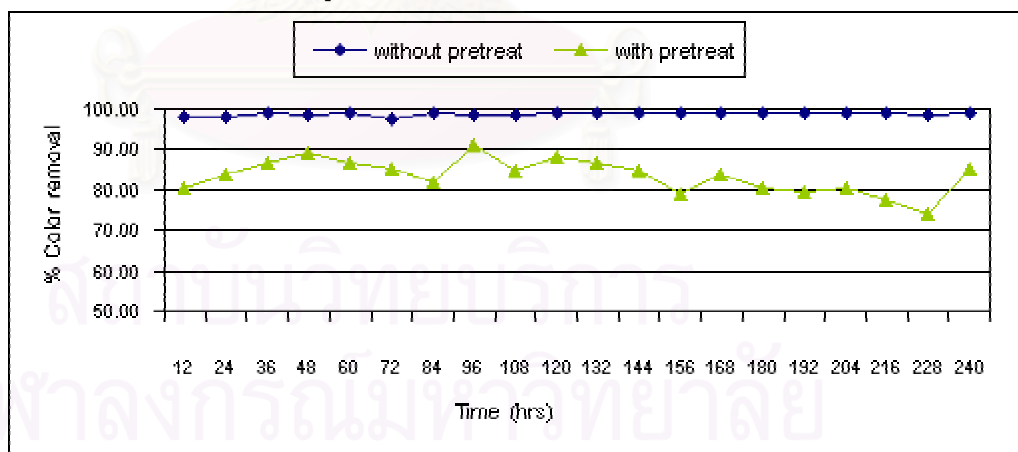
รูปที่ 4.98 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่าความขุ่น สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.99ก ค่าสีสะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.99ข ค่าสีของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.99ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัดสีต่อเวลา

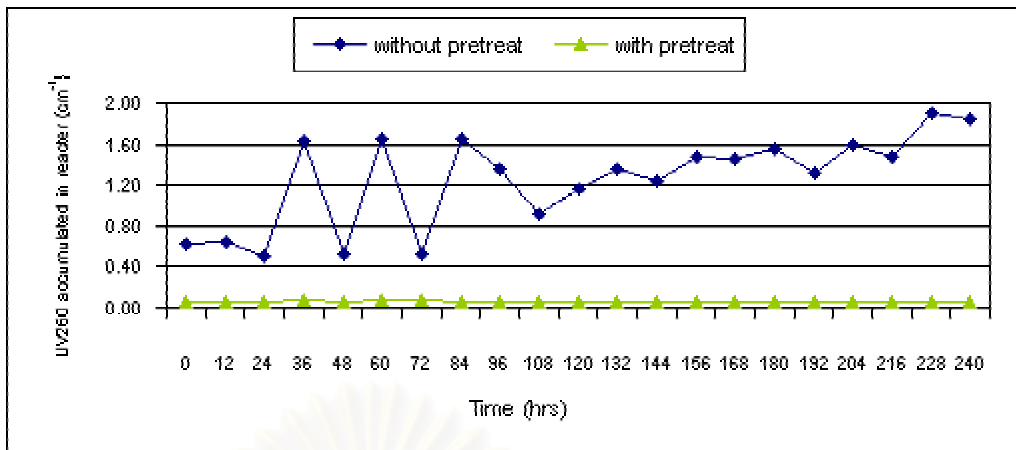
รูปที่ 4.99 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่าสี สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า UV260

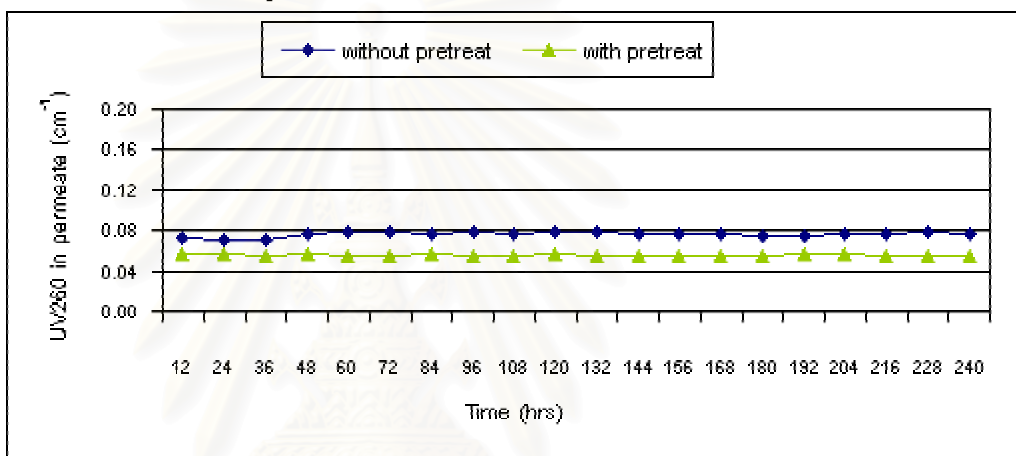
จากรูปที่ 4.100ก แสดงค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีการเพิ่มขึ้นของค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.0614-0.0691 และ 0.3181-1.9044 ซม.⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.100ข แสดงค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า UV260 ของน้ำ permeate มีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการทดลอง คือ ประมาณ 0.0544-0.0574 และ 0.0712-0.0791 ซม.⁻¹ สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.100ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มี %การกำจัด UV260 ประมาณ 75.6-95.9% ส่วนน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าต่ำกว่ามาก คือ ประมาณ 11.0-19.2% เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นอาจไม่เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรน หรือเกิดเพียงเล็กน้อย ซึ่ง cake layer นี้มีส่วนช่วยในการดูดซับค่า UV260 ทำให้น้ำ permeate มีค่า UV260 ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถัง ดังนั้น %การกำจัด UV260 จึงมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่ามาก แต่ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จึงมี %การกำจัด UV260 ต่ำกว่า

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่า TOC

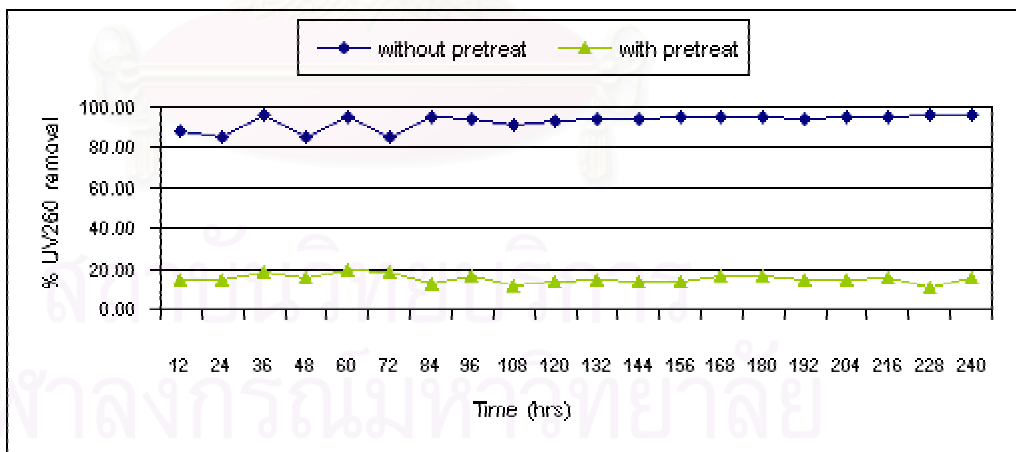
จากรูปที่ 4.101ก แสดงค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา จะเห็นได้ว่า สำหรับน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตลอดการทดลอง โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.2-2.2 และ 3.6-7.0 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.101ข แสดงค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า ค่า TOC ของน้ำ permeate มีค่า ประมาณ 1.8-4.4 และ 0.5-1.8 มก/ล สำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ตามลำดับ โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย จากรูปที่ 4.101ค แสดงการเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา จะเห็นได้ว่า %การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันทั้งน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น



รูปที่ 4.100ก ค่า UV260 สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา

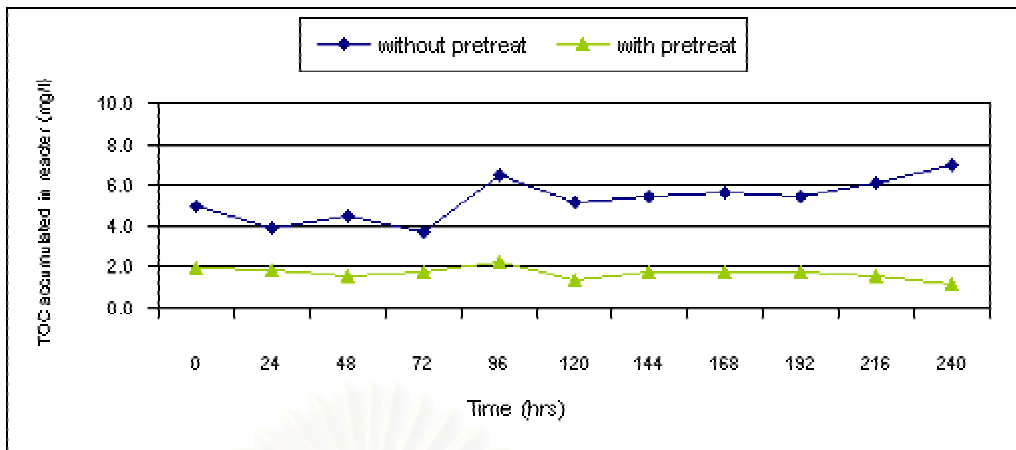


รูปที่ 4.100ข ค่า UV260 ของน้ำ permeate ต่อเวลา

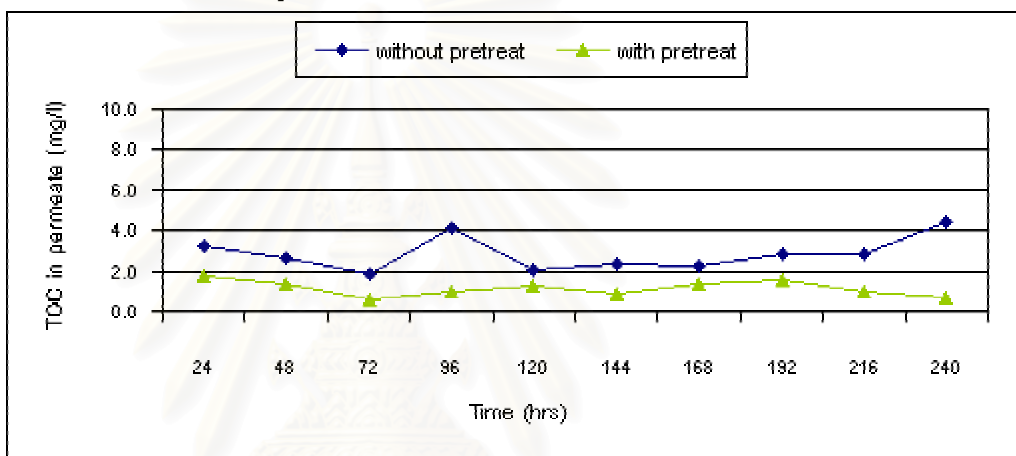


รูปที่ 4.100ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด UV260 ต่อเวลา

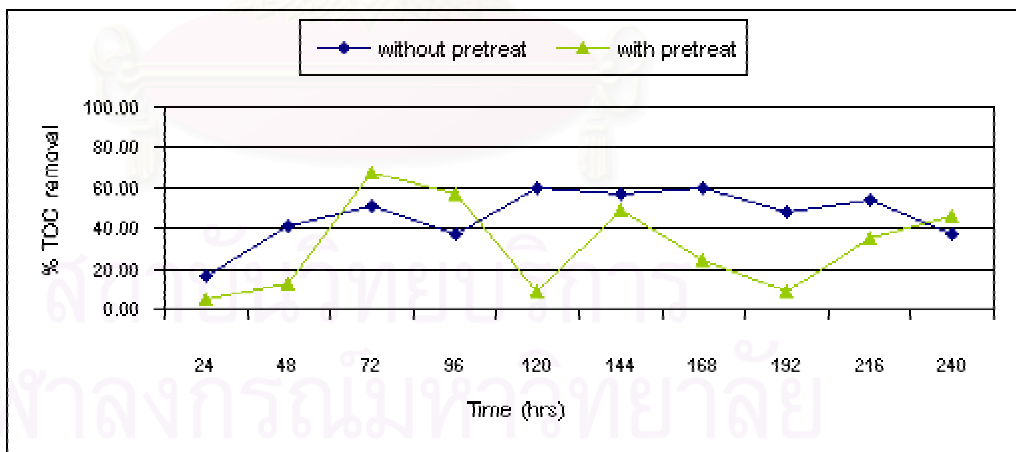
รูปที่ 4.100 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่า UV260 สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน



รูปที่ 4.101ก ค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่อเวลา



รูปที่ 4.101ข ค่า TOC ของน้ำ permeate ต่อเวลา



รูปที่ 4.101ค การเปลี่ยนแปลง %การกำจัด TOC ต่อเวลา

รูปที่ 4.101 ผลของการบำบัดขั้นต้นกับน้ำในช่วงความขุ่นสูงต่อค่า TOC สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 ไมโครเมตร ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน

คือ ประมาณ 16-60% และ 5-67% ตามลำดับ เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่า TOC สะสมของน้ำดิบในถังต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ค่า TOC ในน้ำ permeate มีค่าใกล้เคียงกัน ทำให้ % การกำจัด TOC มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีส

เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นที่ใช้ในการทดลอง มีผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในน้ำตั้งต้นอยู่ในระดับ “ไม่สามารถตรวจพบได้” จึงไม่สามารถสรุปผลของการบำบัดน้ำขั้นต้นต่อค่าความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสได้

ผลของการบำบัดขั้นต้นต่อค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

จากตารางที่ 4.18 แสดงปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ พบว่า น้ำดิบในถังมีปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณฟีคอลลโคลิฟอร์ม ส่วนในน้ำ permeate ไม่สามารถตรวจพบโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ทั้ง 2 น้ำตัวอย่าง

ตารางที่ 4.18 ปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียของน้ำดิบในถังและน้ำ permeate สำหรับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

ลักษณะของน้ำดิบ (น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง)	ชั่วโมงที่	Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
		Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
น้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	240	N.D.	240	N.D.
	240	93	N.D.	93	N.D.
น้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น	24	2400	N.D.	930	N.D.
	240	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 การศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ

จากการศึกษาค่าฟลักซ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบ โดยใช้ น้ำดิบ ในช่วงความขุ่นต่ำ (60-90 NTU) และในช่วงความขุ่นสูง (230-260 NTU) กรองน้ำผ่านเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm พบว่า ค่าฟลักซ์ที่เหมาะสม คือ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ในน้ำดิบทั้ง 2 ช่วงความขุ่นและกับเมมเบรนทั้ง 2 ขนาดรูกรอง เหตุผลที่พิจารณาคือ

ก. เมื่อพิจารณาค่าความดัน พบว่า มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่หรือสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเทียบกับที่ค่าฟลักซ์ 0.4 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งตรงกันข้ามกับที่ค่าฟลักซ์ 0.1 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ความดันมีค่าค่อนข้างต่ำและคงที่ตลอดการทดลอง แต่สามารถผลิตน้ำได้น้อยมาก จึงไม่น่าเหมาะสมหากจะนำมาใช้จริง

ข. เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ พบว่า %การกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก แมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่แต่ละฟลักซ์ให้ผลใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันมากนัก

5.2 การเดินระบบระยะยาว (10 วัน)

5.2.1 ผลของขนาดรูกรอง

เมื่อพิจารณาค่าความดัน พบว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm จะให้ค่าความดันที่สูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm โดยระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงสุด รองลงมาคือ น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ และน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ตามลำดับ เนื่องจากขนาดรูกรองที่เล็กกว่าในเมมเบรนขนาด 0.1 μm ทำให้เกิดการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรนได้ง่ายและมากกว่าที่เมมเบรนขนาด 0.4 μm ทำให้ความดันมีค่าสูงขึ้นมากกว่า เช่นเดียวกับค่าความต้านทานรวม

