ประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจโดยกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน

นางสาวศิริมา ปัญญาเมธีกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538
ISBN 974-631-435-1
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16699518

COLIPHAGE REMOVAL EFFICIENCY BY MEMBRANE FILTRATION PROCESS

Miss Sirima Panyametheekul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995

ISBN 974-631-435-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจโดยกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน
โดย	นางสาวศิริมา ปัญญาเมธีกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทวี จิตไมตรี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ศิริมา ปัญญาเมธีกุล : ประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจโดยกระบวนการกรองด้วยเมมเบรน (COLIPHAGE REMOVAL EFFICIENCY BY MEMBRANE FILTRATION PROCESS)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ประแสง มงคลศิริ, 133 หน้า. ISBN 974-631-435-1

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโคลิฟาจออกจากน้ำด้วยเมมเบรนระบบอุลตราฟิลเตรชันชนิดเส้นใยกลวง ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ขนาดช่องว่างของเมมเบรน อัตรากรอง และการล้างย้อน

ขนาดช่องว่างของเมมเบรนมี 2 ขนาด คือ 0.1 และ 0.03 ไมครอน และเปลี่ยนอัตรากรองน้ำต่าง ๆ กันดังนี้ คือ 0.2 ลิตร/นาที 0.4 ลิตร/นาที 0.6 ลิตร/นาที 0.8 ลิตร/นาที 1.0 ลิตร/นาที และ 1.5 ลิตร/นาที ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำที่ใช้มี 3 ชนิด คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ น้ำประปาเติมความขุ่นสังเคราะห์ และน้ำประปาเติมโคลิฟาจผสมความขุ่นสังเคราะห์

ผลการวิจัยพบว่า ขนาดช่องว่างของเมมเบรนมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ โดยการใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจอยู่ระหว่าง 99.99% - 99.9999% (4-6 ล็อก) ในขณะที่การกรองโดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน จะตรวจไม่พบโคลิฟาจในน้ำกรอง ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจอยู่ระหว่าง 99.9999% - 99.99999% (6-7 ล็อก)

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ประแสง มงคลศิริ
ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C517617 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: COLIPHAGE/ VIRUSES/ ULTRAFILTRATION MEMBRANE/ HOLLOW FIBER MEMBRANE
SIRIMA PANYAMETHEEKUL : COLIPHAGE REMOVAL EFFICIENCY BY MEMBRANE FILTRATION PROCESS. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. PRASANG MONGKOLSIRI,Ph.D. 133 pp. ISBN 974-631-435-1

The objective of this research was to study the efficiency of coliphage removal from water by hollow-fiber ultrafiltration membrane. The effect of pore size, filtrate rate, backwashing was investigated.

The membrane pore size applied in this study were 0.1 and 0.03 micron. The filtration rate were 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, and 1.5 LPM. respectively. There were 3 groups of water samples: tap water with coliphage, tap water with synthetic turbidity, and tap water with coliphage and synthetic turbidity.

It was revealed that coliphage removal efficiency was dependent of change in pore size. The coliphage removal effciency of 0.1 micron membrane was between 99.99% - 99.9999% (4-6 log). Whereas the coliphage concentration of 0.03 micron membrane filtrate could not be detected and the coliphage removal efficiency was between 99.9999% - 99.99999% (6-7 log).

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ประแสง มงคลศิริ

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ.ดร. ประแสง มงคลศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณ รศ. ทวี จิตไมตรี รศ.ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ผศ.ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัย และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศิริมา ปัญญาเมธีกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญรูป..... ฎ

