

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญจากราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ฐ
อักษรย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.2 ขอบเขตของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ เมมเบรนเทคโนโลยี	4
2.2 ทฤษฎี กระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส	10
2.2.1 แบบจำลองการแพร่ผ่านเมมเบรน	11
2.3 ชนิด และ ลักษณะสมบัติของเมมเบรน	15
2.4 รูปแบบ และ ข้อจำกัดของเมมเบรน	18
2.4.1 รูปแบบของเมมเบรน	18
2.4.2 ข้อจำกัดของเมมเบรน	23
2.5 ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย	25
2.6 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	27
2.6.1 เมมเบรนเทคโนโลยี กับกระบวนการบำบัดน้ำเสีย	27
2.6.2 เมมเบรนเทคโนโลยี กับกระบวนการผลิตน้ำสะอาด	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	32
3.1 แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา	32
3.2 การเตรียมน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	36

	3.3 การดำเนินการศึกษา	38
	3.3.1 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ของ กระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปกันหอย	38
	3.3.2 การศึกษาถึงผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อ ประสิทธิภาพการกำจัด และค่าคงที่สำหรับการเคลื่อนที่ของ ตัวทำละลาย (น้ำ)	41
	3.3.3 การศึกษาหาค่าคงที่ สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย (สารอินทรีย์)	43
	3.3.4 การศึกษาผลจากการปฏิบัติการ ที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน	44
บทที่ 4	ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา	45
	4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์ส ออสโมซิส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปกันหอย	45
	4.1.1 การกำจัด ซีไอดี	45
	4.1.2 การกำจัด ของแข็ง	52
	4.1.3 การกำจัด สี	57
	4.1.4 การกำจัด ฟอสฟอรัสรวม	58
	4.1.5 การกำจัด สารประกอบไนโตรเจน	60
	4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์ส ออสโมซิส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปกันหอย	66
	4.2.1 การกำจัด คลอไรด์	66
	4.2.2 การลด ค่าความเป็นด่างรวม	68
	4.2.3 การกำจัด ความกระด้างรวม	71
	4.3 ผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด สารประกอบอินทรีย์	76
	4.3.1 ค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ)	81
	4.4 ค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย	85
	4.5 ผลการศึกษาการเดินระบบปฏิบัติการ ที่มีช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน	94

	100
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	100
5.1 สรุปผลการศึกษา	106
5.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	107
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก ก. ข้อมูลผลการศึกษา ประสิทธิภาพการกำจัดการประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปก้นหอย	109
ภาคผนวก ข. ข้อมูลผลการศึกษา ประสิทธิภาพการกำจัดการประกอบอินทรีย์ ของกระบวนการรีเวอร์สออสโมซิส กับเมมเบรนแบบม้วนรูปก้นหอย	138
ภาคผนวก ค. ข้อมูลผลการศึกษา ผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อ ประสิทธิภาพการกำจัดการประกอบอินทรีย์ และข้อมูลผลการศึกษา หาค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ของตัวทำละลาย (น้ำ)	149
ภาคผนวก ง. ข้อมูลผลการศึกษา หาค่าคงที่ของเมมเบรน สำหรับการเคลื่อนที่ ของตัวถูกละลาย	154
ภาคผนวก จ. ข้อมูลผลการศึกษา การเดินระบบปฏิบัติการที่มีช่วงระยะเวลายาวนาน	163
ภาคผนวก ฉ. การเปลี่ยนรูปสมการให้อยู่ในรูปหน่วยวัดมาตรฐาน	170
ประวัติผู้เขียน	172

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
2.1	เปรียบเทียบกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้เมมเบรนในการแยกอนุภาค	5
2.2	การนำกระบวนการใช้เมมเบรนไปประยุกต์ใช้งาน	9
2.3	ประเภทของเมมเบรน กรรมวิธีการผลิต และกระบวนการที่ใช้เมมเบรนแต่ละประเภท	17
2.4	โพลีเมอร์บางรูปที่นำมาผลิตเป็นเมมเบรน ชนิดที่ปราศจากองค์ประกอบที่เป็นเซลล์ลูลอส	18
2.5	เปรียบเทียบลักษณะสมบัติ ข้อดี และข้อด้อย ของเมมเบรนแต่ละชนิด	21
2.6	ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยของสถานที่ฝังกลบมูลฝอยใหม่และเก่า	26
3.1	รายละเอียดแบบจำลอง OSMO 12E ECONOPURES และเมมเบรน	32
3.2	ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครเชียงใหม่ ช่วงเดือน กรกฎาคม 2541 ถึง สิงหาคม 2541 โดยเก็บตัวอย่างแบบเฉพาะจำนวน 6 ตัวอย่าง	37
3.3	รายละเอียด เงื่อนไขการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบอินทรีย์	38
3.4	พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์	39
4.1	ค่า ซีไอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 40 ปอนด์/ตร.นิ้ว	46
4.2	ค่า ซีไอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 80 ปอนด์/ตร.นิ้ว	47
4.3	ค่า ซีไอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 120 ปอนด์/ตร.นิ้ว	48
4.4	ค่า ซีไอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และประสิทธิภาพการกำจัด ที่ความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว	49
4.5	ประสิทธิภาพการกำจัด ซีไอดี ที่ค่าความดันควบคุม 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว	76