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ พบว่า เมมเบรนทั้ง 2 ขนาดสามารถกำจัดความขุ่น สี และเหล็กได้ใกล้เคียงกันในน้ำดิบช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

รวมทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ส่วน %การกำจัด UV260 และ TOC มีค่าใกล้เคียงกัน เฉพาะในระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ทั้ง 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ส่วนในระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ เมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm มี %การกำจัด UV260 และ TOC สูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะผลของ cake layer ซึ่งช่วยในการดูดซับสารอินทรีย์ต่าง ๆ

ดังนั้นควรพิจารณาเลือกเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm

5.2.2 ผลของค่าฟลักซ์

เมื่อพิจารณาค่าความดัน พบว่า ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ จะให้ค่าความดันที่สูงกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ทั้งในระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ กับเมมเบรนขนาด 0.1 และ 0.4 μm เนื่องจากที่ค่าฟลักซ์ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ระบบจะมีความเข้มข้นสะสมของมลสารในถังมากกว่าที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ ทำให้เกิดการสะสมที่ผิวหน้าเมมเบรนได้มากกว่า โดยเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 μm มีการเพิ่มขึ้นของค่าความดันสูงกว่าเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.4 μm เล็กน้อย

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ค่าฟลักซ์ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น สี UV260 TOC เหล็ก แมงกานีส รวมทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ทั้งในระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ กับเมมเบรนขนาด 0.1 และ 0.4 μm

ดังนั้นควรพิจารณาเลือกที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$

5.3 การปรับปรุงการเดินระบบในระยะยาว โดยกระบวนการบำบัดขั้นต้น

เมื่อพิจารณาค่าความดัน พบว่าการบำบัดน้ำขั้นต้นด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชันทำให้ความดันของระบบมีค่าต่ำกว่าที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ และความขุ่นสูงที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้นอย่างเห็นได้ชัด โดยค่อนข้างคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งมีผลทำให้ระบบลดการอุดตันที่ผิวหน้าเมมเบรน ทำให้สามารถเดินระบบได้นานขึ้น

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบ พบว่าในระบบที่ใช้น้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ กับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 และ 0.3 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ รวมทั้งน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูงที่ค่าฟลักซ์ 0.2 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ กับเมมเบรนขนาดรูกรอง 0.1 และ 0.4 μm การบำบัดขั้นต้นทำให้ %การกำจัดความขุ่น สี ลดลงเล็กน้อย เนื่องจากน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น จะมีความเข้มข้นสะสมของมลสารในถังต่ำกว่าระบบที่ใช้น้ำซึ่งไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น แต่คุณภาพน้ำ permeate ที่ได้

ไม่ต่างกันมากนัก จึงทำให้ %การกำจัดลดลง สำหรับ %การกำจัด UV260 ในน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น เนื่องจากการลดลงของอนุภาคที่สะสมบนผิวหน้าเมมเบรน ทำให้ไม่เกิด cake layer หรือเกิดเพียงเล็กน้อย จึงไม่ช่วยในการดูดซับสารอินทรีย์ธรรมชาติที่ใช้ UV260 เป็นตัวแทน ทำให้ค่า UV260 ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่าในน้ำที่เข้าระบบไม่มากนัก %การกำจัดจึงมีค่าค่อนข้างต่ำ และต่ำกว่าเมื่อเทียบกับน้ำที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดขั้นต้น ส่วนการบำบัดขั้นต้นไม่มีผลต่อ %การกำจัด TOC เนื่องจาก TOC คือปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติทั้งหมดที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งรวมถึงโมเลกุลที่อาจมีขนาดเล็กมากและละลายน้ำได้ ทำให้ส่วนหนึ่งสามารถผ่านเมมเบรนไปได้ โดยในน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ความเข้มข้นสะสมของ TOC ในถังมีค่าต่ำกว่า จึงอาจมี TOC ส่วนที่ไม่สามารถกำจัดได้ด้วยกระบวนการไมโครฟิลเตรชันหรือ cake layer ต่ำกว่าด้วย ทำให้ TOC ในน้ำ permeate มีค่าต่ำกว่า ดังนั้น %การกำจัด TOC จึงไม่แตกต่างกับน้ำที่ไม่ผ่านการบำบัดขั้นต้น

นอกจากนี้ น้ำ permeate จากทุกการทดลอง สามารถผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาที่กำหนดไว้โดยองค์การอนามัยโลกได้ ทั้งความขุ่น สี เหล็ก แมงกานีส และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งกระบวนการไมโครฟิลเตรชัน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นระบบผลิตน้ำประปา สำหรับค่ามาตรฐานน้ำประปาและค่าแนะนำจากการทดลอง แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่ามาตรฐานน้ำประปาและค่าแนะนำจากการทดลอง

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน [@] คุณภาพน้ำประปา	ค่าแนะนำ [#] จากการทดลอง
1. Turbidity (NTU)	5	0.30
2. Color (TCU)	15	12.70
3. UV260 (cm ⁻¹)	*	0.13
4. TOC (mg/l)	*	5.60
5. Fe (mg/l)	0.3	0.10
6. Mn (mg/l)	0.1	0.06
7. Total Coliforms (MPN / 100 ml)	N.D.	N.D.
8. Fecal Coliforms (MPN / 100 ml)	N.D.	N.D.

หมายเหตุ	@	=	โดยองค์การอนามัยโลก 2536 ซึ่งการประปานครหลวงใช้เป็นมาตรฐาน
	#	=	ค่าสูงสุดที่วัดได้ในน้ำ permeate จากการทดลองทั้งหมด
	N.D.	=	ไม่พบ
	*	=	ไม่มีค่ามาตรฐาน

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยที่จะทำต่อไป

กระบวนการไมโครฟิลเตรชันที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบจมตัวในถัง ซึ่งปัญหาที่พบคือ การเพิ่มสูงขึ้นของค่าความดัน อันเนื่องมาจากการสะสมของอนุภาคบนผิวหน้าของเมมเบรนหรือในรูกรองของเมมเบรน ทำให้ไม่สามารถเดินระบบได้นานเท่าที่ควร จึงเสนองานวิจัยที่จะทำต่อไปดังนี้คือ

1. การล้างย้อน โดยอาจศึกษาลักษณะการล้างย้อนที่เหมาะสม เช่นการอากาศหรือใช้แรงดันน้ำ รวมทั้งระยะเวลาที่จะทำการล้างย้อน เพื่อกำจัดอนุภาคที่ติดค้างในรูกรองของเมมเบรน ทำให้สามารถเดินระบบได้นานขึ้น
2. การทำความสะอาดเมมเบรนด้วยสารเคมี โดยอาจศึกษาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการล้างย้อนว่า วิธีใดมีประสิทธิภาพสูงกว่า
3. ลักษณะการเดินระบบ โดยเดินระบบแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อลดการสะสมของอนุภาคที่ผิวของเมมเบรน ศึกษาหาช่วงเวลาที่ดีที่สุดในการเดินระบบ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การประปานครหลวง. ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี, ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต.

2540. คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์. ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี การประปานครหลวง.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2536. วิศวกรรมประปา. พิมพ์ครั้งที่ 1. : มิตรนราการพิมพ์

โกมล ศิวบรร , เซาวยุทธ พรพิมลเทพ , สุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. 2523. การประปาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. : หจก. ธารการพิมพ์

ณัฐพงษ์ เลิศปีติภัทร. 2540. ประสิทธิภาพของกระบวนการกรองเมมเบรนในการกำจัด

โคลีฟาจในน้ำดิบที่ปนเปื้อนโคลีฟาจและอีโคไล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาค

วิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มันลิน ตันทุลเวศม์. 2539. วิศวกรรมการประปา เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

รัตนา จิระรัตนานนท์. 2526. กระบวนการแยกด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 1 กันยายน

อุดร จารุรัตน์ , จารุรัตน์ วรนิสรากุล. 2537. วิศวกรรมการประปา. พิมพ์ครั้งที่ 1. : เรือนแก้วการพิมพ์

ภาษาอังกฤษ

Anselme, C. , Mandra, V. , Baudin, I. , Jacangelo, J.G. and Malleviolla, J. (1993).

Removal of total organicMatters and micropollutants by membrane processes in drink-water treatment. Water Supply. Vol. 11 , Nos. 3/4 , pp. 249-258.

Anselme, C. , Mandra, V. , Baudin, I. and Malleviolla, J. (1993). Optimum use of membrane processes in drinking- water Treatment. Water Supply. Vol. 14 , Nos. 3/4 , pp. 473-486.

APHA, WWA, WPCF (1995). Standard Method for the Examintion of Water and Wastewater. Washington : American Public Health Association.

AWWA Membrane Technology Research Committee. (1992). Committee Report :

Membrane Process in Potable Water Treatment. Journal AWWA. January.

- Braghetta, A. , Jacangelo, J.G. , Chellam, S. , Hotaling, M.L. and Utne, B.A. (1997).
DAF pretreatment : its effect on MF performance. Journal AWWA. Vol. 89 , No.
10 , pp. 90-101.
- Chen , Chilung. (1988). Application of Microfiltration in Water and Wastewater
Treatment. Thesis of Master of Engineering. Asian Institute of Technology.
- Eykamp, W. and Steen, J. (1987). Ultrafiltration and reverse osmosis. In R.W.
Rousseau (ed.). Handbook of separation process technology. Newyork : John
Wiley & Sons. pp. 826-839
- Herremans, L. , Cote, P. (1997). Membranes for the Treatment of Fresh Water the
Constitution of Compagnie Generales des Eaux. New Advances In Water and
WastewaterTreatments. France-Thai Symposium at Chulalongkorn University ,
Bankok , Thailand on October 22–24 , pp. 74–81.
- Jacangelo, J.G. and Adham, S.A. (1994). Comparison of Microfiltration and
Ultrafiltration for Microbial Removal. Proceedings of Microfiltration for Water
Treatment Symposium. Irvine, Calif. pp.57.
- Jacangelo, J.G. and Adham, S.A. and Laine, J.M. (1995). Mechanism of
Cryptosporidium, Giardia and MS2 virus removal by MF and UF. Journal AWWA.
Vol. 87 , No. 9 , pp. 107-121.
- Karimi, A.A. , Vickers, J.C. and Harasick, R.F. (1999). Microfiltration goes Hollywood :
the Los Angeles experience. Journal AWWA. Vol. 91 , No. 6 , pp. 90-103.
- Letterman, R.D. , Chiang, S.M. , Herb, D. ,Meng, X.G. , Selger, D. and Shrodo. (1991).
Evaluation of Alternative Surface Water Treatment Technologies. Report to New
York State Department of Health, Bureau of Public Water Supply Protection.
- Lozier, C.J. , Jones, G. and Bellamy, W. (1997). Integrated membrane treatment in
Alaska. Journal AWWA. Vol. 89 , No. 10 , pp. 50-64.
- Mallevalle, J. , Odendaal, P.E. , Wiesner, M.R. (1996). Water Treatment Membrane
Process. AWWARF, Lyonnaise des Eaux, Water Research Commission of South
Africa, New York : McGraw–Hill.

- Mitsubishi Rayon Co., Ltd. (1998). Waste Water Treatment Equipment With Tank-Submerged Type Filter Unit Compose of Hollow Fiber Membrane. Membrane Product Department.
- Najm, I.N. , Snoeyink, V.L. , Lykins, B.W. , Jr. , and Adams, J.Q. (1991). Using Powdered Activated Carbon : A Critical Review. Journal AWWA. Vol. 83 , No. 1, pp. 65-76.
- Nauleau, F. and Dherbomez, B. (1993). Utilization of a mobile microfiltration plant to make up for lack for water in drought periods. Water Supply Vol. 11 , Nos. 3/4 , pp. 177–187.
- Olivieri, V.P. , Parker, D.Y. , Jr. , Willingham. G.A. and Vickers, J.C. (1991a). Continuous Microfiltration of Surface Water. Proceedings of the AWWA 1991 Membrane Processes Conference. Orlando , Fla. , p. 385.
- Pirbazari, M. , Badriyha, B.N. and Varadarajan. (1992). MF–PAC for Treating Waters : Comtaminated With Natural and Synthetic Organics. Journal AWWA. Vol. 84 , No. 12, pp. 95–103
- Ripperger, S. , Vigneswaran, S. and Ben Aim, R. (eds). (1989). Microfiltration. In : Water , Wastewater and Sludge Filtration. CRC Press, Florida , USA. pp. 173-190.
- Vigneswaran, S. (1991). Application of Microfiltration for Water and Wastewater Treatment. Environmental Sanitation Reviews. June , No. 31.
- Westerhoff, G.P. , Thompson, M.A. and Vickers, J.C. (1993). Experiences in the application of microfiltration and ultrafiltration membrane technology in drinking–water Treatment. Water Supply. Vol. 14 , Nos. 3/4 , pp. SS2–1 – 2–11.
- Wiesner, M.R. , Schroelling and Pickering, K. (1991). Permeation Behavior and Filtrate Quality of Tubular Ceramic Membranes Used for Surface Water Treatment. Proceedings of the AWWA Membrane Processes Conference. Olando , Fla. , pp. 371.
- Zeman, L.J. , Zydney, A.L. (1996). Microfiltration and Ultrafiltration : Principles and Applications. : Marcel Dekker.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบของผลการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก1 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH, ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	20-3-44	18.00 น.	1.0	27.7	*	7.65	*	64.3	*	68.740	*	0.1471	*
1	6		24.00 น.	1.0	27.6	27.7	8.04	8.12	80.6	0.12	85.420	5.507	0.1778	0.0703
2	12	21-3-44	06.00 น.	1.0	27.6	27.7	7.94	8.15	91.2	0.11	66.650	4.301	0.1382	0.0732
3	18		12.00 น.	1.0	27.8	28.0	8.08	8.15	107.0	0.12	39.440	4.129	0.1274	0.0725
4	24		18.00 น.	1.0	28.3	28.8	7.95	7.77	115.0	0.13	53.040	3.957	0.1029	0.0709
5	30		24.00 น.	1.0	28.5	29.0	8.20	8.01	131.0	0.11	40.130	4.129	0.1360	0.0706
6	36	22-3-44	06.00 น.	1.0	28.0	28.4	8.33	8.28	146.0	0.09	62.340	3.957	0.1381	0.0690
7	42		12.00 น.	1.0	28.0	28.7	8.14	8.00	163.0	0.10	43.740	3.785	0.1661	0.0714
8	48		18.00 น.	1.0	28.6	28.8	8.24	8.02	185.0	0.08	76.460	5.679	0.1425	0.0727
9	54		24.00 น.	1.0	28.4	28.8	8.08	8.02	194.0	0.10	87.140	4.646	0.1903	0.0736
10	60	23-3-44	06.00 น.	1.0	28.3	28.9	7.98	7.86	213.0	0.09	79.570	4.129	0.1364	0.0730
11	66		12.00 น.	1.0	28.4	29.4	7.88	7.97	232.0	0.09	91.450	4.129	0.1925	0.0723
12	72		18.00 น.	1.0	28.6	29.1	8.28	8.16	245.0	0.09	75.610	4.437	0.1544	0.0723

