

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 สารอินทรีย์ธรรมชาติ	4
2.1.1 แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ธรรมชาติ	4
2.1.2 คีชีนิตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ	5
2.1.3 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ธรรมชาติ	8
2.1.4 การแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ธรรมชาติ	10
2.1.5 ผลกระทบของสารอินทรีย์ธรรมชาติ	11
2.1.6 กระบวนการในการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติ	17
2.2 กระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกาศ	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน	19
2.3 ปฏิริยาไนตริฟิเคชัน	22
2.4 ปฏิริยาดีไนตริฟิเคชัน	23
2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิริยาดีไนตริฟิเคชัน	24
2.5 แผ่นเยื่อสำหรับบำบัดน้ำเสีย	25
2.5.1 กระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน	26
2.5.2 ระบบการกรองของเยื่อกรองเมมเบรน	26
2.5.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน	28
2.5.4 ลักษณะทั่วไปของถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน	28
2.5.5 ส่วนประกอบของถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน	30
2.6 การควบคุมระบบปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน	31
2.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเมมเบรน	34
2.8 ข้อดีของกระบวนการเมมเบรนในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ	35
2.9 ตัวแปรควบคุม	37
2.10 สมการการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบ	38
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	40
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	44
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	44
3.2 น้ำตัวอย่างและการเก็บรักษา	45
3.3 รูปแบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ทดลอง	46
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	48
3.5 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์	51
3.6 จุดเก็บตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	52
3.7 ขั้นตอนการวัดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์สเปคโตรสโคปี (FEEM)	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8 ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการก่อตัวของสารกลุ่ม ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes formation potential, THMFPs)	53
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	55
4.1 ลักษณะของน้ำเสีย	55
4.2 ค่าพีเอชและสภาพต่าง	56
4.3 อุณหภูมิและออกซิเจนละลาย	61
4.4 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย	66
4.5 ค่าซีไอดีและการ์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	68
4.6 ค่าไนโตรเจน	73
4.7 ฟลูออเรสเซนซ์สเปคโตรสโคปี	75
4.8 การก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน	81
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทน การ์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ	90
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 สรุปผลการทดลอง	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลอง	103
ภาคผนวก ข Calibration curve	167
ภาคผนวก ค การคำนวณ	169

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง การศึกษาฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรสโคปี (FEEM)	170
ภาคผนวก จ conditions ต่างๆ ของเครื่อง Gas chromatography	173
ประวัติผู้เขียน	174



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของสารอินทรีย์ธรรมชาติในแหล่งน้ำทั่วไป	8
ตารางที่ 2.2 ชื่อ สูตรโมเลกุลและ โครงสร้างของสารประกอบไตรฮาโลมีเทน	12
ตารางที่ 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสารไตรฮาโลมีเทน	13
ตารางที่ 2.4 ความเป็นพิษของสารไตรฮาโลมีเทน	14
ตารางที่ 2.5 ชื่อ สูตรโมเลกุลและ โครงสร้างของสารฮาโลอะซิโตนไครด์	15
ตารางที่ 2.6 ปริมาณ LD50 ของสารฮาโลอะซิโตนไครด์ในหนู	16
ตารางที่ 2.7 แสดงอายุสัตว์ที่ช่วงเวลาการทำงานต่างๆ	34
ตารางที่ 2.8 สภาวะการเดินระบบในการทดลองของ Yoon และคณะ	42
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์	51
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดในการเก็บตัวอย่างและความถี่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	52
ตารางที่ 3.3 conditions ของ spectroflurometer	53
ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำเสียที่ใช้ทดลอง	56
ตารางที่ 4.2 ค่าพีเอชเฉลี่ยในส่วนต่างๆของทุกการทดลอง	59
ตารางที่ 4.3 ค่าสภาพด่างเฉลี่ยในส่วนต่างๆของทุกการทดลอง	60
ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิในส่วนต่างๆของทุกการทดลอง	64
ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณออกซิเจนละลายเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์	65
ตารางที่ 4.6 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยในถังปฏิกรณ์ในช่วงสภาวะสมดุล	66
ตารางที่ 4.7 อัตราส่วน MLVSS/MLSS ในช่วงสภาวะสมดุลในถังปฏิกรณ์	67
ตารางที่ 4.8 ค่าของซีไอเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล	69
ตารางที่ 4.9 ค่าของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล	72