4.6	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ 10 ถึง 160 ปอนด์/ตร.นิ้ว ที่ปรับแก้แล้ว	81
4.7	ค่าคงที่ (A) สำหรับการเคลื่อนที่ ของตัวทำละลาย (น้ำ)	84
4.8	ค่า ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น และ น้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ที่ช่วงเวลาต่าง ๆ	86
4.9	ค่าคงที่ (B) สำหรับการเคลื่อนที่ ของตัวถูกละลาย	87
4.10	ค่าความเข้มข้น ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น และในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน ในช่วงเวลาต่าง ๆ	93
4.11	อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน และร้อยละการกำจัด ซีโอดี ของแข็งละลาย น้ำ และของแข็งแขวนลอย ในการเดินระบบปฏิบัติการ ช่วงระยะเวลายาวนาน	95

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	8
2.2	10
2.3	22
3.1 (ก)	33
3.1 (ข)	34
3.2	35
3.3	36
3.4	40
3.5	42
4.1	51
4.2	54
4.3	54
4.4	56
4.5	60
4.6	62
4.7	64
4.8	68

4.9	เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการลดค่า ความเป็นต่างรวม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ	70
4.10	เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ความกระด้างแคลเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ	73
4.11	เปรียบเทียบแนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัด ความกระด้างแมกนีเซียม ที่ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการต่าง ๆ	75
4.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ซีโอดี	77
4.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ	79
4.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการลด ค่าการนำไฟฟ้า	79
4.15	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด ของแข็งแขวนลอย	80
4.16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุม กับอัตราการผลิตน้ำแปรผ่านเมมเบรน กรณีน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่ำ	82
4.17	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันควบคุมระบบปฏิบัติการ กับ อัตราการผลิตน้ำแปรผ่านเมมเบรนที่ปรับแก้แล้ว ของน้ำชะมูลฝอยตัวอย่างความเข้มข้นต่าง ๆ	84
4.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเข้มข้น ซีโอดี ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับค่าความเข้มข้น ซีโอดี ในน้ำแปรผ่านเมมเบรน	86
4.19	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับปริมาณของแข็งละลายน้ำ ในน้ำแปรผ่านเมมเบรน	88
4.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม ในน้ำแปรผ่านเมมเบรน	88
4.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำแปรผ่านเมมเบรน	89
4.22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน ในน้ำแปรผ่านเมมเบรน	89

4.23	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณคลอไรด์ ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ปริมาณคลอไรด์ ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	90
4.24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเป็นค่ารวม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความเป็นค่ารวม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	90
4.25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความกระด้างแคลเซียม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความกระด้างแคลเซียม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	91
4.26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความกระด้างแมกนีเซียม ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าความกระด้างแมกนีเซียม ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	91
4.27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำตัวอย่างเข้มข้น กับ ค่าการนำไฟฟ้า ในน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	92
4.28	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ กับ ประสิทธิภาพการกำจัด	94
4.29	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาเดินระบบปฏิบัติการ กับ อัตราการผลิตน้ำแพร่ผ่านเมมเบรน	99

มหาวิทยาลัย
Chiang Mai

อักษรย่อ

ด.	ลิตร
ม.	เมตร
๐.ช	องศาเซลเซียส
ชม.	ชั่วโมง
ชม.	เซนติเมตร
มม.	มิลลิเมตร
คร.ม.	ตารางเมตร
คร.ฟ.	ตารางฟุต
คร.ม./ลบ.ม.	ตารางเมตรต่อลูกบาศก์เมตร
ปอนด์/ตร.นิ้ว	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
ม./วินาที	เมตรต่อวินาที
ชม./วัน	ชั่วโมงต่อวัน
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มก./ล.แคลเซียมคาร์บอเนต	มิลลิกรัมต่อลิตรแคลเซียมคาร์บอเนต
มล./คร.ม.-ชม.	มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง
ล./กก.-ชม.	ลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง
ล./นาที่	ลิตรต่อนาที
ล./ชม.	ลิตรต่อชั่วโมง
ล./วัน	ลิตรต่อวัน
ล./คร.ม.-ชม.	ลิตรต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง
ล./ลบ.ม.-ชม.	ลิตรต่อลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

psi	Pound per square inches
hrs	Hours
hrs/day	Hours per day
l/kg-hr	Litre per kilogram per hour
mg/l	Milligram per litre
mg/l as CaCO ₃	Milligram per litre as calcium carbonate
ml/m ² -hr	Millilitre per square metres per hour
mS/cm	Millisiemens per centimetre

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University