ตารางที่ ก1.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	20-3-44	18.00 น.	0.20	*	0.09	*	5.026	0.545	4.481	*	*	*	-	*	-	*
2	12	21-3-44	06.00 น.	0.22	0.04	0.07	0.02	4.812	0.634	4.178	3.544	0.309	3.235	-	-	-	-
4	24		18.00 น.	0.13	0.04	0.08	0.02	4.055	0.313	3.742	3.025	0.404	2.621	2400	N.D.	2400	N.D.
6	36	22-3-44	06.00 น.	0.30	0.01	0.09	0.02	3.400	0.241	3.159	3.223	0.258	2.965	-	-	-	-
8	48		18.00 น.	0.31	0.01	0.07	0.03	3.774	0.254	3.520	3.107	0.210	2.897	-	-	-	-
10	60	23-3-44	06.00 น.	0.28	0.01	0.07	0.03	3.646	0.408	3.238	2.957	0.250	2.707	-	-	-	-
12	72		18.00 น.	0.33	0.00	0.08	0.03	3.246	0.295	2.951	2.786	0.284	2.502	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก2 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH, ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	28-3-44	15.00 น.	1.0	31.0	*	7.50	*	67.6	*	42.360	*	0.0974	*
1	6		21.00 น.	1.0	30.6	30.6	8.22	7.97	88.1	0.12	50.460	12.400	0.0957	0.0403
2	12	29-3-44	03.00 น.	1.0	30.3	30.9	8.23	8.05	122.0	0.12	38.230	9.985	0.1100	0.0355
3	18		09.00 น.	1.0	29.0	29.1	8.21	8.06	153.0	0.10	58.210	12.220	0.1270	0.0366
4	24		15.00 น.	1.0	29.3	30.2	8.28	8.18	170.0	0.09	42.880	6.885	0.1459	0.0365
5	30		21.00 น.	1.0	30.7	31.1	8.06	7.96	204.0	0.09	66.820	8.607	0.1425	0.0380
6	36	30-3-44	03.00 น.	1.0	30.5	31.0	8.27	8.04	233.0	0.09	48.910	7.574	0.1206	0.0385
7	42		09.00 น.	1.0	29.3	29.9	8.19	8.13	260.0	0.08	70.090	4.990	0.1066	0.0352
8	48		15.00 น.	2.7	30.3	31.9	8.21	8.04	313.0	0.11	80.950	6.540	0.1238	0.0343
9	54		21.00 น.	2.7	29.7	30.7	8.27	8.01	347.0	0.11	103.000	5.507	0.1138	0.0341
10	60	31-3-44	03.00 น.	2.7	30.5	30.6	8.28	8.12	370.0	0.11	96.100	6.196	0.1476	0.0321
11	66		09.00 น.	2.7	30.2	30.9	8.25	8.09	411.0	0.10	105.400	5.569	0.1350	0.0308
12	72		15.00 น.	2.7	29.3	30.1	8.23	8.06	444.0	0.10	98.340	5.679	0.1227	0.0298

ตารางที่ ก2.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	28-3-44	15.00 น.	0.33	*	0.09	*	4.296	1.180	3.116	*	*	*	-	*	-	*
2	12	29-3-44	03.00 น.	0.30	0.06	0.07	0.03	3.742	0.814	2.928	3.041	0.303	2.738	-	-	-	-
4	24		15.00 น.	0.41	0.02	0.08	0.02	4.394	1.066	3.328	3.406	0.425	2.981	1500	N.D.	280	N.D.
6	36	30-3-44	03.00 น.	0.34	0.02	0.09	0.03	4.595	1.266	3.329	3.563	0.246	3.317	-	-	-	-
8	48		15.00 น.	0.32	0.04	0.07	0.04	4.203	0.410	3.793	3.910	0.239	3.671	-	-	-	-
10	60	31-3-44	03.00 น.	0.49	0.06	0.07	0.03	4.276	0.912	3.364	3.420	0.256	3.164	-	-	-	-
12	72		15.00 น.	0.35	0.06	0.08	0.03	4.058	0.285	3.773	3.219	0.238	2.981	750	N.D.	390	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก3 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH, ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	3-4-44	19.00 น.	1.7	30.0	*	7.62	*	62.4	*	57.180	*	0.1229	*
1	6	4-4-44	01.00น.	1.7	29.9	30.2	8.05	8.18	99.7	0.18	83.010	8.263	0.1422	0.0712
2	12		07.00 น.	1.7	30.1	30.5	8.03	8.18	137.0	0.20	66.650	7.229	0.1395	0.0682
3	18		13.00 น.	1.7	29.6	30.8	8.38	8.36	195.0	0.18	58.040	7.574	0.1316	0.0686
4	24		19.00 น.	1.7	30.8	31.0	8.18	8.28	241.0	0.19	64.240	6.540	0.1445	0.0679
5	30	5-4-44	01.00น.	1.7	29.7	30.4	8.19	8.21	287.0	0.16	97.480	7.057	0.1904	0.0695
6	36		07.00 น.	1.7	28.6	29.2	8.25	8.24	336.0	0.17	112.600	7.574	0.1915	0.0724
7	42		13.00 น.	4.1	30.0	30.4	8.31	8.30	391.0	0.17	60.970	6.368	0.1344	0.0654
8	48		19.00 น.	4.1	30.8	31.5	8.21	8.19	435.0	0.18	110.700	6.368	0.2036	0.0643
9	54	6-4-44	01.00น.	4.1	29.4	30.5	8.24	8.12	467.0	0.18	97.820	6.024	0.1790	0.0658
10	60		07.00 น.	4.1	28.8	29.5	8.21	8.18	509.0	0.16	126.200	6.196	0.2086	0.0642
11	66		13.00 น.	4.1	29.9	30.0	8.24	8.19	555.0	0.17	154.700	6.885	0.2404	0.0659
12	72		19.00 น.	4.1	30.1	30.8	8.10	8.10	608.0	0.16	118.000	6.713	0.2034	0.0631

ตารางที่ ก3.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	3-4-44	19.00 น.	0.80	*	0.09	*	5.709	0.244	5.465	*	*	*	-	*	-	*
2	12	4-4-44	07.00 น.	0.26	0.06	0.09	0.02	5.687	0.269	5.418	4.719	0.209	4.510	-	-	-	-
4	24		19.00 น.	0.24	0.06	0.08	0.03	4.860	0.290	4.570	4.684	0.338	4.346	430	N.D.	150	N.D.
6	36	5-4-44	07.00 น.	0.48	0.06	0.09	0.03	3.913	0.259	3.654	3.286	0.231	3.055	-	-	-	-
8	48		19.00 น.	0.49	0.06	0.07	0.03	4.342	0.233	4.109	3.981	0.258	3.723	-	-	-	-
10	60	6-4-44	07.00 น.	0.56	0.06	0.07	0.02	4.900	0.217	4.683	4.193	0.184	4.009	-	-	-	-
12	72		19.00 น.	0.66	0.06	0.08	0.04	4.887	0.222	4.665	4.466	0.219	4.247	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)
 - ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก4 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH, ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	23-4-44	08.00 น.	1.7	31.1	*	7.73	*	60.2	*	79.220		0.1422	*
1	6		14.00 น.	2.4	31.3	32.0	8.08	8.12	117.0	0.16	94.720	9.124	0.1624	0.0581
2	12		20.00 น.	2.7	31.4	32.1	8.17	8.23	162.0	0.14	81.720	6.713	0.1663	0.0565
3	18	24-4-44	02.00 น.	3.4	31.2	31.8	8.26	8.26	223.0	0.14	105.600	4.818	0.1716	0.0560
4	24		08.00 น.	3.7	31.3	32.0	8.31	8.26	264.0	0.14	119.000	4.990	0.1980	0.0553
5	30		14.00 น.	4.8	31.0	31.6	8.18	8.19	319.0	0.15	89.560	4.990	0.1583	0.0535
6	36		20.00 น.	6.1	30.8	31.9	8.21	8.24	383.0	0.15	133.300	5.507	0.1792	0.0535
7	42	25-4-44	02.00 น.	7.5	30.5	31.2	8.26	8.24	467.0	0.15	128.300	6.024	0.1797	0.0535
8	48		08.00 น.	8.8	30.5	30.7	8.27	8.24	523.0	0.13	135.400	6.540	0.1725	0.0529
9	54		14.00 น.	10.2	30.4	31.1	8.22	8.19	580.0	0.11	121.600	3.957	0.1979	0.0529
10	60		20.00 น.	11.6	30.5	31.1	8.22	8.18	636.0	0.14	154.000	4.990	0.2704	0.0527
11	66	26-4-44	02.00 น.	13.3	30.5	31.3	8.11	8.14	708.0	0.11	209.400	5.335	0.3085	0.0529
12	72		08.00 น.	14.3	30.1	30.5	8.14	8.11	795.0	0.10	182.300	6.368	0.2913	0.0531

ตารางที่ ก4.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	23-4-44	08.00 น.	0.40	*	0.07	*	8.578	2.106	6.472	*	*	*	-	*	-	*
2	12	24-4-44	20.00 น.	0.41	0.05	0.07	0.02	4.989	0.222	4.767	4.015	0.220	3.795	-	-	-	-
4	24		08.00 น.	0.74	0.03	0.09	0.03	5.206	0.218	4.988	3.876	0.219	3.657	430	N.D.	230	N.D.
6	36	25-4-44	20.00 น.	0.42	0.02	0.08	0.03	5.121	0.257	4.864	3.808	0.259	3.549	-	-	-	-
8	48		08.00 น.	0.98	0.02	0.07	0.04	4.543	0.238	4.305	3.760	0.225	3.535	-	-	-	-
10	60	26-4-44	20.00 น.	0.74	0.06	0.08	0.02	4.452	0.232	4.220	3.648	0.226	3.422	-	-	-	-
12	72		08.00 น.	1.35	0.06	0.09	0.03	4.990	0.229	4.761	3.835	0.182	3.653	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก5 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	15-5-44	22.00 น.	1.0	29.5	*	8.02	*	233.0	*	253.70	*	0.0350	*
1	6	16-5-44	04.00 น.	1.0	29.6	30.4	8.03	8.04	307.0	0.170	388.40	10.330	0.4403	0.0837
2	12		10.00 น.	1.0	29.4	29.7	8.08	8.12	364.0	0.180	314.70	9.640	0.3994	0.0811
3	18		16.00 น.	1.0	29.3	30.7	8.07	8.08	439.0	0.170	615.90	6.468	0.6614	0.0819
4	24		22.00 น.	1.0	29.9	30.9	8.09	8.12	616.0	0.200	548.00	9.124	0.5701	0.0812
5	30	17-5-44	04.00 น.	1.0	29.6	30.7	8.02	8.13	753.0	0.190	582.70	8.435	0.6284	0.0812
6	36		10.00 น.	1.0	29.4	30.4	8.03	8.13	901.0	0.200	624.20	8.779	0.6886	0.0813
7	42		16.00 น.	1.0	28.5	29.5	8.10	8.11	1053.0	0.150	482.90	8.263	0.5769	0.0808
8	48		22.00 น.	1.0	27.7	28.7	8.02	8.11	1202.0	0.180	601.60	7.918	0.6714	0.0826
9	54	18-5-44	04.00 น.	1.0	28.4	29.4	8.04	8.12	1336.0	0.190	573.30	7.229	0.6039	0.0804
10	60		10.00 น.	1.0	28.2	29.2	8.07	8.10	1459.0	0.160	712.30	8.779	0.7946	0.0818
11	66		16.00 น.	1.0	27.5	28.8	8.11	8.13	1593.0	0.160	648.10	8.435	0.7205	0.0802
12	72		22.00 น.	1.0	28.7	29.9	8.04	8.08	1732.0	0.180	682.60	9.985	0.7532	0.0793

ตารางที่ ก5.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.1 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	15-5-44	22.00 น.	1.46	*	0.10	*	4.413	0.191	4.222	*	*	*	-	*	-	*
2	12	16-5-44	10.00 น.	1.43	0.03	0.11	0.04	4.290	0.685	3.605	3.966	1.525	2.441	-	-	-	-
4	24		22.00 น.	2.66	0.04	0.11	0.03	4.514	1.777	2.737	4.449	2.959	1.490	2400	N.D.	930	N.D.
6	36	17-5-44	10.00 น.	2.61	0.04	0.12	0.03	4.910	1.599	3.311	4.670	1.670	3.000	-	-	-	-
8	48		22.00 น.	2.43	0.03	0.09	0.02	4.879	1.451	3.428	4.689	2.865	1.824	-	-	-	-
10	60	18-5-44	10.00 น.	2.77	0.03	0.10	0.04	5.010	1.608	3.402	4.125	1.675	2.450	-	-	-	-
12	72		22.00 น.	2.81	0.02	0.12	0.04	4.696	0.410	4.286	4.223	2.379	1.844	1500	N.D.	230	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)
 - ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก6 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	22-5-44	19.00 น.	1.7	29.4	*	8.08	*	242.0	*	472.60	*	0.5244	*
1	6	23-5-44	01.00 น.	1.7	29.3	30.0	8.11	8.21	488.0	0.170	580.90	7.574	0.6417	0.0873
2	12		07.00 น.	1.7	28.6	29.1	8.23	8.25	755.0	0.200	851.20	6.368	0.8461	0.0847
3	18		13.00 น.	1.7	29.4	29.7	8.14	8.30	982.0	0.180	539.30	7.229	0.6127	0.0826
4	24		19.00 น.	1.7	29.6	30.3	8.14	8.17	1164.0	0.190	635.40	4.646	0.6831	0.0802
5	30	24-5-44	01.00 น.	1.7	29.6	30.4	8.21	8.25	1493.0	0.200	568.90	5.162	0.6084	0.0796
6	36		07.00 น.	1.7	29.0	29.9	8.20	8.24	1721.0	0.170	479.30	4.473	0.5420	0.0802
7	42		13.00 น.	4.1	29.2	30.3	8.21	8.28	1967.0	0.180	723.60	6.024	0.7516	0.0939
8	48		19.00 น.	4.1	30.0	31.3	8.18	8.21	2204.0	0.180	1013.00	5.162	1.0068	0.0878
9	54	25-5-44	01.00 น.	4.1	29.6	30.5	8.18	8.22	2481.0	0.170	1319.00	5.507	1.2607	0.0830
10	60		07.00 น.	4.1	28.8	29.9	8.18	8.20	2706.0	0.160	816.70	6.368	0.8790	0.0911
11	66		13.00 น.	4.1	29.2	30.4	8.02	8.06	2963.0	0.150	791.80	7.574	0.8790	0.0839
12	72		19.00 น.	4.1	30.4	31.5	8.06	8.08	3112.0	0.160	929.40	5.162	1.0354	0.0826

ตารางที่ ก6.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC, โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	22-5-44	19.00 น.	2.32	*	0.11	*	4.000	0.299	3.701	*	*	*	-	*	-	*
2	12	23-5-44	07.00 น.	2.99	0.06	0.11	0.06	4.203	0.551	3.652	2.938	0.435	2.503	-	-	-	-
4	24		19.00 น.	2.51	0.06	0.12	0.06	4.422	0.330	4.092	3.341	0.362	2.979	930	N.D.	210	N.D.
6	36	24-5-44	07.00 น.	2.95	0.06	0.12	0.05	5.254	1.111	4.143	4.167	1.977	2.190	-	-	-	-
8	48		19.00 น.	3.24	0.06	0.09	0.05	5.076	0.858	4.218	4.220	0.462	3.758	-	-	-	-
10	60	25-5-44	07.00 น.	5.62	0.06	0.10	0.06	5.133	0.305	4.828	4.039	0.295	3.744	-	-	-	-
12	72		19.00 น.	3.64	0.06	0.12	0.05	4.984	0.235	4.749	3.448	0.286	3.162	1500	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก7 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	29-5--44	12.00 น.	1.7	29.4	*	7.77	*	238.0	*	353.80	*	0.4233	*
1	6		18.00 น.	1.7	29.8	30.5	7.75	7.89	587.0	0.170	359.80	11.190	0.4406	0.0812
2	12		24.00 น.	1.7	29.6	30.4	7.80	7.92	925.0	0.190	402.50	9.124	0.4823	0.0773
3	18	30-5-44	06.00 น.	1.7	29.5	30.3	7.79	7.89	1254.0	0.180	683.60	7.746	0.7241	0.0786
4	24		12.00 น.	3.1	29.3	30.2	7.80	7.85	1630.0	0.180	427.10	7.402	0.5054	0.0778
5	30		18.00 น.	3.1	30.0	30.5	7.72	7.79	2006.0	0.180	890.10	11.360	0.8816	0.0784
6	36		24.00 น.	3.1	30.2	30.8	7.80	7.85	2361.0	0.170	538.40	7.057	0.6116	0.0778
7	42	31-5-44	06.00 น.	5.8	29.7	30.7	7.82	7.86	2718.0	0.170	700.50	7.918	0.7717	0.0773
8	48		12.00 น.	5.8	30.1	30.5	7.75	7.83	3095.0	0.170	750.80	7.746	0.8093	0.0782
9	54		18.00 น.	7.1	30.5	31.3	7.70	7.77	3472.0	0.160	682.60	8.263	0.7566	0.0787
10	60		24.00 น.	7.1	30.5	31.1	7.73	7.74	3918.0	0.150	525.70	8.607	0.5824	0.0778
11	66	1-6-44	06.00 น.	7.1	29.9	30.6	7.74	7.78	4266.0	0.150	973.30	7.402	1.0020	0.0776
12	72		12.00 น.	7.1	29.7	30.8	7.79	7.80	4513.0	0.150	1199.00	8.090	1.2826	0.0780

