สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(11)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
1. สารหนู	3
2. วิธีการลดความเข้มข้นของสารหนู	7
3. กระบวนการดูดซึมย้อนกลับ (Reverse Osmosis)	14
วัตถุประสงค์	26
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	26
2 วิธีการวิจัย	27
1. วัสดุ	27
2. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง	27
3. ขอบเขตและวิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3 ผลการทดลองและการอภิปรายผล	33
การทดลองที่1 ศึกษาความสัมพันธ์ของความดัน ฟลักซ์ และประสิทธิภาพของเมมเบรนแบบแผ่น	33
การทดลองที่2 ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเมมเบรนแบบแผ่นเมื่อสารตั้งต้นผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์	40

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
การทดลองที่3 ศึกษาประสิทธิภาพของเมมเบรนโมดูลจากบริษัท Filmtec และ Osmonics (น้ำสังเคราะห์)	48
การทดลองที่4 ศึกษาประสิทธิภาพของเมมเบรนแบบแผ่นและเมมเบรนโมดูล (น้ำธรรมชาติ)	51
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	63
บทสรุป	63
ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม	66
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่าฟลักซ์ ในการทดลองกับเมมเบรนชนิดแผ่น	71
ภาคผนวก ข. คุณสมบัติของเมมเบรนชนิดแผ่นจากบริษัท DSS และเมมเบรนโมดูล จากบริษัท Filmtec	86
ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าฟลักซ์ และการวิเคราะห์ความเข้มข้น	88
ประวัติผู้เขียน	95

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	แร่ธาตุต่างๆที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ	3
2	ความเข้มข้นของสารหนูในสิ่งแวดล้อม	5
3	ข้อดีข้อเสียของเทคโนโลยีต่างๆที่ใช้ในการกำจัดสารหนู	13
4	ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อน	14
5	ระบบบำบัดใช้สำหรับป้องกันการเกิด Fouling ใน RO	23
6	ค่าความเข้มข้นของ Permeate (ppm) ซึ่งเก็บตัวอย่างเมื่อครบ 300 นาทีและ Rejection ของเมมเบรนแบบแผ่น 3 ชนิด (ความเข้มข้นของ Feed = 5 ppm)	35
7	ค่าความเข้มข้นของ Permeate (ppm) และRejection ของเมมเบรนแบบแผ่น 3 ชนิด (ความเข้มข้นของ Feed = 1.63 ppm)	39
8	ค่าความเข้มข้นของ Permeate (ppm) และ Rejection ของเมมเบรนแบบแผ่น 3 ชนิด (ความเข้มข้นของ Feed = 0.12 ppm)	43
9	ค่าความเข้มข้นของ Permeate (ppm) และ Rejection ของเมมเบรนแบบแผ่น 3 ชนิด (ความเข้มข้นของ Feed = 0.085 ppm)	46
10	ค่าอัตราการไหลในระบบ (Feed Rate ,Concentrate Rate and Permeate Rate)เปอร์เซ็นต์ Recovery ความเข้มข้นของ Permeate และเปอร์เซ็นต์การกักกันที่ความดันต่างๆ (Filmtec Membrane Module) Pump pressure : 15 kg/cm^2(213.35 psi)	48
11	ค่าอัตราการไหลในระบบ (Feed Rate ,Concentrate Rate and Permeate Rate) เปอร์เซ็นต์ Recovery ความเข้มข้นของ Permeate และเปอร์เซ็นต์การกักกันที่ความดันต่างๆ (Osmonics Membrane Module)	50
12	ค่าความเข้มข้นของ Permeat(ppm) และ Rejection ของเมมเบรนแบบแผ่นทั้ง 3 ชนิด(ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารหนูในน้ำธรรมชาติ Feed = 0.142ppm)	53

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
13	ค่าอัตราการไหลในระบบ (Feed Rate ,Concentrate Rate and Permeate Rate) เปอร์เซ็นต์ Recovery ความเข้มข้นของ Permeate และเปอร์เซ็นต์การกักกันที่ความดันต่างๆ (Filmtec Membrane Module) สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ : 0.142 ppm , Pump pressure : 15 kg/cm^2 (213.35 psi)	56
14	ค่าอัตราการไหลในระบบ (Feed Rate ,Concentrate Rate and Permeate Rate) เปอร์เซ็นต์ Recovery ความเข้มข้นของ Permeate และเปอร์เซ็นต์การกักกันที่ความดันต่างๆ สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ :0.142 ppm (Osmonics Membrane Module)	58
15	เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นเริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารหนูในเมมเบรนชนิดแผ่น 3 ชนิด (ที่ความดันเดียวกัน P = 500 psi)	60
16	เปรียบเทียบผลของความเข้มข้นเริ่มต้นต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารหนูในเมมเบรนชนิดแผ่น 3 ชนิด (ที่ความดันเดียวกัน P=600 psi)	61
ก1	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน CA ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 1.63 ppm	71
ก2	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน HR ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 1.63 ppm	72
ก3	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน NF ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 1.63 ppm	73
ก4	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน CA ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 5.00 ppm	74
ก5	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน HR ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 5.00 ppm	75
ก6	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน NF ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 5.00 ppm	76
ก7	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน CA ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.12 ppm	77
ก8	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน HR ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.12 ppm	78
ก9	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน NF ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.12 ppm	79
ก10	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน CA ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.085 ppm	80
ก11	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน HR ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.085 ppm	81

