สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(14)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(19)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
วัตถุประสงค์	45
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	45
2 วิธีการวิจัย	46
1. วิธีการทดลอง	46
1.1 การเตรียมน้ำเสียและวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ	46
1.2 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกอนในน้ำเสียด้วยกระบวนการกรอง	46
1.2.1 ศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่อเพอมิเอทฟลักซ์	46
1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกอน	47
1.2.3 ศึกษาและวิเคราะห์หารูปแบบของการอุดตันในการกรอง	48
1.2.4 ศึกษาค่าความต้านทานเมมเบรนและความต้านทานการอุดตัน	48
2. การออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลองสำหรับการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง	48
3. วัสดุ	49
3.1 สารเคมี	49
3.2 น้ำเสียจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	50
4. เครื่องมือและอุปกรณ์	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3 ผลการทดลองและบทวิจารณ์	51
1. ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย	52
2. ผลของพารามิเตอร์ต่างๆ ต่อเพอมิเอทฟลักซ์	53
2.1 ผลของความดันต่อเพอมิเอทฟลักซ์และลักษณะการแพร่ของอนุภาค	53
2.2 ผลของอัตราการไหลต่อเพอมิเอทฟลักซ์และลักษณะการแพร่ของอนุภาค	56
2.3 ผลของขนาดรูพรุนของเมมเบรนต่อเพอมิเอทฟลักซ์และลักษณะการแพร่ของอนุภาค	59
2.4 ผลของความเข้มข้นของสารป้อนต่อเพอมิเอทฟลักซ์และลักษณะการแพร่ของอนุภาค	64
2.5 ประสิทธิภาพของการกรอง	66
2.6 สมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ต่อค่าเพอมิเอทฟลักซ์	69
3. รูปแบบของการอุดตันในการกรอง	69
3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยในแต่ละโมเดลของการอุดตันสำหรับการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้น 1500 mg/l ที่ความดัน 15psi อัตราการไหลของสารป้อน 1.75 Lpm และที่เมมเบรนขนาด 5 micron	71
3.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยในแต่ละโมเดลของการอุดตันสำหรับการทดลองการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้น 3500 mg/l ที่ความดัน 5 psi อัตราการไหลของสารป้อน 1.75 Lpm และที่เมมเบรนขนาด 0.1 micron	73
4. การศึกษาค่าความต้านทานเมมเบรน(Membrane Resistance) และความต้านทานจากการอุดตัน(Fouling Resistance)	79
4.1 การศึกษาค่า Membrane Resistance (R_m)	79
4.1.1 ค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นที่ความดันต่างๆสำหรับเมมเบรนขนาด 5 micron	80
4.1.2 ค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่นที่ความดันต่างๆสำหรับเมมเบรนขนาด 0.1 micron	80
4.1.3 ค่าฟลักซ์ของน้ำกลั่น ที่ความดันต่างๆสำหรับเมมเบรนขนาด 1.2 micron	81
4.2 ศึกษาค่า Fouling Resistance (R_f)	82

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	87
บทสรุป	87
ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	94
ก. การเลือกชนิดและขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลอง	95
ข. ข้อมูลจากการทดลอง	99
ค. การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี	116
ง. แสดงตัวอย่างการคำนวณ	122
ประวัติผู้เขียน	123