ตารางที่ ก7.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	29-5-44	12.00 น.	1.73	*	0.09	*	4.371	0.214	4.157	*	*	*	-	*	-	*
2	12		24.00 น.	2.28	0.06	0.10	0.05	4.080	0.203	3.877	3.082	0.265	2.817	-	-	-	-
4	24	30-5-44	12.00 น.	2.70	0.06	0.11	0.05	4.597	0.748	3.849	3.083	0.248	2.835	2400	N.D.	930	N.D.
6	36		24.00 น.	2.45	0.06	0.09	0.04	4.858	1.220	3.638	3.925	2.302	1.623	-	-	-	-
8	48	31-5-44	12.00 น.	2.96	0.06	0.09	0.05	4.764	0.374	4.390	3.792	0.497	3.295	-	-	-	-
10	60		24.00 น.	4.45	0.06	0.10	0.05	4.660	0.212	4.448	4.001	2.258	1.743	-	-	-	-
12	72	1-6-44	12.00 น.	3.61	0.06	0.10	0.04	4.613	0.271	4.342	3.730	0.498	3.232	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก8 แสดงค่าความดัน, อุณหภูมิ, pH, ความขุ่น, สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	5-6-44	13.00 น.	2.4	28.8	*	7.93	*	235.0	*	464.20	*	0.6426	*
1	6		19.00 น.	4.4	29.8	30.6	8.19	8.22	607.0	0.160	895.80	11.190	1.1002	0.1150
2	12		01.00 น.	5.1	29.5	30.3	8.20	8.23	943.0	0.180	848.40	11.540	1.1071	0.1128
3	18	6-6-44	07.00 น.	6.5	28.9	29.7	8.23	8.23	1322.0	0.210	1218.00	10.160	1.5531	0.1144
4	24		13.00 น.	7.8	29.4	30.4	8.25	8.25	1861.0	0.200	1494.00	10.500	1.9357	0.1121
5	30		19.00 น.	9.5	30.2	31.2	8.19	8.23	2309.0	0.210	680.70	11.190	1.5171	0.1155
6	36		01.00 น.	12.2	29.5	30.1	8.26	8.26	2975.0	0.180	1331.00	12.050	1.2804	0.1144
7	42	7-6-44	07.00 น.	16.7	28.7	29.4	8.20	8.22	3208.0	0.190	924.00	9.124	1.6212	0.1079
8	48		13.00 น.	23.8	28.9	29.8	8.21	8.23	3450.0	0.170	872.40	9.468	1.5870	0.1094
9	54		19.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	60		01.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	66	8-6-44	07.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72		13.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ตารางที่ ก8.1 แสดงค่าเหล็ก, แมงกานีส, TOC, โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	5-6-44	13.00 น.	2.66	*	0.12	*	5.040	1.269	3.771	*	*	*	-	*	-	*
2	12		01.00 น.	4.57	0.11	0.13	0.04	8.712	4.772	3.440	6.455	4.564	1.391	-	-	-	-
4	24	6-6-44	13.00 น.	5.02	0.11	0.12	0.05	10.140	5.351	4.789	8.305	6.061	2.244	930	N.D.	430	N.D.
6	36		01.00 น.	2.49	0.10	0.10	0.04	8.378	3.419	4.959	7.208	5.075	2.133	-	-	-	-
8	48	7-6-44	13.00 น.	2.65	0.09	0.09	0.03	6.470	2.172	4.298	5.665	2.342	3.323	430	N.D.	230	N.D.
10	60		01.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72	8-6-44	13.00 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก9 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	20-6-44	11.00 น.	1.0	27.4	*	7.69	*	76.4	*	150.20	*	0.2596	*
1	6		17.00 น.	1.0	28.3	29.4	7.89	7.95	122.0	0.15	172.70	1.029	0.3038	0.0833
2	12		23.00 น.	1.0	27.9	29.0	8.04	8.07	143.0	0.18	198.90	0.168	0.3274	0.0880
3	18		5.00 น.	1.0	27.2	28.2	8.06	8.09	190.0	0.15	182.60	1.201	0.2909	0.0859
4	24	21-6-44	11.00 น.	1.0	26.8	27.8	8.02	8.05	239.0	0.12	119.90	1.512	0.2275	0.0854
5	30		17.00 น.	1.0	26.7	27.6	7.98	8.05	274.0	0.17	400.10	1.029	0.5460	0.0854
6	36		23.00 น.	1.0	26.8	28.1	8.01	8.05	324.0	0.16	168.40	1.373	0.2943	0.0842
7	42		5.00 น.	1.0	26.7	27.8	7.92	8.01	358.0	0.13	118.50	0.857	0.2000	0.0852
8	48	22-6-44	11.00 น.	1.0	27.0	28.6	8.06	8.10	383.0	0.15	475.50	1.680	0.6428	0.0854
9	54		17.00 น.	1.0	28.1	30.0	7.97	8.05	443.0	0.15	207.50	1.545	0.2878	0.0875
10	60		23.00 น.	1.0	27.0	27.8	7.92	8.06	481.0	0.15	423.90	1.029	0.6295	0.0863
11	66		5.00 น.	1.0	26.6	27.6	8.01	8.07	528.0	0.22	226.80	1.512	0.2902	0.0840
12	72	23-6-44	11.00 น.	1.0	27.0	28.3	8.05	8.07	590.0	0.14	83.53	1.373	0.1586	0.0854

ตารางที่ ก9.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	20-6-11	11.00 น.	1.22	*	0.10	*	3.954	0.621	3.333	*	*	*	-	*	-	*
2	12		23.00 น.	1.65	0.06	0.09	0.04	5.529	2.221	3.308	4.699	1.919	2.780	-	-	-	-
4	24	21-6-44	11.00 น.	1.30	0.06	0.12	0.05	4.962	0.715	4.247	4.133	1.860	2.273	2400	N.D.	930	N.D.
6	36		23.00 น.	2.06	0.06	0.09	0.05	4.722	0.441	4.281	4.393	2.212	2.181	-	-	-	-
8	48	22-6-44	11.00 น.	2.98	0.06	0.10	0.04	5.477	1.956	3.521	3.742	0.601	3.141	-	-	-	-
10	60		23.00 น.	2.27	0.06	0.10	0.03	5.661	1.362	4.299	3.143	0.338	2.801	-	-	-	-
12	72	23-6-44	11.00 น.	2.56	0.06	0.09	0.03	5.770	2.265	3.505	3.644	1.841	1.803	750	N.D.	230	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก10 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	26-6-44	11.30 น.	1.7	26.9	*	7.59	*	84.4	*	124.70	*	0.2345	*
1	6		17.30 น.	1.7	28.1	29.1	7.84	7.94	130.0	0.17	170.00	7.574	0.2828	0.0833
2	12		23.30 น.	1.7	28.2	29.0	8.09	7.97	182.0	0.15	139.50	7.574	0.2540	0.0835
3	18		5.30 น.	1.7	28.7	29.5	7.93	7.99	235.0	0.13	57.69	7.402	0.1580	0.0859
4	24	27-6-44	11.30 น.	1.7	28.1	29.1	7.98	8.01	298.0	0.13	321.00	9.640	0.4841	0.0853
5	30		17.30 น.	1.7	28.2	29.1	7.89	7.95	355.0	0.18	223.00	8.614	0.3580	0.0850
6	36		23.30 น.	1.7	28.3	29.1	7.86	7.93	401.0	0.17	109.00	8.435	0.2185	0.0834
7	42		5.30 น.	1.7	28.1	29.0	7.76	7.84	457.0	0.15	526.00	8.607	0.7233	0.0830
8	48	28-6-44	11.30 น.	2.7	28.1	29.1	7.75	7.88	547.0	0.17	271.10	9.124	0.3654	0.0876
9	54		17.30 น.	3.4	27.9	28.8	7.92	7.97	591.0	0.15	604.50	8.263	0.7839	0.0839
10	60		23.30 น.	3.4	28.2	29.1	7.94	7.98	626.0	0.20	225.60	8.607	0.3129	0.0813
11	66		5.30 น.	3.4	27.9	28.7	7.93	7.99	691.0	0.15	642.30	8.435	0.8544	0.0812
12	72	29-6-44	11.30 น.	3.4	28.3	29.3	7.94	7.99	727.0	0.16	197.50	9.124	0.2682	0.0830

ตารางที่ ก10.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	26-6-44	11.30 น.	1.42	*	0.12	*	4.060	0.839	3.221	*	*	*	-	*	-	*
2	12		23.30 น.	1.02	0.06	0.13	0.04	5.790	2.107	3.683	4.446	2.183	2.263	-	-	-	-
4	24	27-6-44	11.30 น.	2.28	0.06	0.10	0.03	5.741	2.280	3.461	4.061	1.064	2.997	2400	N.D.	930	N.D.
6	36		23.30 น.	1.56	0.06	0.11	0.03	5.890	2.337	3.553	3.924	2.243	1.681	-	-	-	-
8	48	28-6-44	11.30 น.	1.44	0.06	0.13	0.05	5.103	0.676	4.427	3.006	0.276	2.730	-	-	-	-
10	60		23.30 น.	2.11	0.06	0.13	0.04	5.391	0.272	3.319	3.869	2.115	1.754	-	-	-	-
12	72	29-6-44	11.30 น.	2.75	0.06	0.12	0.04	5.136	0.620	4.516	3.013	0.354	2.659	1500	N.D.	750	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก11 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	2-7-44	12.30 น.	1.7	28.5	*	7.54	*	80.4	*	133.30	*	0.2366	*
1	6		18.30 น.	1.7	28.1	28.6	7.86	7.95	135.0	0.18	216.70	7.746	0.3326	0.0756
2	12	3-7-44	00.30 น.	4.1	28.4	29.1	7.96	7.97	185.0	0.16	187.70	8.090	0.3149	0.0770
3	18		6.30 น.	4.1	28.0	28.5	8.01	8.04	262.0	0.14	201.90	8.263	0.3020	0.0806
4	24		12.30 น.	5.1	28.5	29.6	7.98	8.02	318.0	0.14	373.20	7.402	0.5491	0.0778
5	30		18.30 น.	6.1	29.5	30.3	7.96	8.01	390.0	0.13	133.30	7.574	0.2474	0.0797
6	36	4-7-44	00.30 น.	6.1	28.4	29.3	7.90	7.99	449.0	0.19	408.90	8.779	0.5771	0.0842
7	42		6.30 น.	7.5	28.3	28.9	7.92	8.03	513.0	0.15	265.00	8.952	0.3525	0.0809
8	48		13.30 น.	8.5	28.3	29.0	7.90	8.03	580.0	0.15	491.70	7.746	0.6055	0.0820
9	54		13.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	60	5-7-44	00.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	66		6.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72		12.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ตารางที่ ก11.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	2-7-44	12.30 น.	0.69	*	0.09	*	4.023	0.740	3.283	*	*	*	-	*	-	*
2	12	3-7-44	00.30 น.	1.29	0.06	0.11	0.03	4.045	0.312	3.733	2.798	0.357	2.441	-	-	-	-
4	24		12.30 น.	2.60	0.06	0.12	0.04	4.394	0.281	4.113	2.757	0.246	2.511	2100	N.D.	930	N.D.
6	36	4-7-44	00.30 น.	2.74	0.06	0.12	0.03	5.574	2.401	3.173	3.323	1.369	1.954	-	-	-	-
8	48		12.30 น.	2.51	0.06	0.10	0.03	5.981	0.593	5.388	2.844	0.355	2.489	930	N.D.	430	N.D.
10	60	5-7-44	00.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72		12.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก12 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	24-7-44	23.30 น.	1.0	29.9	*	7.42	*	260.0	*	428.00	*	0.5332	*
1	6	25-7-44	05.30 น.	1.0	29.0	29.7	7.98	8.00	437.0	0.15	470.90	8.952	0.6709	0.1068
2	12		11.30 น.	1.0	29.2	29.6	7.98	8.02	629.0	0.16	471.80	8.779	0.6296	0.1058
3	18		17.30 น.	1.0	30.0	31.3	7.94	8.00	844.0	0.20	632.90	8.952	0.8696	0.1066
4	24		23.30 น.	1.0	30.2	31.0	7.90	8.01	1052.0	0.24	573.30	8.779	0.7388	0.1085
5	30	26-7-44	05.30 น.	1.0	29.6	30.2	7.96	7.94	1274.0	0.15	903.50	8.952	1.1208	0.1086
6	36		11.30 น.	1.0	29.2	30.2	7.93	7.97	1484.0	0.12	563.40	9.296	0.7209	0.1083
7	42		17.30 น.	1.0	29.9	31.0	7.94	7.93	1735.0	0.20	604.20	8.607	0.8118	0.1057
8	48		23.30 น.	1.0	30.1	31.0	7.95	7.93	1902.0	0.21	625.50	8.060	0.8354	0.1062
9	54	27-7-44	05.30 น.	1.0	29.2	30.0	7.97	7.94	2110.0	0.20	655.20	8.607	0.8628	0.1069
10	60		11.30 น.	2.7	29.0	29.8	7.97	7.94	2403.0	0.22	811.60	9.640	1.0144	0.1089
11	66		17.30 น.	2.7	29.6	31.1	8.05	8.03	2639.0	0.23	827.60	9.124	1.0812	0.1077
12	72		23.30 น.	2.7	30.0	31.0	7.99	8.01	3026.0	0.15	715.30	9.640	0.9099	0.1101

ตารางที่ ก12.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	24-7-44	23.30 น.	N.D.	*	N.D.	*	10.260	4.528	5.732	*	*	*	-	*	-	*
2	12	25-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	11.840	7.420	4.420	4.827	1.212	3.615	-	-	-	-
4	24		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	11.240	7.642	3.598	8.388	6.482	1.906	2400	N.D.	930	N.D.
6	36	26-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.560	8.044	4.516	7.789	5.125	2.664	-	-	-	-
8	48		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.991	5.803	3.188	8.610	5.743	2.867	-	-	-	-
10	60	27-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.907	2.132	6.775	8.446	4.787	3.659	-	-	-	-
12	72		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	8.397	2.665	5.732	7.310	2.855	4.455	930	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)
 - ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก13 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	28-7-44	11.30 น.	1.7	29.4	*	7.91	*	257.0	*	481.90	*	0.6310	*
1	6		17.30 น.	1.7	29.4	30.3	8.08	8.12	473.0	0.17	443.80	1.201	0.6530	0.1050
2	12		23.30 น.	1.7	29.6	30.3	8.12	8.13	719.0	0.15	382.50	1.718	0.5342	0.1035
3	18	29-7-44	05.30 น.	1.7	29.0	29.7	8.06	8.04	1022.0	0.17	417.90	1.925	0.5778	0.1042
4	24		11.30 น.	1.7	29.1	29.8	8.00	7.95	1349.0	0.24	457.10	2.751	0.6134	0.1053
5	30		17.30 น.	2.7	29.6	30.1	8.04	8.04	1695.0	0.13	529.10	1.545	0.7275	0.1063
6	36		23.30 น.	2.7	29.7	30.5	8.02	8.00	2107.0	0.14	576.10	1.323	0.7661	0.1056
7	42	30-7-44	05.30 น.	2.7	28.3	28.7	8.01	7.97	2552.0	0.15	680.00	1.029	0.8724	0.1047
8	48		11.30 น.	2.7	28.5	29.4	7.96	7.94	3040.0	0.12	676.70	0.857	0.7839	0.1046
9	54		17.30 น.	4.8	29.6	30.5	7.93	7.87	3445.0	0.14	626.90	2.234	0.7715	0.1029
10	60		23.30 น.	4.8	29.7	30.5	7.98	7.93	3677.0	0.12	1054.00	1.545	1.1152	0.1042
11	66	31-7-44	05.30 น.	4.8	29.1	29.6	7.95	7.95	4049.0	0.17	801.80	1.201	0.9286	0.1035
12	72		11.30 น.	4.8	28.9	29.4	7.85	7.87	4398.0	0.18	935.40	1.201	1.0850	0.1029