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.10 ค่าไนโตรเจนรวมเฉลี่ยของระบบในช่วงสภาวะสมดุล	74
ตารางที่ 4.11 การก่อกัวของสารไตรฮาโลมีเทนของทุุกๆการทดลอง	81
ตาราง ก-1 ค่าพีเอช (pH) การทดลองที่ SRT= 10 วัน	103
ตาราง ก-2 ค่าพีเอช (pH) การทดลองที่ SRT= 20 วัน	106
ตาราง ก-3 ค่าพีเอช (pH) การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	109
ตาราง ก-4 ค่าอุณหภูมิการทดลองที่ SRT= 10 วัน	113
ตาราง ก-5 ค่าอุณหภูมิการทดลองที่ SRT= 20วัน	117
ตาราง ก-6 ค่าอุณหภูมิการทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	120
ตาราง ก-7 ค่าสภาพด่าง (Alkalinity) ที่การทดลอง SRT= 10 วัน	123
ตาราง ก-8 ค่าสภาพด่าง (Alkalinity) ที่การทดลอง SRT= 20 วัน	125
ตาราง ก-9 ค่าสภาพด่าง (Alkalinity) ที่การทดลอง SRT= ระยะอนันต์	126
ตาราง ก-10 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ที่การทดลอง SRT= 10 วัน	127
ตาราง ก-11 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ที่การทดลอง SRT= 20 วัน	129
ตาราง ก-12 ค่าออกซิเจนละลาย (DO) ที่การทดลอง SRT= ระยะอนันต์	130
ตาราง ก-13 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (MLSS) ที่การทดลอง SRT= 10 วัน	131
ตาราง ก-14 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (MLSS) ที่การทดลอง SRT= 20 วัน	132
ตาราง ก-15 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (MLSS) ที่การทดลอง SRT= ระยะอนันต์	135
ตาราง ก-16 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหย (MLVSS) ที่การทดลอง SRT= 10 วัน	137
ตาราง ก-17 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหย (MLVSS) ที่การทดลอง SRT= 20 วัน	139
ตาราง ก-18 ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยระเหย (MLVSS) ที่การทดลอง SRT= ระยะอนันต์	141
ตาราง ก-19 ค่าปริมาณซีไอดี (COD)การทดลองที่ SRT= 10 วัน	143
ตาราง ก-20 ค่าปริมาณซีไอดี (COD) การทดลองที่ SRT= 20 วัน	145
ตาราง ก-21 ค่าปริมาณซีไอดี (COD) การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	146

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตาราง ก-22 ค่าปริมาณดีไอซี (DOC) การทดลองที่ SRT= 10 วัน	147
ตาราง ก-23 ค่าปริมาณดีไอซี (DOC) การทดลองที่ SRT= 20 วัน	148
ตาราง ก-24 ค่าปริมาณดีไอซี (DOC) การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	149
ตาราง ก-25 ค่าปริมาณทีเคเอ็น (TKN) การทดลองที่ SRT= 10 วัน	150
ตาราง ก-26 ค่าปริมาณทีเคเอ็น (TKN) การทดลองที่ SRT= 20 วัน	152
ตาราง ก-27 ค่าปริมาณทีเคเอ็น (TKN) การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	153
ตาราง ก-28 ค่าปริมาณแอมโมเนีย (NH ₃) การทดลองที่ SRT= 10 วัน	154
ตาราง ก-29 ค่าปริมาณแอมโมเนีย (NH ₃) การทดลองที่ SRT= 20 วัน	156
ตาราง ก-30 ค่าปริมาณแอมโมเนีย (NH ₃) การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	157
ตาราง ก-31 ค่าปริมาณไนไตรท์ การทดลองที่ SRT= 10 วัน	158
ตาราง ก-32 ค่าปริมาณไนไตรท์ การทดลองที่ SRT= 20 วัน	160
ตาราง ก-33 ค่าปริมาณไนไตรท์ การทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	161
ตาราง ก-34 ค่าปริมาณไนเตรทการทดลองที่ SRT= 10 วัน	162
ตาราง ก-35 ค่าปริมาณไนเตรท การทดลองที่ SRT= 20 วัน	164
ตาราง ก-36 ค่าปริมาณไนเตรทการทดลองที่ SRT= ระยะอนันต์	165
ตาราง ก-37 ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสีย	166
ตาราง ก-38 ค่าฟอสฟอรัสรวม (TP) ของน้ำเสีย	166
ตาราง ก-39 conditions ต่างๆ ของเครื่อง Gas chromatography	173