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1.	โพลิเมอร์ที่นิยมใช้ในการผลิตเมมเบรนสำหรับกระบวนการไมโครฟิลเตรชันและอัลตราฟิลเตรชัน	14
2.	เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบเมมเบรนแบบต่างๆ	20
3.	อัตราเร็วในการตกตะกอนกับขนาดอนุภาค	22
4.	ระดับน้ำหนักโมเลกุลของอนุภาคที่ถูกกักไว้ไม่ให้ผ่านเมมเบรนประเภทต่างๆ	23
5.	ชนิดและลักษณะของอนุภาคที่ใช้กระบวนการแยกโดยใช้เมมเบรน	28
6.	Foulant และการควบคุม Foulant	29
7.	โมเดลของ Cake และ Blocking filtration ของการกรองแบบไหลขวาง	33
8.	มุมของน้ำที่เกาะบนผิวหน้าเมมเบรนชนิดต่างๆ	35
9.	ความต้องการใช้เทคโนโลยีเมมเบรนตามลักษณะใช้งาน	42
10.	การออกแบบการทดลองโดยโปรแกรมResponse surface Method	47
11.	ผลวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง	52
12.	ความเข้มข้นของสารป้อนและคุณสมบัติของน้ำก่อนการกรอง	66
13.	ผลซีโอดี สารแขวนลอยและเพอมิเอทฟลักซ์ของน้ำเสียหลังจากผ่านการกรองด้วยไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง	67
14.	สมการแสดงความสัมพันธ์สำหรับโมเดลของการอุดตันของ Hermia และ Sugahara	70
15.	แสดงผลของความต้านทานเมมเบรนสำหรับเมมเบรน 5 micron	80
16.	แสดงผลของความต้านทานเมมเบรนสำหรับเมมเบรน 0.1 micron	81
17.	แสดงผลของความต้านทานเมมเบรนสำหรับเมมเบรน 1.2 micron	81
18.	แสดงผลของความต้านทานเมมเบรนสำหรับเมมเบรนขนาดรูพรุนต่างๆ	82
19.	แสดงผลของ Fouling Resistant สำหรับการทดลองการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง	82
20.	แสดงค่าเฉลี่ยของ Fouling Resistant สำหรับความดันและอัตราการไหลในการดำเนินการต่างๆ	83
21	แสดงผลของค่าเพอมิเอทฟลักซ์จากการทดลองและสมการต่างๆ	85
22.	การเลือกชนิดวัสดุของเมมเบรนโดยเลือกตามความสามารถในการต้านทานเคมี	96

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
23.	แสดงช่วงการดำเนินการสำหรับกระบวนการเมมเบรนแต่ละชนิด	97
24.	แสดงช่วงดำเนินการของพารามิเตอร์ต่างๆ	98
25.	การเลือกชนิดของปั๊มสำหรับน้ำเสียที่ความดันและอัตราการไหลต่างๆ	98
26.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวาง ด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	99
27.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	100
28.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	101
29.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	102
30.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	103
31.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	104
32.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	105
33.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	106

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
34.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	107
35.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	108
36.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	109
37.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	110
38.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	111
39.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	112
40.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	113
41.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	114
42.	ค่าเพอมิเอทฟลักซ์ที่เวลาต่างๆสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 2,500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางด้วยเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรน ขนาด 1.2 micron ที่ความดัน 10 psi และอัตราการไหล 1.5 Lpm	115

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1.	กระบวนการบำบัดน้ำเสียและหน้าที่หลักของแต่ละระบบ	4
2.	ส่วนประกอบและการทำงานของระบบตะกอนเร่ง	5
3.	ระบบของกระบวนการบำบัดน้ำเสียเปรียบเทียบระหว่างระบบ Membrane bioreactor และระบบ Activated sludge.	6
4.	ลักษณะการไหลสำหรับการกรองแบบปิดตาย (Dead-end) และแบบไหลขวาง (Crossflow)	10
5.	การเกิดคอนเซนเตรชันโพลาไรเซชันและเจลโพลาไรเซชัน	11
6.	หลักการของกระบวนการเมมเบรนสังเคราะห์	15
7.	เมมเบรนแบบท่อ	16
8.	เมมเบรนแบบเส้นใยกลวง (Hollow fiber)	17
9.	เมมเบรนแบบแผ่น/มีกรอบ (Plate and flame module)	18
10.	เมมเบรนแบบท่อม้วน (Spiral wound module)	19
11.	การจำแนกกระบวนการแยกตามขนาดโมเลกุลของสารละลายต่างๆ	21
12.	SEM ผิวหน้าของ (ก) Screen filter (ข) Depth filter	23
13.	เส้นโค้งการกักของเมมเบรนไมโครฟิลเตรชันสองแบบ	24
14.	กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้เมมเบรน	27
15.	มุมสัมผัสของน้ำที่เกาะบนผิวหน้าเมมเบรน	34
16.	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูพรุนของเมมเบรนกับฟลักซ์ a) ฟลักซ์ต่อเวลา ทุกสภาวะการดำเนินการมีค่าคงที่ b) ฟลักซ์เฉลี่ย โดยการดำเนินการที่มีการหมุนเวียน (เช่น ทำความสะอาด) กับขนาดรูพรุนเมื่อ ปัจจัยอื่นๆ มีค่าสมดุล	37
17.	การเกิดฟาวลิ่ง (Fouling) ของการกรองหางนมด้วยเมมเบรนแบบอัลตราฟิลเตรชัน	39
18.	การเกิดฟาวลิ่ง (Fouling) โดยอนุภาคขนาดต่างๆ	40
19.	ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์สภาวะการดำเนินการกับฟลักซ์	41
20.	การออกแบบระบบการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง	48
21.	ระบบการกรองไมโครฟิลเตรชันแบบการไหลขวาง	49