ตารางที่ ก13.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่างที่	ชั่วโมงที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	28-7-44	11.30 น.	N.D.	*	N.D.	*	12.590	8.302	4.288	*	*	*	-	*	-	*
2	12		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.160	7.250	4.910	6.040	3.096	2.944	-	-	-	-
4	24	29-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.930	8.291	4.639	9.635	7.306	2.329	2400	N.D.	2400	N.D.
6	36		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.480	7.068	5.412	11.190	7.754	3.436	-	-	-	-
8	48	30-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	13.100	8.592	4.508	11.430	8.370	3.060	-	-	-	-
10	60		23.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.040	9.030	5.010	7.178	3.129	4.049	-	-	-	-
12	72	31-7-44	11.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.080	8.951	5.129	7.999	4.573	3.426	1200	N.D.	750	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)
 - ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก14 แสดงค่าเหล็ก , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)	
					Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
0	0	1-8-44	10.30 น.	2.4	28.7	*	7.48	*	252.0	*	329.30	*	0.5033	*
1	6		16.30 น.	2.7	29.1	29.7	7.94	7.96	561.0	0.18	204.30	7.402	0.3224	0.1010
2	12		22.30 น.	4.4	29.0	29.5	7.95	7.96	942.0	0.16	636.60	7.057	0.7520	0.1000
3	18	2-8-44	4.30 น.	5.8	28.5	29.0	7.94	8.00	1339.0	0.19	635.40	7.402	0.7820	0.1005
4	24		10.30 น.	7.5	28.1	28.6	7.92	7.86	1894.0	0.18	653.80	8.263	0.6932	0.0999
5	30		16.30 น.	8.5	28.2	29.0	7.94	7.95	2405.0	0.19	473.50	7.057	0.6569	0.1003
6	36		22.30 น.	9.5	28.5	29.2	8.06	8.02	2834.0	0.17	574.80	7.746	0.7224	0.0986
7	42	3-8-44	4.30 น.	11.9	28.6	29.2	7.98	7.94	3084.0	0.19	564.60	7.229	0.7202	0.0984
8	48		10.30 น.	14.3	28.6	29.2	7.93	7.90	3371.0	0.20	781.40	8.435	0.8982	0.0991
9	54		16.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
10	60		22.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
11	66	4-8-44	4.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72		10.30 น.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ตารางที่ ก14.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.4 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Permeate	Reactor	Permeate	Reactor			Permeate			Reactor	Permeate	Reactor	Permeate
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	1-8-44	10.30 น.	N.D.	*	N.D.	*	8.850	3.282	5.568	*	*	*	-	*	-	*
2	12		22.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	12.800	8.923	3.877	9.721	6.509	3.212	-	-	-	-
4	24	2-8-44	10.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.570	9.154	5.416	7.202	4.219	2.983	430	N.D.	430	N.D.
6	36		22.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.950	9.544	5.401	8.278	5.449	2.829	-	-	-	-
8	48	3-8-44	10.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.930	7.809	7.121	8.572	3.049	5.523	930	N.D.	210	N.D.
10	60		22.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
12	72	4-8-44	10.30 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก15 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	6-8-44	6.00 น.	1.0	27.7	*	7.22	*	6.16	*	12.57	*	0.0667	*	5.17
1	12		18.00 น.	1.0	28.3	29.3	7.82	7.87	6.91	0.13	13.600	2.751	0.0745	0.0581	5.17
2	24	7-8-44	6.00 น.	1.0	28.0	29.3	7.81	7.82	7.87	0.12	13.600	2.062	0.0743	0.0603	5.17
3	36		18.00 น.	1.0	28.7	29.9	7.77	7.81	8.45	0.17	11.710	2.407	0.0714	0.0585	5.28
4	48	8-8-44	6.00 น.	1.0	28.0	29.0	7.74	7.76	9.24	0.14	11.880	2.579	0.0723	0.0582	5.17
5	60		18.00 น.	1.0	29.5	30.4	7.80	7.82	10.20	0.13	9.296	1.718	0.0723	0.0601	5.40
6	72	9-8-44	6.00 น.	1.0	28.5	29.5	7.78	7.79	12.80	0.11	17.050	1.890	0.0745	0.0586	5.28
7	84		18.00 น.	1.0	28.5	29.3	7.73	7.76	14.90	0.13	16.190	2.234	0.0787	0.0581	5.28
8	96	10-8-44	6.00 น.	1.0	27.3	28.5	7.70	7.77	17.90	0.16	13.950	1.545	0.0734	0.0582	5.05
9	108		18.00 น.	1.0	28.9	30.1	7.78	7.80	20.10	0.12	11.190	2.761	0.0709	0.0593	5.28
10	120	11-8-44	6.00 น.	1.0	28.0	29.1	7.81	7.84	21.50	0.15	12.400	1.718	0.0745	0.0587	5.17
11	132		18.00 น.	1.0	29.1	30.1	7.70	7.73	23.30	0.15	16.700	2.407	0.0767	0.0594	5.28
12	144	12-8-44	6.00 น.	1.0	27.9	28.8	7.70	7.74	25.70	0.13	14.810	2.062	0.0746	0.0573	5.17
13	156		18.00 น.	1.0	28.4	29.3	7.76	7.80	28.10	0.11	12.910	2.234	0.0724	0.0612	5.17
14	168	13-8-44	6.00 น.	2.7	27.8	28.6	7.73	7.77	30.10	0.11	14.810	1.890	0.0734	0.0593	13.95
15	180		18.00 น.	2.7	29.0	30.2	7.72	7.75	33.60	0.18	14.120	2.923	0.0782	0.0585	14.26
16	192	14-8-44	6.00 น.	2.7	28.2	29.0	7.72	7.74	35.20	0.20	14.640	0.407	0.0745	0.0599	13.95
17	204		18.00 น.	2.7	28.8	29.9	7.75	7.80	37.50	0.13	13.600	0.293	0.0732	0.0609	14.26
18	216	15-8-44	6.00 น.	2.7	28.6	29.4	7.76	7.78	39.60	0.19	12.740	0.407	0.0741	0.0594	14.26
19	228		18.00 น.	2.7	29.6	31.0	7.72	7.77	42.00	0.18	15.500	2.062	0.0741	0.0580	14.57
20	240	16-8-44	6.00 น.	2.7	28.5	29.6	7.70	7.74	43.1	0.14	14.260	1.952	0.0733	0.0572	14.26

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก15.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	6-8-44	6.00 น.	N.D.	*	N.D.	*	5.430	4.151	1.279	*	*	*	-	*	-	*
2	24	7-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.030	3.577	2.453	6.858	5.267	1.591	120	N.D.	75	N.D.
4	48	8-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.872	4.384	1.488	5.192	4.334	0.858	-	-	-	-
6	72	9-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.579	4.388	1.191	4.515	4.139	0.376	-	-	-	-
8	96	10-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.248	4.161	2.087	6.415	5.059	1.356	-	-	-	-
10	120	11-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.009	4.282	1.727	3.660	2.397	1.263	-	-	-	-
12	144	12-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.905	4.231	1.674	4.241	3.072	1.169	-	-	-	-
14	168	13-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7.602	6.462	1.140	6.780	6.117	0.663	-	-	-	-
16	192	14-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4.138	1.371	2.767	7.030	6.450	0.580	-	-	-	-
18	216	15-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.013	4.586	1.427	4.203	3.267	0.936	-	-	-	-
20	240	16-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7.432	6.290	1.142	6.683	6.202	0.481	93	N.D.	21	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก16 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	17-8-44	6.00 น.	1.0	28.1	*	6.81	*	7.5	*	19.110	*	0.0714	*	3.44
1	12		18.00 น.	1.0	27.3	28.0	7.72	7.72	13.2	0.16	19.460	2.062	0.0774	0.0626	3.37
2	24	18-8-44	6.00 น.	1.0	28.4	29.2	7.65	7.76	16.6	0.19	15.840	2.234	0.0745	0.0615	3.44
3	36		18.00 น.	1.0	28.1	28.7	7.75	7.79	20.5	0.21	12.050	0.857	0.0729	0.0609	3.44
4	48	19-8-44	6.00 น.	2.7	28.9	29.9	7.79	7.81	26.0	0.12	11.360	1.029	0.0721	0.0609	9.50
5	60		18.00 น.	2.7	28.0	28.9	7.85	7.83	29.1	0.15	11.190	0.340	0.0709	0.0609	9.30
6	72	20-8-44	6.00 น.	2.7	28.9	29.8	7.82	7.82	36.0	0.17	10.500	0.340	0.0710	0.0612	9.50
7	84		18.00 น.	2.7	27.7	28.4	7.80	7.89	36.9	0.13	6.540	0.168	0.0686	0.0607	9.30
8	96	21-8-44	6.00 น.	3.7	27.9	28.4	7.81	7.82	40.4	0.17	6.196	0.168	0.0695	0.0604	12.74
9	108		18.00 น.	3.7	27.6	28.4	7.85	7.86	41.2	0.14	7.918	0.684	0.0684	0.0593	12.74
10	120	22-8-44	6.00 น.	3.7	28.1	29.0	7.77	7.79	44.4	0.17	12.050	0.340	0.0676	0.0594	12.74
11	132		18.00 น.	3.7	28.1	28.9	7.83	7.86	45.7	0.17	7.746	0.340	0.0676	0.0592	12.74
12	144	23-8-44	6.00 น.	3.7	28.9	29.8	7.73	7.77	47.0	0.13	9.296	0.684	0.0686	0.0599	13.03
13	156		18.00 น.	3.7	27.7	28.5	7.82	7.85	49.8	0.22	7.860	0.440	0.1034	0.0630	12.74
14	168	24-8-44	6.00 น.	3.7	28.9	30.0	7.72	7.75	51.6	0.15	5.980	0.612	0.0914	0.0657	13.03
15	180		18.00 น.	3.7	27.8	28.6	7.79	7.82	54.9	0.13	10.390	0.857	0.0845	0.0601	12.74
16	192	25-8-44	6.00 น.	4.8	27.9	28.8	7.72	7.77	58.0	0.16	12.050	0.400	0.0741	0.0581	16.53
17	204		18.00 น.	4.8	27.2	28.1	7.83	7.85	60.6	0.14	9.124	0.890	0.0730	0.0594	16.17
18	216	26-8-44	6.00 น.	4.8	27.8	28.8	7.80	7.87	64.4	0.16	12.220	0.857	0.0762	0.0607	16.53
19	228		18.00 น.	4.8	27.6	28.8	7.71	7.75	66.1	0.17	10.670	0.656	0.0741	0.0582	16.53
20	240	27-8-44	6.00 น.	4.8	28.1	29.0	7.73	7.77	70.5	0.15	9.820	0.684	0.0773	0.0554	16.53

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก16.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	17-8-44	6.00 น.	N.D.	*	N.D.	*	5.317	3.425	1.892	*	*	*	-	*	-	*
2	24	18-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.739	3.586	2.153	6.376	4.590	1.786	150	N.D.	64	N.D.
4	48	19-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.462	1.984	3.478	5.717	4.390	1.327	-	-	-	-
6	72	20-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4.072	1.862	2.210	5.260	3.816	1.444	-	-	-	-
8	96	21-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	4.615	1.024	3.591	5.167	3.619	1.548	-	-	-	-
10	120	22-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.316	1.430	3.886	5.099	3.652	1.447	-	-	-	-
12	144	23-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.027	3.069	1.958	5.201	3.672	1.529	-	-	-	-
14	168	24-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.036	3.390	2.646	5.176	3.666	1.510	-	-	-	-
16	192	25-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.280	3.860	2.420	6.834	6.130	0.704	-	-	-	-
18	216	26-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.056	4.867	1.189	7.197	6.367	0.830	-	-	-	-
20	240	27-8-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.823	3.168	1.655	6.021	4.967	1.054	240	N.D.	93	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

ตารางที่ ก17 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าพลังค์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	28-8-44	6.00 น.	1.7	28.6	*	7.71	*	240.0	*	159.10	*	0.3009	*	8.98
1	12		18.00 น.	1.7	29.7	30.7	8.14	8.14	582.0	0.16	151.20	8.263	0.3147	0.1003	9.18
2	24	29-8-44	6.00 น.	4.1	28.9	29.9	8.13	8.12	846.0	0.21	347.20	4.473	0.5284	0.0963	21.65
3	36		18.00 น.	4.8	29.2	30.2	8.12	8.12	1224.0	0.22	455.40	4.990	0.6555	0.0954	25.35
4	48	30-8-44	6.00 น.	5.4	28.5	29.3	8.10	8.10	1557.0	0.17	513.10	4.646	0.6200	0.0954	28.51
5	60		18.00 น.	6.1	29.3	30.6	8.10	8.10	1892.0	0.17	360.80	5.507	0.6075	0.0952	32.21
6	72	31-8-44	6.00 น.	6.8	28.4	29.9	8.09	8.08	2363.0	0.20	478.60	5.507	0.6096	0.1017	35.13
7	84		18.00 น.	7.8	28.5	29.6	8.09	8.09	2829.0	0.21	400.40	6.196	0.5966	0.1039	41.19
8	96	1-9-44	6.00 น.	8.2	28.2	29.1	8.11	8.08	3206.0	0.23	702.40	5.507	0.8467	0.1012	42.36
9	108		18.00 น.	9.2	29.1	30.0	8.12	8.12	3543.0	0.19	630.00	5.507	0.6770	0.0984	48.58
10	120	2-9-44	6.00 น.	10.2	28.0	28.9	8.09	8.05	3957.0	0.17	864.00	5.507	0.8904	0.0996	52.69
11	132		18.00 น.	11.6	28.9	30.3	8.04	8.04	4337.0	0.18	418.90	6.024	0.6349	0.0993	61.25
12	144	3-9-44	6.00 น.	12.9	28.7	29.7	8.02	8.00	4618.0	0.18	633.70	7.918	0.8143	0.1025	68.12
13	156		18.00 น.	14.3	29.3	30.2	8.01	7.98	4991.0	0.23	466.80	9.296	0.5888	0.1297	75.51
14	168	4-9-44	6.00 น.	15.0	28.1	28.8	7.97	7.95	5462.0	0.17	673.10	8.090	0.8284	0.1245	77.48
15	180		18.00 น.	16.7	29.9	30.9	7.99	7.98	5973.0	0.19	624.60	8.952	0.7692	0.1258	90.13
16	192	5-9-44	6.00 น.	18.0	28.6	29.4	7.97	7.94	6485.0	0.18	359.10	8.779	0.5375	0.1267	95.05
17	204		18.00 น.	19.4	28.3	29.3	7.96	7.96	6819.0	0.17	589.50	9.124	0.7274	0.1264	100.21
18	216	6-9-44	6.00 น.	21.1	28.8	29.8	8.00	7.98	7143.0	0.17	830.90	9.124	0.8907	0.1255	111.42
19	228		18.00 น.	21.8	28.8	29.7	8.04	8.02	7558.0	0.15	825.00	9.468	0.8610	0.1273	115.12
20	240	7-9-44	6.00 น.	23.1	28.2	28.8	8.01	8.00	8022.0	0.16	599.60	9.124	0.7009	0.1297	119.33