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก12	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรน NF ความเข้มข้นของสารตั้งต้น 0.085 ppm	82
ก13	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรนCA สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 0.142 ppm	83
ก14	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรนHR สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 0.142 ppm	84
ก15	ค่าฟลักซ์ในเมมเบรนNF สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 0.142 ppm	85
ค1	สารประกอบไฮไดรด์และจุดเดือดของธาตุบางชนิด	91
ค2	Working Ranges and Sensitivities- Vapor Generation	92

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	โมเลกุลและไอออนของ As(III) และ As(V)ในน้ำที่ pH ต่างๆ	4
2	อนุภาค /โมเลกุล ที่แยกโดยกระบวนการเมมเบรน	10
3	หลักการของออสโมซิสและรีเวอร์สออสโมซิส	15
4	เมมเบรนโมดูลแบบแผ่น	18
5	เมมเบรนโมดูลแบบท่อ	19
6	เมมเบรนโมดูลแบบม้วน	19
7	เมมเบรนโมดูลแบบเส้นใยกลวง	20
8	การเกิด Concentration Polarization	20
9	การป้อนสารละลายผ่านเมมเบรนแบบ Dead End และ Cross Flow	24
10	การดำเนินการในระบบกะ	25
11	การดำเนินการแบบต่อเนื่องและขั้นตอนเดียว	25
12	Membrane Test Cell และชุดอุปกรณ์ของเมมเบรนแบบแผ่น	28
13	Filmtec Membrane Module และอุปกรณ์การติดตั้งเมมเบรน	28
14	ชุดอุปกรณ์ Osmonics Membrane Module	28
15	แผนผังการทดลอง	30
16	อุปกรณ์การทดลองของ Membrane Test Cell	31
17	อุปกรณ์การทดลองกับเมมเบรนโมดูล	32
18	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน CA990PE (CA) (Feed Concentration :5 ppm)	33
19	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน HR98PP (HR) (Feed Concentration :5 ppm)	34
20	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน NF45PE (NF) (Feed Concentration :5 ppm)	34

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
21	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและ Rejection ของเมมเบรน CA HR และ NF (Feed Concentration :5 ppm)	35
22	ผลของความดันต่อประสิทธิภาพการแยกสำหรับCellulose Acetate Membraneชนิดต่างๆ (คำนวณด้วย Kimura – Sourirajan Analysis)	36
23	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน CA (Feed Concentration :1.63 ppm)	37
24	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน HR (Feed Concentration :1.63 ppm)	38
25	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน NF (Feed Concentration :1.63 ppm)	38
26	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและ Rejection ของเมมเบรน CA HR และ NF (Feed Concentration :1.63 ppm)	39
27	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน CA (Feed Concentration :0.12 ppm)	41
28	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน HR (Feed Concentration :0.12 ppm)	41
29	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน NF (Feed Concentration :0.12 ppm)	42
30	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและ Rejection ของเมมเบรน CA HR และ NF (Feed Concentration :0.12 ppm)	43
31	ภาพผิวหน้าของเมมเบรนทั้ง 3 ชนิดหลังใช้งานแล้ว	44
32	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน CA (Feed Concentration :0.085 ppm)	45

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
33	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน HR (Feed Concentration :0.085 ppm)	45
34	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรนNF (Feed Concentration :0.085 ppm)	46
35	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและ Rejection ของเมมเบรน CA HR และ NF (Feed Concentration :0.085 ppm)	47
36	ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับ Recovery และ Rejection (Filmtec Membrane Module , Feed concentration :0.085 ppm)	49
37	ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน กับ Recovery และ Rejection (Osmonics Membrane Module , Feed concentration :0.081 ppm)	50
38	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน CA (Natural Water :0.142 ppm)	51
39	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน HR (Natural Water :0.142 ppm)	52
40	ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์กับเวลาของเมมเบรน NF (Natural Water :0.142 ppm)	52
41	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและ Rejection ของเมมเบรน CA HR และ NF (สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ)	54
42	ภาพผิวหน้าของเมมเบรนทั้ง 3 ชนิดหลังใช้งานแล้ว (สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำจริง)	55
43	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับRecovery และ Rejection (Filmtec Membrane Module) สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ :0.142 ppm	56
44	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับRecovery และ Rejection (Osmonics Membrane Module) สารตั้งต้นจากแหล่งน้ำธรรมชาติ :0.142 ppm	59

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
45	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้นและเปอร์เซ็นต์การกักกันในเมมเบรนชนิดแผ่น (P =500 psi)	60
46	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเริ่มต้นและเปอร์เซ็นต์การกักกันในเมมเบรนชนิดแผ่น (P=600 psi)	61
ข1	คุณสมบัติของเมมเบรนแบบแผ่น จากบริษัท Danish Separation System	86
ข2	คุณสมบัติของเมมเบรนโมดูล จากบริษัท Filmtec	87
ค1	ระดับพลังงานของอะตอม โซเดียม ($_{11}Na^{23}$) ($1S^2$,$2S^2$, $2P^6$,$3S^1$)	89
ค2	Transition Diagram สำหรับ 1. อะตอมมิกแอบซอร์พชัน 2. อะตอมมิกอิมิสชัน 3. อะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์	90
ค3	ภาพตัดขวางของคบ ICP และ Load Coil เพื่อให้เห็นถึงการเกิด ICP Discharge	93