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
22.	แสดงการกระจายตัวของอนุภาคจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำเสีย	52
23.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลา สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 ไมครอนด้วยความดันต่างกันที่ 5 และ 15 psi ที่อัตราการไหลคงที่ 1.75 Lpm	54
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ด้วยความดันต่างกันที่ 5 และ 15 psi ที่อัตราการไหลคงที่ 1.75 Lpm	55
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ด้วยความดันต่างกันที่ 5 และ 15 psi ที่อัตราการไหลคงที่ 1.75Lpm	55
26	แสดงการแพร่ของอนุภาคจุลินทรีย์ระหว่างการดำเนินการที่ความดันต่ำเปรียบเทียบกับที่ความดันสูง	56
27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ด้วยอัตราการไหลต่างกันที่ 1.25 และ 1.75 Lpm ที่ความดันคงที่ 5 psi	57
28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ด้วยอัตราการไหลต่างกันที่ 1.25 และ 1.75 Lpm ที่ความดันคงที่ 15 psi	57
29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ด้วยอัตราการไหลต่างกันที่ 1.25 และ 1.75 Lpm ที่ความดันคงที่ 5 psi	58
30	แสดงถึงอนุภาคจุลินทรีย์ของน้ำเสียที่ลอยตัวเมื่อมีการเพิ่มแรงเฉือนบนผิวหน้าเมมเบรน	58
31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาดต่างกันที่ 0.1 และ 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	60

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาดต่างกันที่ 0.1 และ 5 micron ที่ความดัน 5 psiและอัตราการไหล 1.75 Lpm	60
33	แสดงลักษณะการอุดตันของอนุภาคของสารละลายสำหรับเมมเบรนขนาด 5 และ 0.1 micron ที่การดำเนินการกรองที่ความดันต่ำ (5psi)	61
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาดต่างกันที่ 0.1 และ 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	62
35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาดต่างกันที่ 0.1 และ 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	63
36	แสดงลักษณะการอุดตันของอนุภาคของสารละลายสำหรับเมมเบรนขนาด 5 และ 0.1 micron ที่การดำเนินการกรองที่ความดันสูง (15psi)	63
37	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อนต่างกันที่ 1,500 และ 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.25 Lpm	65
38	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์กับเวลาสำหรับการกรองน้ำเสีย ความเข้มข้น SS ของสารป้อนต่างกันที่ 1,500 และ 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	65
39	แสดงลักษณะการอุดตันและการแพร่ของอนุภาคจุลินทรีย์ของน้ำเสียสำหรับความเข้มข้นของสารป้อนที่ 3, 500 mg/l และ 1,500 mg/l	66
40	แสดงประสิทธิภาพของการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l โดยระบบไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวาง ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ ความดัน 5 psi อัตราการไหลของสารป้อนที่ 1.75 Lpm และค่าซีโอดี 105 mg/l	67
41	แสดงภาพน้ำเสียตัวอย่างจากบ่อเติมอากาศของระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งจากโรงงานอาหารทะเลแช่แข็งที่ความเข้มข้น 1,500 mg/l	68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
42	แสดงภาพน้ำเสียตัวอย่างหลังจากกรองด้วยไมโครฟิลเตรชันแบบไหลขวางผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron สำหรับการกรองน้ำเสียที่ความเข้มข้น 1500 mg/l ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	68
43	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์ (J) กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	71
44	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของเพอมิเอทฟลักซ์ (1/J) กับเวลา (t) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	72
45	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	72
46	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนกลับของเพอมิเอทฟลักซ์(1/J) กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ความดัน 15 psi และอัตราการไหล 1.75Lpm	73
47	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเพอมิเอทฟลักซ์(J) กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	73
48	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของเพอมิเอทฟลักซ์ (1/J) กับเวลา (t) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75Lpm	74
49	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{\frac{J}{J_0}}$ กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75 Lpm	74
50	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ส่วนกลับของเพอมิเอทฟลักซ์(1/J) กับปริมาตร (V) สำหรับการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 3,500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 0.1 micron ที่ความดัน 5 psi และอัตราการไหล 1.75Lpm	75