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 2.1	ช่วงค่าต่างๆ ของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในแหล่งน้ำธรรมชาติ	6
รูปที่ 2.2	องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำผิวดิน	9
รูปที่ 2.3	องค์ประกอบของสารอินทรีย์ทั่วไปที่มี DOC 5 mg/l	10
รูปที่ 2.4	ชนิดของแผ่นเยื่อแยกตามขนาด	25
รูปที่ 2.5	การกรองแบบไหลผ่านแผ่นเยื่อ และแบบไหลขนานแผ่นเยื่อ	27
รูปที่ 2.6	ชนิดของแผ่นเยื่อแยกตามลักษณะ	27
รูปที่ 2.7	แสดงประเภทของเมมเบรนที่มีการใช้งาน	30
รูปที่ 2.8	การทดลองของ Ueda and Hata	41
รูปที่ 2.9	การทดลองของ Yoon et al.	42
รูปที่ 3.1	เมมเบรนที่ใช้ในการทดลอง	44
รูปที่ 3.2	จุดเก็บน้ำเสียก่อนเข้าถังเติมอากาศของระบบแอกทีเวเต็ดสลัดจ์	46
รูปที่ 3.3	แบบจำลองระบบ Anoxic-Oxic MBR	46
รูปที่ 3.4	แบบจำลองระบบ Oxic MBR	47
รูปที่ 3.5	การทดลองระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน (ก)	47
รูปที่ 3.6	การทดลองระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน (ข)	48
รูปที่ 3.7	การทดลองระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพเมมเบรน (ค)	48
รูปที่ 3.8	แผนผังการทดลอง	50
รูปที่ 4.1	ค่าพีเอชถังปฏิกรณ์แอนน็อกซิก-ออกซิก 1	57
รูปที่ 4.2	ค่าพีเอชของถังปฏิกรณ์ออกซิก 2	58
รูปที่ 4.3	ค่าสภาพต่างในถังต่างๆ	60
รูปที่ 4.4	อุณหภูมิของถังปฏิกรณ์แอนน็อกซิก-ออกซิก 1	62
รูปที่ 4.5	อุณหภูมิของถังปฏิกรณ์ออกซิก 2	63
รูปที่ 4.6	ปริมาณออกซิเจนละลายในถังของทุกการทดลอง	65

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.7	ค่า MLSS ของแต่ละถัง	67
รูปที่ 4.8	ค่าซีโอดีก่อนเข้าถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และหลังออกจากถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1	68
รูปที่ 4.9	ค่าซีโอดีก่อนเข้าถังออกซิก 2 และหลังออกจากถังออกซิก 2	69
รูปที่ 4.10	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2	70
รูปที่ 4.11	ค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำเข้าถังกับน้ำออกจากถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1	71
รูปที่ 4.12	ค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำเข้าถังกับน้ำออกจากถังออกซิก 2	71
รูปที่ 4.13	ประสิทธิภาพการกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำของถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2	72
รูปที่ 4.14	ค่าไนโตรเจนรวมของน้ำเข้ากับน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1	73
รูปที่ 4.15	ค่าไนโตรเจนรวมของน้ำเข้ากับน้ำออกถัง ออกซิก 2	74
รูปที่ 4.16	ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 และถังออกซิก 2	75
รูปที่ 4.17	ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT=10 วัน	76
รูปที่ 4.18	ค่า FEEM ของน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 ที่ SRT=10 วัน	76
รูปที่ 4.19	ค่า FEEM ของน้ำออกถังออกซิก 2 ที่ SRT=10 วัน	77
รูปที่ 4.20	ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT=20 วัน	77
รูปที่ 4.21	ค่า FEEM ของน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 ที่ SRT=20 วัน	78
รูปที่ 4.22	ค่า FEEM ของน้ำออกถังออกซิก 2 ที่ SRT=20 วัน	78
รูปที่ 4.23	ค่า FEEM ของน้ำก่อนเข้าถัง ที่ SRT=ระยะอนันต์	79
รูปที่ 4.24	ค่า FEEM ของน้ำออกถังแอนน็อกซิก-ออกซิก 1 ที่ SRT=ระยะอนันต์	79
รูปที่ 4.25	ค่า FEEM ของน้ำออกถังออกซิก 2 ที่ SRT=ระยะอนันต์	80
รูปที่ 4.26	การก่อตัวของ THMFPS ที่ SRT= 10 วัน	82

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 4.27	การก่อดัวของ THMFPS ที่ SRT= 20 วัน	83
รูปที่ 4.28	การก่อดัวของ THMFPS ที่ SRT=ระยะอนันต์	84
รูปที่ 4.29	สัดส่วนของสารประกอบ THMFPS ที่ SRT= 10 วัน	85
รูปที่ 4.30	สัดส่วนของสารประกอบ THMFPS ที่ SRT= 20 วัน	85
รูปที่ 4.31	สัดส่วนของสารประกอบ THMFPS ที่ SRT= ระยะอนันต์	86
รูปที่ 4.32	การก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPS) ที่ SRT= 10 วัน	87
รูปที่ 4.33	การก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPS) ที่ SRT= 20 วัน	88
รูปที่ 4.34	การก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนจำเพาะ (STHMFPS) ที่ SRT= ระยะอนันต์	89
รูปที่ 4.35	อัตราส่วนการลดลงโอกาสการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนต่อปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ	90
รูปที่ 4.36	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMFPS	91
รูปที่ ง-1	ข้อมูลผลของ FEEM ในรูปแบบ ASCII (*.TXT)	170
รูปที่ ง-2	ข้อมูลของความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ Excitation และ Emission ต่างๆ เมื่อนำเข้าสู่โปรแกรม Excel	171
รูปที่ ง-3	ค่าของ FEEM ในรูปแบบสามมิติ	171
รูปที่ ง-4	ค่าของ FEEM ในรูปแบบคอนทัวร์	172

