สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบาญ	(6)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพประกอบ	(11)
ตัวย่อและสัญลักษณ์	(14)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
1. กระบวนการผลิตและน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น	3
2. ทฤษฎีและหลักการ	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
วัตถุประสงค์	27
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	28
2 วิธีการวิจัย	29
1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น และการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบันของโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา	29
2. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำเสียรวม น้ำซึรั่มและน้ำล้างเครื่องปั่นแยกโรงงานบริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	29
3. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเทและแบบต่อเนื่อง	30
3.1 การศึกษา F/M ratio ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	30
3.2 การศึกษา HRT ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	32

สารบาญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 การศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟตที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	32
	3.4 การศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	32
	3.5 การศึกษา HRT ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง	33
3	ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	39
	1. ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตน้ำยางข้น และการบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในปัจจุบันของโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา	39
	2. ผลการศึกษาองค์ประกอบของน้ำเสียรวม น้ำซีรั่มและน้ำล้างเครื่องปั่นแยก บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	47
	3. ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเทและแบบต่อเนื่อง	48
	3.1 ผลการศึกษา F/M ratio ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	48
	3.2 ผลการศึกษา HRT ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	58
	3.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟตที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	63
	3.4 ผลการศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมที่มีผลต่อการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่งแบบทีละเท	69
	3.5 ผลการศึกษา HRT ที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง	72
4	บทสรุปและข้อแนะนำ	82
	บทสรุป	82
	ข้อเสนอแนะ	83

สารบาญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก. วิธีควบคุมการทำงานระบบตะกอนเร่งแบบทีละเทและแบบต่อเนื่อง	93
ภาคผนวก ข. วิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย น้ำทิ้ง	99
ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม SPSS for window	112
ประวัติผู้เขียน	122

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบต่างๆของน้ำยางสดโดยปริมาตร	4
2	สูตรคำนวณทั่วไปสำหรับการออกแบบและควบคุมดำเนินการระบบตะกอนเร่ง	16
3	ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆของระบบตะกอนเร่ง	17
4	ค่าการออกแบบระบบตะกอนเร่งรูปแบบต่างๆ	17
5	จุลชีพชนิดเส้นที่ก่อให้เกิดสลัดจ์อืด และสาเหตุของการเกิดสลัดจ์อืด	23
6	สาเหตุและผลของปัญหาที่เกิดขึ้นในการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง	24
7	แสดงพารามิเตอร์ที่ควบคุมระบบต่อเนื่อง ที่ HRT เท่ากับ 1 วัน	37
8	แสดงปริมาณผลผลิตและน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของกลุ่มโรงงาน 9 โรงที่ศึกษา	42
9	แสดงสมบัติของน้ำเสียและน้ำทิ้งโรงงานยางที่ตรวจสอบ	42
10	แสดงรายละเอียดการจัดการน้ำเสียกลุ่มโรงงานยาง 9 โรงที่ศึกษา	46
11	คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียรวมที่ผ่านบ่อดักยาง (N=14)	47
12	คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำล้างเครื่องปั่นแยกและน้ำล้างต่างๆ (N=14)	47
13	คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำซีรั่ม (N=14)	48
14	แสดงผลของ F/M ratio ต่อค่า BOD_5COD (เฉลี่ย N=15) ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ HRT 4 ชั่วโมง	48
15	แสดงผลของ F/M ratio ต่อค่า BOD_5COD (เฉลี่ย N=15) ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ HRT 6 ชั่วโมง	50
16	แสดงผลของ F/M ratio ต่อค่า BOD_5COD (เฉลี่ย N=15) ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ HRT 8 ชั่วโมง	51
17	แสดงผลของ F/M ratio ต่อค่า BOD_5COD (เฉลี่ย N=15) ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ HRT 10 ชั่วโมง	53
18	แสดงผลของ HRT ต่อค่า BOD_5 COD ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 12 ชั่วโมง	58

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	แสดงผลของ HRT ต่อค่า BOD_5 COD ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัด ที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 15 ชั่วโมง	59
20	แสดงผลของ HRT ต่อค่า BOD_5 COD ของน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 24 ชั่วโมง	59
21	แสดงระยะเวลากักเก็บที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น ด้วยระบบตะกอนเร่ง ที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$	60
22	แสดงผลของความเข้มข้นของซัลเฟต (SO_4^{2-}) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 และ COD ในน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบตะกอนเร่ง	64
23	ค่าความเข้มข้นเกลือซัลเฟตในปริมาณจำกัดที่มีผลกระทบต่อการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง	67
24	Effect of increasing salt content on the elimination of organic substrates on nitrification in activated sludges from the petroleum industry	68
25	แสดงผลของความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca^{2+}) ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 และ COD ในน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบตะกอนเร่ง	69
26	แสดงความเข้มข้นสูงสุดของคลอไรด์อิออนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง	71
27	แสดงประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 และ COD ในระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง ที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 1 วัน	73
28	แสดงประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 และ COD ในระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่อง ที่ F/M ratio = 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 2 วัน	75
29	พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการระบบตะกอนเร่ง	78
30	แสดงการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของอัตราการโหลดสารอินทรีย์เข้าระบบตะกอนเร่ง	81
31	แสดงช่วงการทำงานของรูปแบบต่างๆ ตามค่า F/M ratio โดยวัดค่าอาหารในรูป BOD_5 COD และ TOC	94
32	อัตราการสูบตะกอนกลับของกระบวนการแบบต่างๆ	97
33	บีโอดีที่วัดได้กับอัตราการเจือจางต่างๆ	101