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
51	แสดงภาพขยายของเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 1.2 micron ที่ยังไม่ผ่านการกรองโดยใช้กำลังขยาย 10,000 เท่าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	76
52	แสดงภาพขยายจากการตัดขวางโดยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดของเมมเบรนที่ผ่านการกรองจุลินทรีย์ของน้ำเสียโดยแสดงการเกิดการอุดตันบนผิวหน้าของเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 1.2 micron หลังการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l ที่อัตราการไหล 1.5 Lpm ความดัน 10 psi โดยใช้กำลังขยาย 10, 000 เท่า	76
53	แสดงภาพขยายของเค้กบนผิวหน้าของเมมเบรนหลังจากการกรองจุลินทรีย์ของน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 1.2 micron ที่อัตราการไหล 1.5 Lpm และความดัน 10 psi โดยใช้กำลังขยาย 10, 000 เท่าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	77
54	แสดงภาพขยายของเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่ยังไม่ผ่านการกรองน้ำเสีย โดยใช้กำลังขยาย 5, 000 เท่าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	77
55	แสดงภาพขยายจากการตัดขวางโดยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดของเมมเบรนที่ผ่านการกรองจุลินทรีย์ของน้ำเสียโดยแสดงการเกิดการอุดตันบนผิวหน้าของเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron หลังการกรองน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l อัตราการไหล 1.75 Lpm ความดัน 5 psi โดยใช้กำลังขยาย 5, 000 เท่า	78
56	แสดงภาพขยายของเค้กบนผิวหน้าของเมมเบรนหลังจากการกรองจุลินทรีย์ของน้ำเสียความเข้มข้น SS ของสารป้อน 1500 mg/l ผ่านเซลลูโลสไนเตรทเมมเบรนขนาด 5 micron ที่อัตราการไหล 1.75 Lpm และความดัน 5 psi และ โดยใช้กำลังขยาย 5, 000 เท่าด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	78
57	แสดงค่าเพอมิเอทฟลักซ์จากผลการทดลองเปรียบเทียบกับผลจากสมการต่างๆ	86
58	แสดงวิธีการวัดขนาดอนุภาคในช่วงอนุภาคต่างๆ	96

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

COD	= (Chemical Oxygen Demand) หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซ CO_2 และน้ำโดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถถูกออกซิไดส์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด
SS	= (Suspended Solid) หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว
pH	= พีเอช หมายถึง ค่าลอการิทึมของส่วนกลับของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนต่อสารละลาย 1 ลิตร ($pH = -\log [H^+]$) หรือมาตราส่วนบอกความเป็นกรดหรือเบสของสารละลาย
$^{\circ}C$	= องศาเซลเซียส
hr	= ชั่วโมง
min	= นาที
Lpm	= ลิตรต่อนาที
L	= ลิตร
m^2	= ตารางเมตร
m^{-1}	= ต่อเมตร
ml	= มิลลิลิตร
m/s	= เมตรต่อวินาที
mg/l	= มิลลิกรัมต่อลิตร
micron	= ไมโครเมตร
%	= เปอร์เซ็นต์
θ	= มุมสัมผัสของน้ำ
D_p	= ขนาดของอนุภาค
J	= เพอมิเอทฟลักซ์
J_W	= ฟลักซ์ของน้ำกลั่น
G	= กรัม
Q	= ปริมาณเพอมิเอทที่ผ่านเมมเบรน
A	= พื้นที่ผิวของเมมเบรนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

Δt = เวลาที่เก็บเพอมิเอท

ΔP = ความดันผ่านเมมเบรน

μ = ความหนืดของ filtrate

R_t = ความต้านทานรวม

R_m = ความต้านทานของเมมเบรน

R_f = ความต้านทานการอุดตัน

V = ปริมาตรรวมของ permeate ที่วัดได้

t = เวลาที่ผ่านการกรอง