อักษรย่อและสัญลักษณ์

BAN	Bromoacetonitrile
BCAN	Bromochloroacetonitrile
BDCM	Bromodichloromethane
BF	Bromoform
BOD	Biological Oxygen Demand
CAN	Monochloroacetonitrile
CF	Chloroform
COD	Chemical Oxygen Demand
DBAN	Dibromoacetonitrile
DBCM	Dibromochloromethane
DBPs	Disinfection by- Products
DCAN	Dichloroacetonitrile

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

DOC Dissolved Organic Carbon

DOM Dissolved Organic Matter

DON Dissolved Organic Nitrogen

FEEM Fluorescence excitation-emission matrices

F/M Food to Microorganism ratio

HA Humic Acids

HIA Humic Acids

HIB Hydrophilic Bases

HIN Hydrophilic Neutrals

HOA Hydrophobic Acids

HON Hydrophobic Neutrals

HANs Haloacetonitriles

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

HRT Hydraulic Retention Time

IAN Iodoacetonitrile

LD50 lethal dose 50%

MBR Membrane Bioreactor

MF Microfiltration Membrane

MLSS Mixed Liquor Suspended Solids

MLVSS Mixed Liquor Volatile Suspended Solids

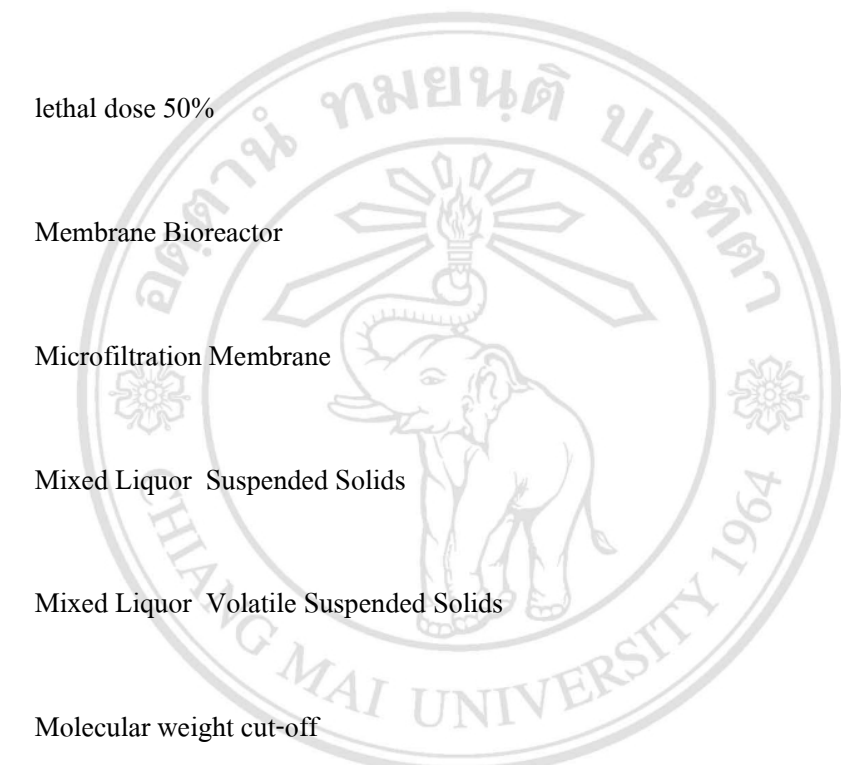
MWCO Molecular weight cut-off

NOM Natural Organic Matter

NTU Nephelometric Turbidity Units

PAC Powdered Activated Carbon

PE Polyethylene



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อักษรย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

PES	Polyethersulfone
PS	Polysulphone
PVDF	Polyvinylidene fluoride
SRT	Solid Retention Time
SUVA	Specific Ultraviolet Absorption
TCAN	Trichloroacetonitrile
THMs	Trihalomethanes
TMP	Transmembrane Pressure
TOC	Total Organic Carbon
UF	Ultrafiltration Membrane
UV-254	Ultraviolet absorbance at Wavelength 254 nm