คำอธิบายคำย่อ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ

บทนำ..... 1

วัตถุประสงค์..... 3

ขอบเขตการวิจัย..... 3

2. ทบทวนเอกสาร

คุณลักษณะโดยทั่วไปของไวรัส..... 4

การตรวจสอบไวรัส

1. ขั้นตอนการตรวจสอบ..... 6

2. พลักแอสเส..... 6

ไวรัสที่พบในน้ำ..... 7

การใช้โคลิฟาจเป็นตัวบ่งชี้ทางด้านไวรัส..... 10

ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ..... 10

กระบวนการเมมเบรน..... 11

อุลตราฟิลเตรชัน

1. โพลีเมอร์ที่ใช้ผลิตเมมเบรน..... 14

2. โมดูลชนิดต่างๆ ของระบบอุลตราฟิลเตรชัน..... 14

ปัจจัยที่มีผลต่อ Ultrafiltration Flux..... 22

ผลการศึกษาที่ผ่านมา..... 25

หน้า

บทที่

3. แผนการ และการดำเนินการวิจัย

แผนการวิจัย..... 26

การเตรียมการทดลอง

1. การเพาะหาเชื้อโคลิฟาจเพื่อใช้ในการวิจัย..... 28

2. การเตรียมอุปกรณ์..... 32

3. การเตรียมตัวอย่างน้ำ และน้ำล้างย้อน..... 34

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การทดลอง..... 35

2. การเก็บตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล..... 35

4. ผลการทดลอง และการวิจารณ์

ลักษณะของโคลิฟาจที่ใช้ในการวิจัย..... 37

ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจที่เติมในน้ำประปาและความขุ่นที่มีอยู่ในน้ำประปา

1. การกรองโดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน..... 38

2. การกรองโดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน..... 38

ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียูที่เติมในน้ำประปา..... 44

ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ และความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียูที่เติมในน้ำประปา..... 47

เวลาที่ใช้ในการกรอง..... 48

ความต้านทานเชิงชลศาสตร์ของเมมเบรน..... 51

ความต้านทานของเมมเบรน..... 67

ความต้านทานของตะกอน..... 69

ค่าดัชนีของตะกอน..... 69

การล้างย้อน..... 71

5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย..... 74

ข้อเสนอแนะ..... 75

หน้า

รายการอ้างอิง..... 76

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การทำความสะอาด การเตรียม และการสเตอริไลส์เครื่องแก้ว..... 80

ภาคผนวก ข อาหารเพาะเชื้อ และการเตรียม..... 83

ภาคผนวก ค การย้อมแบคทีเรียแบบแกรม..... 85

ภาคผนวก ง การแยกแบคทีเรียพันธุ์บริสุทธิ์ ด้วยวิธี Streak plate..... 88

ภาคผนวก จ ข้อมูลการทดลอง และรูปแสดงอุปกรณ์การทดลอง..... 90

ภาคผนวก ฉ การถดถอยสำหรับสองตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้ง..... 129

ประวัติผู้เขียน..... 133

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ขนาดของอนุภาคไวรัส	5
ตารางที่ 2.2	โรคต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นโดย Human enteric viruses	8
ตารางที่ 2.3	การเปรียบเทียบหน่วยในรูปเปอร์เซนต์ และล็อก	11
ตารางที่ 2.4	เปรียบเทียบวิธีการกรองโดดยใช้เมมเบรนชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 2.5	โพลีเมอร์ที่ใช้ผลิตเมมเบรน	15
ตารางที่ 2.6	คุณสมบัติของเมมเบรนอุลตราฟิลเตรชันบางชนิด	16
ตารางที่ 2.7	คุณสมบัติโมดูลชนิดต่างๆ ของระบบอุลตราฟิลเตรชัน	17
ตารางที่ 3.1	แสดงจำนวนชุดการทดลองตามวัตถุประสงค์การวิจัย	27
ตารางที่ 3.2	ตารางการเก็บข้อมูล	36
ตารางที่ 4.1	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ และความขุ่นเฉลี่ย ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	39
ตารางที่ 4.2	แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ และความขุ่นเฉลี่ย ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ	42
ตารางที่ 4.3	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการกรองน้ำประปาเติมความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 และ 0.03 ไมครอน ที่อัตรากรองต่างๆ กัน	44
ตารางที่ 4.4	ประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน อัตรากรอง 0.2 ลิตร/นาที กรองตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ และความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู	47
ตารางที่ 4.5	ผลของการกรองน้ำประปาเพื่อหาค่า R_m	69
ตารางที่ 4.6	ตารางเปรียบเทียบค่า RI โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน และเมมเบรน ขนาด 0.03 ไมครอน ที่อัตรากรองต่างๆ กัน	70