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก17.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	28-8-44	6.00 น.	2.54	*	0.13	*	12.682	5.471	7.211	*	*	*	-	*	-	*
2	24	29-8-44	6.00 น.	2.19	0.07	0.12	0.06	12.410	5.282	7.128	5.961	1.792	4.169	4600	N.D.	2400	N.D.
4	48	30-8-44	6.00 น.	1.50	0.06	0.09	0.05	10.160	3.287	6.873	6.283	2.118	4.165	-	-	-	-
6	72	31-8-44	6.00 น.	2.77	0.07	0.12	0.05	11.320	6.039	5.281	4.656	0.664	3.992	-	-	-	-
8	96	1-9-44	6.00 น.	2.72	0.07	0.12	0.05	14.590	9.353	5.237	4.870	1.203	3.667	-	-	-	-
10	120	2-9-44	6.00 น.	2.32	0.07	0.10	0.05	15.450	9.819	5.631	8.023	5.417	2.606	-	-	-	-
12	144	3-9-44	6.00 น.	1.84	0.07	0.08	0.05	15.710	10.110	5.600	12.270	8.711	3.559	-	-	-	-
14	168	4-9-44	6.00 น.	4.40	0.08	0.14	0.05	16.030	9.575	6.455	7.822	2.255	5.567	-	-	-	-
16	192	5-9-44	6.00 น.	3.96	0.08	0.12	0.06	16.140	9.312	6.828	5.593	1.049	4.544	-	-	-	-
18	216	6-9-44	6.00 น.	5.18	0.08	0.13	0.05	16.360	9.566	6.794	6.273	2.751	3.522	-	-	-	-
20	240	7-9-44	6.00 น.	4.71	0.07	0.14	0.04	13.320	4.921	8.399	9.907	6.340	3.567	2400	N.D.	930	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

ตารางที่ ก18 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	9-9-44	18.00 น.	1.0	28.4	*	7.41	*	7.90	*	17.740	*	0.0669	*	5.17
1	12	10-9-44	6.00 น.	1.0	27.6	28.7	7.89	7.91	8.20	0.13	13.950	2.751	0.0671	0.0571	5.17
2	24		18.00 น.	1.0	27.8	28.7	7.96	8.04	9.40	0.18	13.770	2.234	0.0658	0.0559	5.17
3	36	11-9-44	6.00 น.	1.0	27.8	28.9	7.88	7.93	10.90	0.19	18.420	2.407	0.0680	0.0552	5.17
4	48		18.00 น.	1.0	27.6	28.5	7.92	7.98	11.90	0.17	18.940	2.062	0.0679	0.0574	5.17
5	60	12-9-44	6.00 น.	1.0	28.2	29.3	7.96	8.00	12.50	0.18	11.710	1.545	0.0691	0.0558	5.17
6	72		18.00 น.	1.0	29.2	30.2	7.93	8.00	14.60	0.22	17.390	2.579	0.0682	0.0552	5.28
7	84	13-9-44	6.00 น.	1.0	28.4	29.4	7.92	7.95	16.00	0.14	13.260	2.407	0.0651	0.0565	5.17
8	96		18.00 น.	1.0	28.9	29.7	7.91	7.94	20.80	0.13	15.500	1.373	0.0660	0.0547	5.28
9	108	14-9-44	6.00 น.	1.0	27.8	28.7	7.92	7.96	23.70	0.12	11.360	1.718	0.0619	0.0549	5.17
10	120		18.00 น.	1.0	28.8	30.2	7.96	7.97	26.90	0.15	14.810	1.718	0.0651	0.0560	5.28
11	132	15-9-44	6.00 น.	1.0	27.9	29.0	7.91	7.96	30.00	0.19	11.540	1.545	0.0646	0.0549	5.17
12	144		18.00 น.	1.0	28.6	29.7	7.89	7.95	33.80	0.18	10.330	1.545	0.0634	0.0547	5.28
13	156	16-9-44	6.00 น.	1.0	28.1	29.2	7.94	7.98	37.20	0.12	8.952	1.890	0.0638	0.0553	5.17
14	168		18.00 น.	1.0	29.4	30.9	7.92	7.98	39.40	0.12	10.670	1.718	0.0652	0.0544	5.28
15	180	17-9-44	6.00 น.	1.0	28.3	29.8	7.94	7.98	41.70	0.13	10.500	2.062	0.0668	0.0558	5.17
16	192		18.00 น.	1.0	30.5	31.9	8.01	8.06	43.10	0.11	9.985	2.062	0.0658	0.0559	5.40
17	204	18-9-44	6.00 น.	1.0	28.9	29.8	7.93	8.00	45.40	0.12	7.918	1.545	0.0659	0.0560	5.28
18	216		18.00 น.	1.0	30.0	31.4	7.97	8.00	47.40	0.12	8.263	2.751	0.0658	0.0552	5.40
19	228	19-9-44	6.00 น.	1.0	28.0	28.6	7.95	7.98	49.90	0.10	7.918	2.062	0.0614	0.0546	5.17
20	240		18.00 น.	1.0	29.5	30.7	7.91	7.98	51.50	0.11	10.670	1.545	0.0651	0.0551	5.40

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก18.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส, TOC, โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิคอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าพลังค์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				TC	IC	TOC	TC	IC	TOC								
0	0	9-9-44	6.00 น.	N.D.	*	N.D.	*	6.270	4.367	1.903	*	*	*	-	*	-	*
2	24	10-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.387	4.503	1.884	6.283	4.499	1.784	-	-	-	-
4	48	11-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.497	4.972	1.525	3.171	1.642	1.329	240	N.D.	240	N.D.
6	72	12-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.451	4.713	1.738	4.437	3.869	0.568	-	-	-	-
8	96	13-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.465	4.211	2.254	5.519	4.553	0.966	-	-	-	-
10	120	14-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.186	4.783	1.403	3.275	1.801	1.274	-	-	-	-
12	144	15-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.716	4.927	1.789	5.335	4.445	0.910	-	-	-	-
14	168	16-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.560	4.764	1.796	2.536	1.176	1.360	-	-	-	-
16	192	17-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.516	4.788	1.728	2.614	1.033	1.581	-	-	-	-
18	216	18-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.515	4.949	1.566	5.495	4.489	1.006	-	-	-	-
20	240	19-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.767	5.579	1.188	5.897	5.252	0.645	93	N.D.	93	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก19 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น . สี และ UV260 ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	20-9-44	6.00 น.	1.0	28.7	*	7.28	*	9.24	*	18.94	*	0.0714	*	3.52
1	12	21-9-44	18.00 น.	1.0	27.6	28.2	7.82	7.94	10.8	0.17	16.01	4.818	0.0760	0.0593	3.44
2	24		6.00 น.	1.0	28.7	29.6	7.85	7.92	13.7	0.14	21.35	5.162	0.0759	0.0587	3.52
3	36	22-9-44	18.00 น.	1.0	27.1	27.7	7.86	7.95	15.9	0.11	15.15	5.851	0.0725	0.0612	3.37
4	48		6.00 น.	1.0	26.9	27.4	7.84	7.98	20.8	0.15	17.05	5.162	0.0726	0.0594	3.37
5	60	23-9-44	18.00 น.	1.0	28.3	29.6	7.89	7.91	23.1	0.19	15.84	4.990	0.0695	0.0593	3.44
6	72		6.00 น.	1.0	27.3	27.9	7.88	7.96	26.5	0.15	13.60	5.028	0.0687	0.0568	3.37
7	84	24-9-44	18.00 น.	1.0	27.9	29.0	7.78	7.78	33.8	0.12	14.64	5.162	0.0708	0.0577	3.44
8	96		6.00 น.	2.7	27.3	28.2	7.78	7.90	36.2	0.15	12.57	6.196	0.0688	0.0587	9.09
9	108	25-9-44	18.00 น.	2.7	27.6	28.6	7.79	7.86	39.6	0.11	17.39	5.162	0.0714	0.0581	9.30
10	120		6.00 น.	2.7	27.7	28.4	7.86	8.02	42.0	0.14	24.45	4.990	0.0778	0.0580	9.30
11	132	26-9-44	18.00 น.	2.7	27.3	28.3	7.91	8.01	45.7	0.12	24.28	5.507	0.0767	0.0582	9.09
12	144		6.00 น.	2.7	27.7	28.6	7.71	7.83	47.3	0.11	23.07	6.368	0.0773	0.0560	9.30
13	156	27-9-44	18.00 น.	2.7	27.5	28.4	7.86	7.91	50.5	0.15	23.07	2.923	0.0770	0.0566	9.30
14	168		6.00 น.	4.1	26.7	27.6	7.84	7.91	54.2	0.17	19.97	5.851	0.0759	0.0562	13.81
15	180	28-9-44	18.00 น.	4.1	27.8	28.7	7.92	8.05	57.8	0.19	32.89	4.646	0.0856	0.0574	14.12
16	192		6.00 น.	4.1	27.2	28.0	7.83	7.96	61.3	0.14	19.29	4.473	0.0763	0.0585	13.81
17	204	29-9-44	18.00 น.	4.1	28.1	29.1	7.87	8.02	65.1	0.15	19.29	6.196	0.0751	0.0588	14.12
18	216		6.00 น.	4.1	27.0	27.5	7.89	7.99	69.2	0.16	16.19	7.574	0.0752	0.0581	13.81
19	228	30-9-44	18.00 น.	4.1	28.5	29.3	7.93	8.11	73.6	0.12	16.36	7.574	0.0723	0.0580	14.43
20	240		6.00 น.	4.1	28.3	29.2	7.91	8.00	77.9	0.13	18.45	7.387	0.0768	0.0578	14.12

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก19.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	20-9-44	6.00 น.	N.D.	*	N.D.	*	6.150	4.280	1.870	*	*	*	-	*	-	*
2	24	21-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.032	4.081	1.955	6.790	6.041	0.749	-	-	-	-
4	48	22-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.616	4.871	1.745	6.618	5.639	0.979	93	N.D.	93	N.D.
6	72	23-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.355	4.405	1.950	6.735	6.280	0.455	-	-	-	-
8	96	24-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.052	4.625	1.427	6.801	6.202	0.499	-	-	-	-
10	120	25-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.769	4.077	1.692	4.216	3.562	0.654	-	-	-	-
12	144	26-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.057	4.447	1.610	3.264	2.600	0.664	-	-	-	-
14	168	27-9-11	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.645	3.763	1.882	3.872	2.735	1.137	-	-	-	-
16	192	28-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.917	4.973	1.944	5.340	4.357	0.983	-	-	-	-
18	216	29-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	6.493	4.565	1.928	4.805	4.278	0.527	-	-	-	-
20	240	30-9-44	6.00 น.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	5.300	3.012	2.288	6.537	5.505	1.032	210	N.D.	150	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก20 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	3-10-44	9.00 น.	1.7	28.5	*	7.28	*	231.0	*	514.80	*	0.6124	*	8.98
1	12		21.00 น.	1.7	29.0	30.2	7.73	7.82	504.0	0.26	466.10	8.435	0.6355	0.0725	8.98
2	24	4-10-44	9.00 น.	4.1	28.5	29.6	7.85	7.86	806.0	0.25	409.70	8.879	0.4991	0.0712	21.65
3	36		21.00 น.	4.4	28.7	29.9	7.78	7.84	1133.0	0.27	792.30	8.607	1.6300	0.0715	23.23
4	48	5-10-44	9.00 น.	5.1	28.4	29.5	7.78	7.82	1474.0	0.27	520.50	7.918	0.5181	0.0774	26.34
5	60		21.00 น.	5.1	28.7	29.8	7.79	7.86	1801.0	0.25	833.40	8.607	1.6440	0.0778	26.93
6	72	6-10-44	9.00 น.	5.8	28.2	29.1	7.76	7.84	2167.0	0.27	455.60	10.500	0.5240	0.0791	29.96
7	84		21.00 น.	5.8	28.9	29.9	7.70	7.80	2613.0	0.26	796.90	7.746	1.6534	0.0769	30.63
8	96	7-10-44	9.00 น.	6.5	29.2	30.9	7.79	7.80	3184.0	0.21	783.00	9.985	1.3512	0.0776	34.32
9	108		21.00 น.	6.8	29.4	30.8	7.71	7.74	3233.0	0.23	694.60	9.124	0.9094	0.0774	35.91
10	120	8-10-44	9.00 น.	7.5	27.9	29.2	7.78	7.84	3623.0	0.20	741.10	8.779	1.1619	0.0775	38.74
11	132		21.00 น.	8.5	30.1	31.5	7.78	7.82	3938.0	0.25	795.20	9.124	1.3558	0.0776	45.88
12	144	9-10-44	9.00 น.	9.9	28.5	29.8	7.89	7.90	4387.0	0.28	768.50	7.402	1.2346	0.0765	52.28
13	156		21.00 น.	11.2	30.1	31.2	7.85	7.86	4647.0	0.20	798.00	8.952	1.4729	0.0773	60.45
14	168	10-10-44	9.00 น.	11.9	28.8	30.0	7.76	7.77	4956.0	0.23	796.60	8.263	1.4559	0.0773	62.84
15	180		21.00 น.	13.3	28.3	29.4	7.77	7.79	5768.0	0.22	799.00	8.435	1.5513	0.0754	68.70
16	192	11-10-44	9.00 น.	14.3	28.4	29.6	7.81	7.81	6134.0	0.24	789.00	8.779	1.3167	0.0754	73.87
17	204		21.00 น.	16.0	29.0	30.4	7.79	7.80	6449.0	0.22	786.80	9.124	1.5867	0.0759	84.49
18	216	12-10-44	9.00 น.	17.3	28.5	29.4	7.79	7.80	6603.0	0.24	849.60	8.090	1.4808	0.0767	91.35
19	228		21.00 น.	18.4	29.0	30.3	7.86	7.88	7105.0	0.25	805.70	11.360	1.9044	0.0776	97.16
20	240	13-10-44	9.00 น.	20.1	28.7	29.6	7.82	7.85	7350.0	0.23	867.20	10.180	1.8521	0.0759	106.14

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ตารางที่ ก20.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟิโคลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นสูง ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
								Reactor			Effluent						
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0	0	3-10-44	9.00 น.	2.74	*	0.11	*	5.669	0.707	4.962	*	*	*	-	*	-	*
2	24	4-10-44	9.00 น.	1.82	0.13	0.09	0.04	8.091	4.256	3.835	8.031	4.819	3.212	2400	N.D.	930	N.D.
4	48	5-10-44	9.00 น.	2.00	0.12	0.10	0.04	8.951	4.509	4.442	4.070	1.460	2.610	-	-	-	-
6	72	6-10-44	9.00 น.	1.50	0.11	0.09	0.05	8.353	4.676	3.677	7.790	5.974	1.816	-	-	-	-
8	96	7-10-44	9.00 น.	5.32	0.11	0.12	0.04	8.153	1.624	6.529	6.382	2.265	4.117	-	-	-	-
10	120	8-10-44	9.00 น.	5.61	0.13	0.12	0.05	8.611	3.437	5.174	7.563	5.499	2.064	-	-	-	-
12	144	9-10-44	9.00 น.	5.77	0.12	0.12	0.05	9.525	4.102	5.423	9.121	6.763	2.358	-	-	-	-
14	168	10-10-44	9.00 น.	6.70	0.12	0.13	0.04	9.921	4.332	5.589	6.814	4.588	2.226	-	-	-	-
16	192	11-10-44	9.00 น.	6.81	0.12	0.13	0.05	10.240	4.827	5.413	7.329	4.503	2.826	-	-	-	-
18	216	12-10-44	9.00 น.	6.93	0.12	0.12	0.04	10.060	3.936	6.124	9.952	7.152	2.800	-	-	-	-
20	240	13-10-44	9.00 น.	7.15	0.13	0.14	0.05	8.843	1.840	7.003	7.112	2.715	4.397	930	N.D.	930	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก21 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	18-10-44	6.00 น.	1.0	27.5	*	7.96	*	83.2	*	127.40	*	0.2474	*	5.17
1	12		18.00 น.	1.0	26.9	27.7	8.26	8.31	142.0	0.19	137.10	3.957	0.2782	0.0968	5.05
2	24	19-10-44	6.00 น.	1.0	26.9	27.6	8.23	8.27	186.0	0.17	129.20	3.612	0.2710	0.0974	5.05
3	36		18.00 น.	1.0	26.4	27.1	8.28	8.31	260.0	0.17	331.40	4.818	0.5013	0.0984	4.93
4	48	20-10-44	6.00 น.	1.0	28.1	29.4	8.22	8.22	377.0	0.15	191.00	4.129	0.4456	0.0975	5.17
5	60		18.00 น.	2.7	27.4	28.3	8.14	8.19	438.0	0.14	398.50	4.473	0.5922	0.0964	13.64
6	72	21-10-44	6.00 น.	2.7	28.3	29.5	8.23	8.29	515.0	0.20	288.70	4.990	0.5097	0.0981	13.95
7	84		18.00 น.	2.7	27.5	28.4	8.25	8.30	578.0	0.14	464.70	4.646	0.6794	0.0964	13.95
8	96	22-10-44	6.00 น.	4.1	27.4	28.3	8.22	8.28	692.0	0.16	421.80	7.574	0.6045	0.0992	20.71
9	108		18.00 น.	4.1	28.0	28.8	8.20	8.25	741.0	0.16	469.00	7.057	0.6777	0.0964	21.18
10	120	23-10-44	6.00 น.	4.8	28.1	29.0	8.25	8.29	810.0	0.15	392.20	6.885	0.5824	0.0972	24.79
11	132		18.00 น.	4.8	27.6	28.5	8.26	8.30	865.0	0.18	567.80	4.990	0.8029	0.0975	24.79
12	144	24-10-44	6.00 น.	5.8	27.8	28.8	8.23	8.28	940.0	0.16	439.50	5.162	0.6339	0.0990	29.96
13	156		18.00 น.	5.8	27.3	28.0	8.19	8.25	1004.0	0.20	777.50	6.024	0.9573	0.0997	29.30
14	168	25-10-44	6.00 น.	5.8	27.5	28.5	8.24	8.30	1063.0	0.16	555.30	5.679	0.7356	0.0983	29.96
15	180		18.00 น.	6.5	28.0	29.2	8.21	8.26	1106.0	0.16	761.30	6.024	1.0051	0.0935	33.58
16	192	26-10-44	6.00 น.	6.5	28.2	29.0	8.18	8.22	1155.0	0.22	470.50	5.507	0.6990	0.0940	33.58
17	204		18.00 น.	6.5	27.9	28.7	8.22	8.27	1201.0	0.14	651.70	5.507	0.9224	0.0946	33.58
18	216	27-10-44	6.00 น.	7.5	28.2	29.1	8.20	8.26	1252.0	0.20	559.80	5.507	0.7593	0.0961	38.74
19	228		18.00 น.	7.5	28.0	28.8	8.24	8.29	1368.0	0.14	701.20	4.473	0.9255	0.0947	38.74
20	240	28-10-44	6.00 น.	7.5	27.7	28.6	8.25	8.31	1431.0	0.14	536.80	5.507	0.7294	0.0941	38.74