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	น้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	7
2	รูปแบบทั่วไปของระบบตะกอนเร่ง	9
3	การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Pure culture) ในถังปฏิกรณ์แบบทีละเท	11
4	จุลชีพชนิดต่างๆในระบบตะกอนเร่ง ณ สภาวะต่างๆ	14
5	ชุดอุปกรณ์ถังปฏิกรณ์ แบบทีละเท	31
6	แบบโครงสร้างถังปฏิกรณ์แบบไหลต่อเนื่องของกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง	35
7	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแบบไหลต่อเนื่องของกระบวนการบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง	38
8	แสดงการผลิตน้ำยางข้นและน้ำที่เกิดจากกระบวนการปั่นแยก	40
9	แสดงการผลิตยางสกิมเครฟและน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตยางสกิมเครฟ	41
10	แสดงการบำบัดน้ำเสีย บริษัท เฟลเท็กซ์ จำกัด อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	45
11	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 4 ชั่วโมง	49
12	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 4 ชั่วโมง	49
13	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 6 ชั่วโมง	50
14	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 6 ชั่วโมง	51
15	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 8 ชั่วโมง	52
16	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 8 ชั่วโมง	52
17	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 10 ชั่วโมง	53

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
18	ผลของ F/M ratio ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ HRT 10 ชั่วโมง	54
19	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 10 ชั่วโมง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-580 LV, JEOL) กำลังขยาย x 5,000 เท่า	55
20	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 10 ชั่วโมง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-580 LV, JEOL) กำลังขยาย x 10,000 เท่า	55
21	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ที่ F/M ratio 0.6 วัน$^{-1}$ HRT 10 ชั่วโมง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-580 LV, JEOL) กำลังขยาย x 5,000 เท่า	56
22	Flocculation and setting characteristics of activated sludge as related to organic loading	57
23	ผลของ HRT ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$	61
24	ผลของ HRT ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$	62
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับความเข้มข้นของซัลเฟตในน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	64
26	ผลของความเข้มข้นซัลเฟตที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่ง	65
27	ผลของความเข้มข้นซัลเฟตที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่ง	66
28	ผลของความเข้มข้นแคลเซียมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด COD ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่ง	70
29	ผลของความเข้มข้นแคลเซียมที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นระบบตะกอนเร่ง	71

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
30	ความสัมพันธ์ระหว่าง BOD_5:COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้น	73
31	ผลของ HRT ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 1 วัน	75
32	ผลของ HRT ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 1 วัน	75
33	ผลของ HRT ต่อการกำจัด COD ของระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 2 วัน	77
34	ผลของ HRT ต่อการกำจัด BOD_5 ของระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 2 วัน	77
35	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 2 วัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-580 LV, JEOL) กำลังขยาย x 2,000 เท่า	78
36	ลักษณะเชื้อจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์ระบบตะกอนเร่งแบบต่อเนื่องที่ F/M ratio 0.4 วัน$^{-1}$ HRT 2 วัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-580 LV, JEOL) กำลังขยาย x 5,000 เท่า	79
37	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด COD ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$, HRT 1-2 วัน	80
38	แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 ที่ F/M ratio เท่ากับ 0.4 วัน$^{-1}$, HRT 1-2 วัน	80
39	แสดงความแตกต่างของ BOD_5 loading ที่ HRT 1 และ 2 วัน	81
40	สมดุลมวลจุลชีพในกระบวนการตะกอนเร่ง	98

ตัวย่อและสัญลักษณ์

BOD_5	= (Biochemical oxygen demand) หมายถึงปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส
COD	= (Chemical oxygen demand) หมายถึงปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด
F/M ratio	= อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (food to microorganism)
HRT	= ระยะเวลากักเก็บ (Hydraulic retention time)
mg/l	= มิลลิกรัมต่อลิตร
$kgBOD_5.m^{-3}.d^{-1}$	= กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
%	= เปอร์เซ็นต์
pH	= ความเป็นกรด-ด่าง