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	วิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการแยกสารออกจากของเหลว	2
รูปที่ 2.1	โครงสร้างของอนุภาคไวรัส	4
รูปที่ 2.2	แสดงเส้นทางการติดเชื้อไวรัสกลับสู่มนุษย์	9
รูปที่ 2.3	โมดูลของระบบอุลตราฟิลเตรชันแบบท่อ	18
รูปที่ 2.4	โมดูลของระบบอุลตราฟิลเตรชันแบบแผ่น	18
รูปที่ 2.5	โมดูลของระบบอุลตราฟิลเตรชันแบบม้วน	20
รูปที่ 2.6	ลักษณะของผิวเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง	20
รูปที่ 2.7	โมดูลของระบบอุลตราฟิลเตรชันแบบเส้นใยกลวง	21
รูปที่ 2.8	ลักษณะการทำงาน และการทำความสะอาดเมมเบรนชนิดเส้นใยกลวง	21
รูปที่ 2.9	Concentration Polarization ที่เกิดขึ้นในระบบอุลตราฟิลเตรชัน	22
รูปที่ 3.1	แสดงแผนผังการดำเนินการวิจัย	26
รูปที่ 3.2	ลักษณะของพลักที่เกิดขึ้นบนจานเพาะเชื้อ	31
รูปที่ 3.3	แสดงอุปกรณ์การทดลอง	33
รูปที่ 4.1	ลักษณะของโคลิฟาจที่มองเห็นจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน กำลังขยาย 91,250 เท่า โดยวิธี Negative Straining	37
รูปที่ 4.2	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดโคลิฟาจ โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ที่อัตรากรองต่างๆ กัน (การทดลองชุดที่ 1-24)	40
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำเข้า และน้ำกรอง โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ การทดลองชุดที่ 1-24	41
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำเข้า และน้ำกรอง โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ.. การทดลองชุดที่ 34-51	43
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำเข้า และน้ำกรอง โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมความขุ่น สังเคราะห์ 20 เอ็นทียู การทดลองชุดที่ 25-30	45

หน้า

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความขุ่นของน้ำเข้า และน้ำกรอง โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู การทดลองชุดที่ 52-55..... 46

รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกรองตัวอย่างน้ำจนเมมเบรนอุดตันที่ความดัน 1 บาร์ ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน..... 49

รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการกรองตัวอย่างน้ำจนเมมเบรนอุดตันที่ความดัน 1 บาร์ ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน..... 50

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 0.2 ลิตร/นาที..... 52

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 0.4 ลิตร/นาที..... 53

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 0.6 ลิตร/นาที..... 54

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 0.8 ลิตร/นาที..... 55

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 1.0 ลิตร/นาที..... 56

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ ที่อัตรากรอง 1.5 ลิตร/นาที..... 57

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติม ความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู..... 58

หน้า

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
และความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู ที่อัตรากรอง 0.2 ลิตร/นาที..... 59
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
ที่อัตรากรอง 0.2 และ 0.4 ลิตร/นาที..... 60
รูปที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
ที่อัตรากรอง 0.6 ลิตร/นาที..... 61
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
ที่อัตรากรอง 0.8 ลิตร/นาที..... 62
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
ที่อัตรากรอง 1.0 ลิตร/นาที..... 63
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ
ที่อัตรากรอง 1.5 ลิตร/นาที..... 64
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากรอง และความดัน
โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติม
ความขุ่นสังเคราะห์ 20 เอ็นทียู..... 65
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรากรองต่อพื้นที่ และเวลากรอง..... 66
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน, R และเวลากรอง..... 66
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรากรองต่อพื้นที่ และความดัน ในการกรอง
น้ำประปา เพื่อหาค่าความต้านทานของเมมเบรน..... 68

หน้า

รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความดันที่เพิ่มขึ้นหลังจากการล้างย้อนแต่ละครั้ง ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ..... 72

รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบความดันที่เพิ่มขึ้นหลังจากการล้างย้อนแต่ละครั้ง ที่อัตรากรองต่างๆ กัน โดยใช้เมมเบรนขนาด 0.03 ไมครอน ตัวอย่างน้ำ คือ น้ำประปาเติมโคลิฟาจ..... 73

คำอธิบายคำย่อ

E.Coli : Escherichia coli

EMB : Eosin methylene blue

J : อัตรากรองต่อพื้นที่ (ลิตร/นาที.ตารางเมตร)

MTSA : Modified tryptic(ase) soy agar

MWCO : Molecular weight cutoff

NTU : Nephelometric Turbidity Units

ΔP : ผลต่างความดันระหว่างทางน้ำเข้า และน้ำกรอง (บาร์)

PFU : Plaque forming unit

R_1 : ความต้านทานก่อนการล้างย้อน (1/เมตร)

R_2 : ความต้านทานก่อนหลังล้างย้อน (1/เมตร)

R_m : ความต้านทานของเมมเบรน (1/เมตร)

R_{op} : ความต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างการกรอง (1/เมตร)

RI : ค่าดัชนีความต้านทาน

TSA : Tryptic(ase) soy agar

TSB : Tryptic(ase) soy broth

UF : Ultrafiltration

μ : ความหนืดของน้ำ (นิวตัน.วินาที/ตารางเมตร)