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก21.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-วัน}$ สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor		Effluent		Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	18-10-44	6.00 น.	0.76	*	N.D.	*	4.720	1.047	3.673	*	*	*	-	*	-	*
2	24	19-10-44	6.00 น.	0.81	0.05	N.D.	N.D.	4.851	1.434	3.417	4.473	1.632	2.841	-	-	-	-
4	48	20-10-44	6.00 น.	1.36	0.03	N.D.	N.D.	5.756	1.578	4.178	4.454	1.982	2.472	1500	N.D.	930	N.D.
6	72	21-10-44	6.00 น.	2.56	0.04	N.D.	N.D.	5.394	0.682	4.712	3.535	0.547	2.988	-	-	-	-
8	96	22-10-44	6.00 น.	2.69	0.04	N.D.	N.D.	5.292	0.572	4.720	4.107	1.108	2.999	-	-	-	-
10	120	23-10-44	6.00 น.	3.56	0.03	N.D.	N.D.	6.359	1.432	4.927	3.963	1.732	2.231	-	-	-	-
12	144	24-10-44	6.00 น.	4.00	0.05	N.D.	N.D.	7.015	1.482	5.533	3.576	0.351	3.166	-	-	-	-
14	168	25-10-44	6.00 น.	3.37	0.04	N.D.	N.D.	7.333	1.947	5.386	3.870	1.752	2.118	-	-	-	-
16	192	26-10-44	6.00 น.	2.97	0.05	N.D.	N.D.	7.690	1.826	5.864	4.376	1.906	2.470	-	-	-	-
18	216	27-10-44	6.00 น.	3.27	0.03	N.D.	N.D.	7.909	1.812	6.097	4.540	1.964	2.576	-	-	-	-
20	240	28-10-44	6.00 น.	2.86	0.03	N.D.	N.D.	7.136	0.656	6.507	4.268	1.770	2.498	2100	N.D.	1200	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก22 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _T (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	10-11-44	6.00 น.	1.7	26.3	*	7.82	*	79.1	*	168.40	*	0.3127	*	5.60
1	12		18.00 น.	1.7	26.6	27.5	8.12	8.15	163.0	0.13	227.50	9.296	0.4347	0.1058	5.73
2	24	11-11-44	6.00 น.	1.7	27.0	27.9	8.15	8.20	270.0	0.13	215.50	8.952	0.4077	0.1051	5.73
3	36		18.00 น.	3.4	25.0	25.4	8.12	8.21	373.0	0.14	538.10	9.124	0.8384	0.1063	10.94
4	48	12-11-44	6.00 น.	3.4	24.8	25.5	8.19	8.29	486.0	0.20	502.80	9.296	0.7985	0.1057	10.94
5	60		18.00 น.	4.1	23.2	23.8	8.13	8.17	564.0	0.16	693.60	8.607	1.0331	0.1033	12.59
6	72	13-11-44	6.00 น.	4.1	22.9	23.7	8.15	8.18	656.0	0.18	561.70	8.435	0.8628	0.1062	12.59
7	84		18.00 น.	4.8	22.1	22.8	8.18	8.19	768.0	0.15	716.80	9.296	1.0490	0.1033	14.39
8	96	14-11-44	6.00 น.	5.1	22.9	24.6	8.12	8.20	906.0	0.16	595.60	8.952	0.8818	0.1022	15.66
9	108		18.00 น.	5.4	23.4	24.2	8.07	8.18	971.0	0.15	599.40	9.468	0.8844	0.1029	16.58
10	120	15-11-44	6.00 น.	5.8	25.2	26.4	8.07	8.16	1074.0	0.14	510.20	8.952	0.7667	0.1022	18.67
11	132		18.00 น.	5.8	23.9	24.9	8.06	8.08	1112.0	0.14	597.10	8.779	0.9150	0.1011	18.23
12	144	16-11-44	6.00 น.	6.5	24.6	25.8	8.12	8.13	1247.0	0.18	651.00	9.296	0.9468	0.1049	20.92
13	156		18.00 น.	6.8	22.8	23.5	8.10	8.13	1343.0	0.21	762.50	10.670	1.0818	0.1083	20.88
14	168	17-11-44	6.00 น.	6.8	24.3	25.6	8.09	8.13	1459.0	0.16	718.00	11.020	0.9961	0.1041	21.38
15	180		18.00 น.	7.1	23.8	25.0	8.11	8.15	1570.0	0.16	792.60	10.543	0.9579	0.1064	22.32
16	192	18-11-44	6.00 น.	7.8	24.1	25.2	8.13	8.16	1662.0	0.12	826.10	10.298	0.9852	0.1052	24.52
17	204		18.00 น.	9.2	24.4	25.5	8.10	8.13	1745.0	0.17	864.00	9.761	0.9670	0.1087	28.92
18	216	19-11-44	6.00 น.	9.9	23.6	24.7	8.08	8.12	1834.0	0.16	859.70	10.711	1.0743	0.1067	31.12
19	228		18.00 น.	10.9	23.9	24.0	8.12	8.17	1957.0	0.20	876.80	10.190	1.0391	0.1029	34.27
20	240	20-11-44	6.00 น.	12.9	24.2	25.4	8.13	8.15	2060.0	0.15	891.20	9.823	1.1607	0.1078	40.55

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก22.1 แสดงค่าเหล็ก , แอมงานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor			Effluent			Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
								TC	IC	TOC	TC	IC	TOC				
0	0	10-10-44	6.00 น.	1.11	*	N.D.	*	11.940	3.697	8.243	*	*	*	-	*	-	*
2	24	11-10-44	6.00 น.	1.82	0.06	N.D.	N.D.	10.420	3.868	6.552	9.656	4.290	5.366	-	-	-	-
4	48	12-10-44	6.00 น.	3.94	0.05	N.D.	N.D.	12.280	3.916	8.367	7.903	4.165	3.738	930	N.D.	230	N.D.
6	72	13-10-44	6.00 น.	4.55	0.05	N.D.	N.D.	11.730	4.417	7.313	7.957	4.599	3.353	-	-	-	-
8	96	14-10-43	6.00 น.	3.80	0.06	N.D.	N.D.	11.850	3.864	7.986	8.193	3.873	4.320	-	-	-	-
10	120	15-10-44	6.00 น.	3.42	0.06	N.D.	N.D.	12.600	4.226	8.374	8.035	4.391	3.644	-	-	-	-
12	144	16-10-44	6.00 น.	4.25	0.05	N.D.	N.D.	12.670	4.542	8.128	7.620	4.534	3.086	-	-	-	-
14	168	17-10-44	6.00 น.	4.87	0.06	N.D.	N.D.	12.450	4.591	7.859	8.408	4.384	4.024	-	-	-	-
16	192	18-10-44	6.00 น.	5.04	0.06	N.D.	N.D.	12.390	5.059	7.331	8.247	4.560	3.687	-	-	-	-
18	216	19-10-44	6.00 น.	5.26	0.05	N.D.	N.D.	12.760	4.496	8.264	8.016	4.647	3.369	-	-	-	-
20	240	20-10-44	6.00 น.	5.33	0.06	N.D.	N.D.	12.550	4.356	8.194	8.526	4.359	4.167	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก23 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _r (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	30-10-44	6.00 น.	1.0	28.9	*	7.74	*	71.0	*	119.20	*	0.2545	*	5.28
1	12		18.00 น.	1.0	26.8	27.7	8.16	8.24	124.0	0.16	144.00	6.024	0.2986	0.1034	5.05
2	24	31-10-44	6.00 น.	1.0	27.2	27.9	8.15	8.23	176.0	0.15	126.10	7.057	0.2792	0.1050	5.05
3	36		18.00 น.	1.0	26.8	27.9	8.13	8.18	227.0	0.15	400.60	6.368	0.5923	0.1068	5.05
4	48	1-11-44	6.00 น.	2.7	28.1	29.3	8.12	8.24	293.0	0.16	178.30	5.507	0.5475	0.1064	13.95
5	60		18.00 น.	2.7	26.7	27.6	8.10	8.16	347.0	0.20	528.60	7.574	0.7312	0.1040	13.64
6	72	2-11-44	6.00 น.	2.7	26.7	27.7	8.12	8.17	419.0	0.15	678.40	4.990	0.5092	0.1039	13.64
7	84		18.00 น.	2.7	26.3	27.6	8.13	8.19	499.0	0.15	180.40	6.885	0.5821	0.1055	13.34
8	96	3-11-44	6.00 น.	4.1	27.7	29.1	8.08	8.21	564.0	0.15	419.00	7.057	0.6112	0.1047	21.18
9	108		18.00 น.	4.1	27.4	28.4	8.10	8.19	637.0	0.19	525.30	5.335	0.7759	0.1041	20.71
10	120	4-11-44	6.00 น.	4.1	28.5	26.5	8.09	8.20	704.0	0.19	447.30	6.024	0.6737	0.1055	21.65
11	132		18.00 น.	4.8	27.3	28.3	8.10	8.23	758.0	0.14	617.40	6.368	0.8779	0.1042	24.25
12	144	5-11-44	6.00 น.	4.8	29.0	30.5	8.13	8.18	831.0	0.17	516.30	5.679	0.7418	0.1055	25.35
13	156		18.00 น.	4.8	28.4	29.3	8.12	8.26	878.0	0.14	693.60	5.162	0.9058	0.1040	24.79
14	168	6-11-44	6.00 น.	5.1	29.0	30.6	8.09	8.20	974.0	0.13	544.90	6.196	0.7532	0.1025	26.93
15	180		18.00 น.	5.8	28.1	29.1	8.10	8.25	1032.0	0.16	592.00	6.196	0.8193	0.1021	29.96
16	192	7-11-44	6.00 น.	5.8	28.3	29.8	8.10	8.25	1092.0	0.17	464.90	7.057	0.6655	0.1039	29.96
17	204		18.00 น.	6.1	27.5	28.3	8.15	8.17	1166.0	0.16	675.30	7.057	0.8739	0.1019	31.51
18	216	8-11-44	6.00 น.	6.1	28.4	30.0	8.09	8.20	1209.0	0.14	350.80	7.229	0.5599	0.1024	31.51
19	228		18.00 น.	6.5	27.5	28.6	8.15	8.24	1250.0	0.19	508.10	8.263	0.6993	0.1036	33.58
20	240	9-11-44	6.00 น.	6.5	27.1	28.9	8.13	8.16	1306.0	0.18	339.60	6.885	0.5544	0.1011	32.84

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก23.1 แสดงค่าเหล็ก , แมงกานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.2 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
								Reactor			Effluent						
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0	0	30-10-44	6.00 น.	0.75	*	N.D.	*	8.853	3.420	5.433	*	*	*	-	*	-	*
2	24	31-10-44	6.00 น.	0.93	0.03	N.D.	N.D.	8.782	3.943	4.839	6.017	2.683	3.334	-	-	-	-
4	48	1-11-44	6.00 น.	1.33	0.04	N.D.	N.D.	9.024	3.749	5.275	6.247	2.543	3.704	2400	N.D.	930	N.D.
6	72	2-11-44	6.00 น.	1.46	0.04	N.D.	N.D.	8.720	3.332	5.388	6.987	3.549	3.438	-	-	-	-
8	96	3-11-44	6.00 น.	2.86	0.05	N.D.	N.D.	10.340	4.154	6.186	6.926	6.440	3.486	-	-	-	-
10	120	4-11-44	6.00 น.	2.94	0.04	N.D.	N.D.	10.340	2.767	7.573	6.092	2.156	3.936	-	-	-	-
12	144	5-11-44	6.00 น.	2.97	0.04	N.D.	N.D.	10.720	3.580	7.140	6.176	2.514	3.662	-	-	-	-
14	168	6-11-44	6.00 น.	3.21	0.04	N.D.	N.D.	10.780	3.672	7.108	5.811	2.323	3.488	-	-	-	-
16	192	7-11-44	6.00 น.	3.20	0.05	N.D.	N.D.	8.699	2.218	6.481	6.016	2.416	3.600	-	-	-	-
18	216	8-11-44	6.00 น.	2.26	0.03	N.D.	N.D.	9.040	2.101	6.939	6.725	2.162	4.563	-	-	-	-
20	240	9-11-44	6.00 น.	2.25	0.04	N.D.	N.D.	8.127	2.024	6.103	5.742	2.113	3.629	1500	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

ตารางที่ ก24 แสดงค่าความดัน , อุณหภูมิ , pH , ความขุ่น , สี และ UV260 ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	P (kPa)	Temp (°C)		pH		Turbidity (NTU)		Color (TCU)		UV260 (cm ⁻¹)		R _r (m ⁻¹)
					Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	
0	0	22-11-44	6.00 น.	1.0	24.7	*	7.70	*	72.4	*	141.40	*	0.2826	*	3.22
1	12		18.00 น.	1.0	22.6	22.9	7.84	8.04	140.0	0.17	191.50	9.296	0.3715	0.1188	3.07
2	24	23-11-44	6.00 น.	1.0	24.9	26.0	7.97	8.14	241.0	0.14	356.70	9.124	0.5592	0.1208	3.22
3	36		18.00 น.	2.7	23.5	24.0	7.93	8.10	327.0	0.14	543.70	8.263	0.7634	0.1195	8.49
4	48	24-11-44	6.00 น.	2.7	25.2	26.3	7.96	8.11	412.0	0.14	449.50	7.918	0.6665	0.1223	8.69
5	60		18.00 น.	2.7	23.7	24.5	7.99	8.10	482.0	0.15	497.90	9.124	0.7458	0.1185	8.49
6	72	25-11-44	6.00 น.	3.7	25.6	26.9	8.10	8.16	588.0	0.15	542.00	8.263	0.7290	0.1195	12.18
7	84		18.00 น.	3.7	24.4	25.4	8.09	8.15	697.0	0.19	618.70	7.746	0.8406	0.1193	11.91
8	96	26-11-44	6.00 น.	4.4	25.4	26.7	8.14	8.20	761.0	0.17	696.00	8.952	0.7922	0.1199	14.16
9	108		18.00 น.	4.4	23.4	24.3	8.13	8.17	859.0	0.19	505.50	10.160	0.7609	0.1183	13.83
10	120	27-11-44	6.00 น.	4.4	25.0	26.3	8.15	8.19	931.0	0.18	624.50	9.296	0.7639	0.1179	14.16
11	132		18.00 น.	4.4	25.4	26.7	8.08	8.13	1059.0	0.15	716.80	11.360	0.9202	0.1213	14.16
12	144	28-11-44	6.00 น.	5.4	24.5	25.4	8.07	8.11	1131.0	0.16	446.90	11.190	0.6727	0.1163	17.38
13	156		18.00 น.	5.4	25.3	25.9	8.11	8.14	1243.0	0.18	566.50	10.160	0.8428	0.1223	17.38
14	168	29-11-44	6.00 น.	6.1	27.5	28.6	8.07	8.12	1364.0	0.17	555.10	11.880	0.8221	0.1178	21.01
15	180		18.00 น.	6.1	26.7	27.7	8.05	8.13	1431.0	0.16	769.70	11.540	0.9323	0.1158	20.54
16	192	30-11-44	6.00 น.	6.8	27.2	28.0	8.19	8.22	1519.0	0.20	428.70	10.850	0.6714	0.1166	22.90
17	204		18.00 น.	6.8	26.6	27.3	8.15	8.26	1605.0	0.12	583.90	10.670	0.8312	0.1121	22.90
18	216	1-12-44	6.00 น.	8.2	27.9	29.3	8.06	8.13	1688.0	0.14	533.20	12.050	0.7637	0.1162	28.24
19	228		18.00 น.	9.9	26.8	28.1	8.11	8.15	1757.0	0.17	510.80	12.740	0.7373	0.1305	33.34
20	240	2-12-44	6.00 น.	11.6	26.5	27.7	8.10	8.16	1842.0	0.15	526.70	12.590	0.8597	0.1207	39.07

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก24.1 แสดงค่าเหล็ก , แอมงานีส , TOC , โคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ของน้ำดิบในช่วงความขุ่นต่ำ ที่ค่าฟลักซ์ 0.3 ม³/ม²-วัน สำหรับเมมเบรนขนาด 0.4 ไมครอน

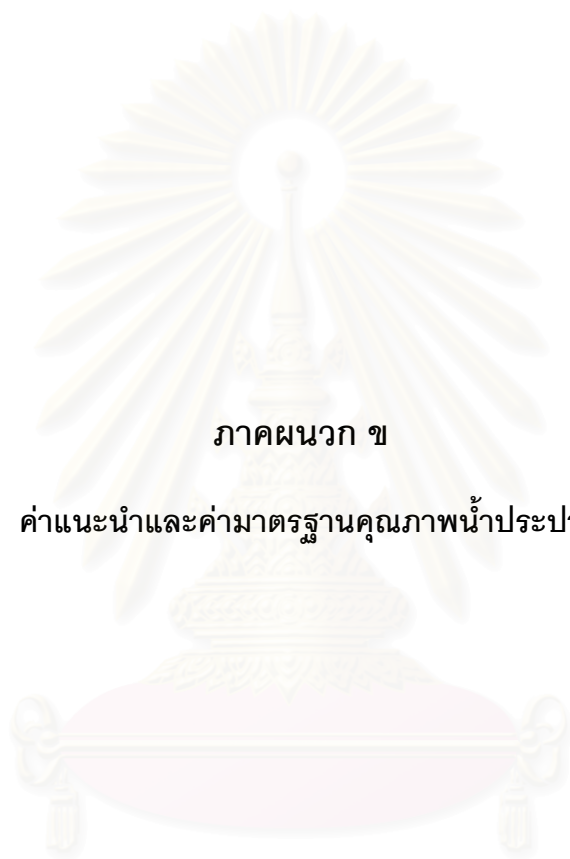
ตัวอย่าง ที่	ชั่วโมง ที่	วันที่	เวลา	Fe (mg/l)		Mn (mg/l)		TOC (mg/l)						Total Coliform Bacteria (MPN/100ml)		Fecal Coliform Bacteria (MPN/100ml)	
								Reactor			Effluent						
				Reactor	Effluent	Reactor	Effluent	TC	IC	TOC	TC	IC	TOC	Reactor	Effluent	Reactor	Effluent
0	0	22-11-44	6.00 น.	0.86	*	N.D.	*	12.170	2.661	9.509	*	*	*	-	*	-	*
2	24	23-11-44	6.00 น.	2.19	0.06	N.D.	N.D.	12.350	4.502	7.848	8.824	4.140	4.684	-	-	-	-
4	48	24-11-44	6.00 น.	3.05	0.06	N.D.	N.D.	13.030	4.359	8.671	8.904	4.860	4.044	2400	N.D.	930	N.D.
6	72	25-11-44	6.00 น.	3.21	0.05	N.D.	N.D.	13.450	4.524	8.926	8.545	4.622	3.923	-	-	-	-
8	96	26-11-44	6.00 น.	3.66	0.05	N.D.	N.D.	14.040	5.039	9.001	6.487	1.402	5.085	-	-	-	-
10	120	27-11-44	6.00 น.	2.99	0.05	N.D.	N.D.	14.170	5.290	8.880	7.485	4.619	2.866	-	-	-	-
12	144	28-11-44	6.00 น.	3.34	0.06	N.D.	N.D.	14.160	4.767	9.393	8.915	4.917	3.998	-	-	-	-
14	168	29-11-44	6.00 น.	3.32	0.06	N.D.	N.D.	14.060	4.729	9.331	6.898	1.515	5.383	-	-	-	-
16	192	30-11-44	6.00 น.	3.27	0.05	N.D.	N.D.	12.990	5.158	7.832	7.626	4.430	2.893	-	-	-	-
18	216	1-12-44	6.00 น.	3.37	0.06	N.D.	N.D.	13.130	4.777	8.353	8.061	4.493	3.568	-	-	-	-
20	240	2-12-44	6.00 น.	3.64	0.05	N.D.	N.D.	11.250	2.719	8.531	6.717	2.385	4.332	2400	N.D.	430	N.D.

หมายเหตุ * ไม่มีข้อมูล

- ข้อมูลไม่ได้ทำการวิเคราะห์

N.D. = ไม่สามารถตรวจพบได้ (Non Detectable)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

คำแนะนำและค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑๑ ค่าแนะนำและค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปา (การประปานครหลวง)

ชนิดค่าฯ (Parameters)	หน่วย (Units)	องค์การอนามัยโลก	มาตรฐานอุตสาหกรรม 2521 (*)		มาตรฐานประเทศญี่ปุ่น	มาตรฐานประเทศสหรัฐอเมริกา	มาตรฐานยุโรป 2522		โรงงานผลิตน้ำประปา
		2536 WHO Guideline 1993 (*)	Thai Industrial Standard, 1979	Maximum Acceptable			Maximum Allowable	JAPAN Standard 1971	
1 คุณสมบัติทางแบคทีเรีย (Bacteriological Quality)									
โคลiformแบคทีเรีย (Total Coliform)	Colonies / 100 ml	ไม่มีพบ (none)	<2.2จำนวน/ลิตร		none	1			0
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform)	Colonies / 100 ml	ไม่มีพบ (none)	500		100		10		0
แบคทีเรียทั้งหมด 37 °C (Total Plate Count)	Colony / ml	ไม่มีพบ (none)	ไม่มีพบ (none)						0
แบคทีเรียชนิด อี.โคไล (E. coli)									ไม่มีพบ
2 สารอนินทรีย์ (Inorganic Constituents of Health Significance)									
แอมโมเนีย (Amenic, As)	mg/l	0.01	0.05		0.05	0.05	0.05		
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	mg/l	0.005	0.01		0.01	0.01	0.005		
โครเมียม (Chromium, Cr+6)	mg/l	0.05	0.05		0.05	0.05	0.05	ไม่มีพบ	
ไซยาไนด์ (Cyanide, CN)	mg/l	0.07	0.2		none		0.5		
ฟลูออไรด์ (Fluoride, F)	mg/l	1.5	0.7	1	0.8	1.4-2.4	0.7-1.5		0.18
ตะกั่ว (Lead, Pb)	mg/l	0.01	0.05		0.1	0.05	0.05		0.0007
ปรอท (Mercury, Hg)	mg/l	0.001	0.001		none	0.002	0.001		
ไนโตรเจนในรูปไนโตรเจน (Nitrogen as N)	mg/l	10	10	10	10	10	25	50	0.23
ไนเตรทในรูปไนโตรเจน (Nitrate and Nitrite as N)	mg/l								0.25
เทลลูเรียม (Tellurium, Se)	mg/l	0.01	0.01		0.01	0.01	0.01		
ซิงค์ (Zinc, Zn)	mg/l				10				2.04
3 สารประกอบอินทรีย์ (Organic Compounds of Health Significance)									
เบนซีน (Benzene)	ppb	10							
คาร์บอนคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	ppb	2							
พาราไดคลอโรเบนซีน (1,2-Dichlorobenzene)	ppb	30							
ไดคลอโรเบนซีน (Alkyl Benzyl Sulfonates, ABS)	ppb		300	1,000	500	500			
เพนทาคลอโรเบนซีน (Pentachlorobenzene)	ppb	9							
ดีดีที (DDE, DDD, DDT)	ppb	20							
ไดคลอโรเอทิลีน (1,1,1-Trichloroethane)	ppb		1	2	2				
ไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติก (Aromatic Hydrocarbons) ยกเว้นเบนซีน	ppb	0.1						0.2	
ไซลีน (Xylenes)	ppb				100	100			
โทลูอีน (Toluene)	ppb	200							
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	ppb								
สารอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยที่สุด (Organic Matter)	ppb	0.01							ไม่มีพบ
ดีคลอโรอีเทน (1,1-Dichloroethane)	ppb	0.1				100			
ดีคลอโรเอทิลีน (1,1,2-Dichloroethane)	ppb	2							ไม่มีพบ
ดีคลอโรเอทิลีน (1,1,2,2-Tetrachloroethane)	ppb	0.01							0.04
เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene)	ppb	1				4			
โทลูอีน (Toluene)	ppb	2				100			
เมทิลไซลีน (Methylxylene)	ppb	20							
4 ฤทธิ์ตกตะกอน (Radioactive Material)									
ความเข้มข้นของโพแทสเซียม-40 (Potassium-40 activity)	Bq/l	0.1				15 pCi/l			
ความเข้มข้นของเรเดียม-226 (Radium-226 activity)	Bq/l	1				4 mBq/Lyol			
5 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Quality)									
คลอรีน (Chlorine)	mg/l	0.2	20	600	20	20			16
คลอไรด์ (Chloride)	mg/l	250	1	15	1	1	25		
คอปเปอร์ (Copper)	mg/l	1	1	1.5	1	1	0.1		0.5
คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon as CO2)	mg/l		0.5	1	0.1	0.3	0.05	0.3	0.03
คลอไรด์ (Chloride)	mg/l	0.1	0.1	0.5	0.1	0.05	0.02	0.05	0.002
เหล็ก (Iron)	mg/l	0.3	0.5	1	0.1				
แมงกานีส (Manganese)	mg/l	0.1	0.5	1	0.1				
ไนโตรเจนในรูปไนโตรเจน (Nitrogen as N)	mg/l	10					150-125	100	24.1
ไนเตรท (Nitrate)	mg/l	50	50	150	50	50	30	30	5.9
ไนโตรเจนในรูปไนโตรเจน (Nitrogen as N)	mg/l	20	20	20	20	20	25	25	36
ซัลเฟต (Sulfate)	mg/l	200							152
ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids)	mg/l		500	1500					152
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	mg/l	1	500	1500	1	5	0.1		
สี (Color)	TON	15	5	15	5	15	1		ไม่มีพบ
ความขุ่น (Turbidity)	NTU	5	5	20	2		0.4		0.0001
ความเค็ม (Salinity)	mg/l		500	1500					ไม่มีพบ
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5		ค่าเฉลี่ยปีละ 0.9 mg/l

หมายเหตุ (* 1) การประปานครหลวงใช้เป็นมาตรฐาน



ภาคผนวก ค

วิธีวัดสี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีวัดสี

หน่วยมาตรฐานสำหรับการวัดสี

หน่วยของการวัดสีของน้ำ เรียกเป็น “Units” ไม่ใช่ ppm เพราะเราไม่สามารถหาน้ำหนักของสารต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดสีในน้ำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องเทียบกับ Standard Units ของสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมคลอโรแพลททิน (Potassium Chloroplatinate ; K_2PtCl_6) ผสมกับสารละลายมาตรฐานโคบอลต์คลอไรด์ (Cobaltous Chloride ; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$) ซึ่งจะให้สีออกเหลืองน้ำตาลเหมือนกับสีของน้ำธรรมชาติ ดังนั้นจึงกำหนดหน่วยมาตรฐานสำหรับวัดสีไว้ว่า

$$1 \text{ mg/l. Pt as } K_2PtCl_6 = 1 \text{ Unit of Color (Pt-Co)}$$

ปกติแล้วจะเตรียม Standard Stock Pt (as K_2PtCl_6) ซึ่งมี 500 mg/l.Pt แล้วเติมโคบอลต์คลอไรด์ลงไปเพื่อให้เกิดสีคล้ายธรรมชาติที่สุด จากนั้นก็เตรียมอนุกรมของสีมาตรฐานตั้งแต่ 0-70 หน่วย ถ้าตัวอย่างน้ำมีสีเข้มกว่า 70 หน่วย ให้เจือจางก่อนนำมาเปรียบเทียบ และคูณผลที่อ่านได้ด้วย Dilution factor ปกติใช้วิธีเทียบสีโดยใช้หลอดเนสเลอร์ หรือใช้วัดด้วย Spectrophotometer โดยการหาความยาวคลื่นที่ให้ Absorbtion Maxima สำหรับสีมาตรฐาน แล้วใช้ความยาวคลื่นนี้ในการวัดสีของตัวอย่างน้ำ หน่วยที่ได้เป็น Pt-Co ปัจจุบันเปลี่ยนมาใช้ TCU (True Color Unit) แทน ซึ่งใช้หลักการและวิธีในการวัดสีเหมือนเดิมทุกประการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophotometer ; wave length 457 nm.
2. Cell ; light path 50 mm.
3. Membrane filter (GF/C)

สารเคมี

1. Stock Standard Color Solution 500 units

ละลาย Potassium Chloroplatinate (K_2PtCl_6) 1.246 กรัม (สมมูลย์กับ 500 mg.Metallic Pt) และ Crystallized Cobaltous Chloride ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) 1 กรัม (สมมูลย์กับ 250 mg.Co) ในน้ำกลั่น ซึ่งเติม Conc.HCl 100 ml. แล้วคนให้ละลายให้หมด เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 1 ลิตร จะได้สารละลายสีมาตรฐานซึ่งมีความเข้มข้นสี 500 หน่วย

2. Standard Color

เตรียมอนุกรมของสีมาตรฐานที่มีสี 5 , 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 , 40 , 45 , 50 , 55 , 60 และ 70 หน่วย โดยปีเปต Stock จากข้อ 1 มา 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3.0 , 3.5 , 4.0 , 4.5 , 6.0 , 6.0 และ 7.0 ml เติมน้ำกลั่นจนครบ 50 ml. (อนุกรมของสีมาตรฐานเก็บได้ไม่เกิน 1 เดือน)

3. Conc.HCl

วิธีวิเคราะห์

1. ทำ Calibration curve ของ Standard Color ที่ความยาวคลื่น 457 nm.
2. การหาสีจริงให้นำตัวอย่างไปกรองหรือเซนตริฟิวส์ก่อนจึงนำมาวัดค่า

Absorbance

แหล่งที่มา : คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำระบบผลิต
ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี การประปานครหลวง มี.ค. 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นลินี เหลืองรังรอง เกิดเมื่อวันที่ 6 เมษายน 2520 ที่โรงพยาบาล
พญาไท 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2540 และ
เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม เมื่อ พ.ศ.
2541



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย