สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(7)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางภาคผนวก	(11)
รายการภาพประกอบ	(13)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(17)
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.3 วัตถุประสงค์	34
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	34
1.5 ขอบเขตการวิจัย	35
2 วิธีการวิจัย	36
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	36
2.1.1 การศึกษาคุณสมบัติความเป็นด่างของเถ้าไม้ยางพารา (Ash)	36
2.1.2 การศึกษาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ Ash ต่อการปรับพีเอชของน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	36
2.1.3 การศึกษาลักษณะน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น	37
2.1.4 การเริ่มต้นระบบ (Start-up)	37
2.1.5 การศึกษาก๊าซชีวภาพ	38
2.1.6 ระบบบำบัดน้ำเสีย ABR จำลองในห้องปฏิบัติการ	40
2.1.7 ลักษณะการทำงานของระบบ ABR ทั้ง 2 ชุดการทดลอง	43
2.1.8 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้ NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	44
2.1.9 ความถี่การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเข้าระบบและน้ำทิ้งจากระบบบำบัด ABR	44
2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 วัสดุ	45
2.2 อุปกรณ์	46
3 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	48
3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติความเป็นด่างของเถ้าไม้ยางพารา (Ash)	48
3.2 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	48
3.3 ผลการศึกษาปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และเถ้าไม้ยางพารา (Ash) ต่อการปรับพีเอชของน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	49
3.4 ผลการทดลองของระบบบำบัด ABR	50
3.4.1 การเริ่มเลี้ยงจุลินทรีย์ในระยะเริ่มต้นระบบ (Start-up)	50
3.4.2 ผลการทดลอง การบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ที่ปรับพีเอชน้ำเสียด้วย NaOH (ABR-NaOH) และ Ash (ABR-Ash)	55
3.4.2.1 ระยะการทดลองที่ 1 การเดินระบบ ABR ภายใต้ระยะเวลาการกักเก็บ (Hydraulic Retention Time ; HRT) ต่างๆ	55
3.4.2.2 ระยะการทดลองที่ 2 สูบกลับน้ำทิ้ง (Effluent Recycle)	93
3.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ABR กับงานวิจัยอื่นๆ และการนำระบบ ABR ไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	126
3.6 การเปรียบเทียบค่าสารเคมีปรับพีเอชระหว่าง NaOH และ Ash ในการปรับพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	128
4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	130
4.1 บทสรุป	130
4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเพิ่มเติม	132
บรรณานุกรม	134
ภาคผนวก	145
ประวัติผู้เขียน	172

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้น	6
1-2	องค์ประกอบของเถ้าไม้ยางพารา	23
1-3	แอมโมเนียไนโตรเจนที่มีผลต่อระบบบำบัดไร้อากาศ	26
1-4	ข้อดีข้อเสียของระบบบำบัด ABR	28
1-5	ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของการสูบกลับน้ำทิ้ง	29
1-6	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดของระบบ ABR	30
1-7	การศึกษาบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการทางชีวภาพแบบไร้อากาศ ABR และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
2-1	พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย	37
2-2	ลักษณะการทำงานของระบบ ABR ของระยะการทดลองที่ 1 และ 2 ของน้ำเสียที่ผ่านการปรับพีเอชด้วย NaOH และ เถ้าไม้ยางพารา และการหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับที่อัตราส่วนต่างๆ	44
2-3	ความถี่ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ ABR	45
3-1	ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง	49
3-2	ลักษณะน้ำเสียทางเคมีที่ใช้ในการทดลองเดินระบบ ABR หลังจากปรับพีเอชด้วย NaOH (ABR-NaON) และ Ash (ABR-Ash) ให้มีค่าเท่ากับ 7.6±0.1	51
3-3	ผลการทดลองในช่วงการเริ่มต้นระบบ (Start-up) จนถึงสภาวะคงตัวของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash	53
3-4	ซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีละลายน้ำของน้ำเสียที่เข้าระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	62
3-5	อัตราส่วนซีโอดีต่อซัลเฟตของน้ำเสียเข้าระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	64
3-6	บีโอดีในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	74
3-7	ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	76

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
3-8	ซัลเฟตในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	81
3-9	ทีเคเอ็นในน้ำเสียและทิ้งจากการบำบัดด้วยระบบ ABR-NaOH และABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	86
3-10	แอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียและทิ้งจากการบำบัดด้วยระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	88
3-11	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนใ นห้องปฏิบัติการที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	92
3-12	ซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีละลายน้ำของน้ำเสียเข้าระบบที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	101
3-13	อัตราส่วนซีโอดีต่อซัลเฟตของน้ำเสียเข้าระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	102
3-14	บีโอดีในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	109
3-15	ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	111
3-16	ซัลเฟตในน้ำเสียและประสิทธิภาพการบำบัดจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	115
3-17	ทีเคเอ็นในน้ำเสียและทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	120
3-18	แอมโมเนียไนโตรเจนในน้ำเสียและทิ้งจากการบำบัดด้วยระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	121

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
3-19	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ R ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	124
3-20	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash กับงานวิจัยอื่นๆ	126

รายการตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
ก-1	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่ HRT 10 วัน	146
ก-2	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่ HRT 5 วัน	150
ก-3	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่ HRT 2.5 วัน	152
ก-4	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่ HRT 1.25 วัน หรือที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งเท่ากับ 0	154
ก-5	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งเท่ากับ 0.3	156
ก-6	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของน้ำเสีย, น้ำทิ้ง และปริมาณก๊าซที่เกิดแทนที่น้ำของการบำบัดมลสารในน้ำเสียด้วยระบบ ABR ของการทดลองที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งเท่ากับ 0.5	158
ข-1	ร้อยละองค์ประกอบก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศ	162

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	กรรมวิธีการผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการปั่น	5
1-2	กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศ	8
1-3	ขั้นตอนการสลายสารอินทรีย์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพไร้อากาศ	9
1-4	การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทนด้วยปฏิกิริยาชีวเคมีแบบไร้อากาศ	12
1-5	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชกับซัลไฟล์ละลาย (Dissolved Sulfide) ในน้ำ	14
1-6	รูปแบบของถังปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบแผ่นกั้น	18
1-7	ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการทำงานและเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	20
1-8	ผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการผลิตมีเทนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ	20
1-9	เถ้าไม้ยางพารา	23
1-10	ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายต่อพีเอชน้ำเสียในระบบถังหมักแบบไร้อากาศ	25
2-1	จุดเก็บตัวอย่างและผังลำดับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นที่ศึกษา	39
2-2	ลักษณะของบ่อ EQ3+DAF1 ของโรงงานผลิตน้ำยางข้น (1 และ 2) และจุดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (3 และ 4)	40
2-3	ชุดวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ (ก) ตัวรวบรวมก๊าซชีวภาพและ (ข) ตัวนับปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น (Gas Counter)	41
2.4	แบบจำลองระบบบำบัดน้ำเสีย ABR ในห้องปฏิบัติการ	42
2-5	ลักษณะของชุดอุปกรณ์ประกอบของระบบ ABR ที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ	43
3-1	ปริมาณการใช้ Ash และ NaOH ที่ปริมาณต่างๆ ต่อพีเอชน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นที่เปลี่ยนแปลงไป	50
3-2	ลักษณะและขนาดของตะกอนจุลินทรีย์ที่นำมาจากระบบบัด UASB (ก) และ SRR (ข) ที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบ (Start-Up)	53
3-3	ซีโอดีทั้งหมดของน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ในช่วงของการเริ่มต้นระบบ (Start-up)	54
3-4	พีเอชเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	57

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-5	สภาพด่างเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	58
3-6	กรดไขมันระเหยง่ายเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	61
3-7	อัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	63
3-8	ซีโอดีทั้งหมดและซัลเฟตของน้ำเสียและน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash	66
3-9	ซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	68
3-10	ซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	69
3-11	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	70
3-12	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายน้ำเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	71
3-13	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด (TCOD) ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash (ก) ที่ระยะเวลาการทดลองต่างๆ (ข) ภายใต้สภาวะคงตัวที่ HRT ต่างๆ	72
3-14	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายน้ำ (FCOD) ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash (ก) ที่ระยะเวลาการทดลองต่างๆ (ข) ภายใต้สภาวะคงตัวที่ HRT ต่างๆ	73
3-15	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	75
3-16	ของแข็งแขวนลอยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	77
3-17	ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	78

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-18	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ	79
3-19	ซัลเฟตเฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	82
3-20	ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตเฉลี่ยของน้ำภายในระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	83
3-21	ซัลไฟด์เฉลี่ยของน้ำภายในหน่วยย่อยที่ 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	84
3-22	การกำจัดซัลเฟตและการเกิดซัลไฟล์ในน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ของระยะเวลาการทดลองที่ HRT ต่างๆ	85
3-23	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อปริมาตรถังปฏิกรณ์เฉลี่ยของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	89
3-24	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	91
3-25	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดเฉลี่ยของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่ HRT ต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	93
3-26	พีเอชในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	95
3-27	สภาพด่างในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	96
3-28	กรดไขมันระเหยง่ายในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	98
3-29	กรดไขมันระเหยง่ายและพีเอชของน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	99
3-30	อัตราส่วนกรดไขมันระเหยง่ายต่อสภาพด่างในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	100

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-31	ซีโอดีทั้งหมดในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	103
3-32	ซีโอดีละลายน้ำในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	104
3-33	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมดในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	105
3-34	ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายน้ำในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	106
3-35	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีทั้งหมด (TCOD) ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash (ก) ที่ระยะเวลาการทดลองต่างๆ (ข) ภายใต้สภาวะคงตัวที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ	107
3-36	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีละลายน้ำ (FCOD) ของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash (ก) ที่ระยะเวลาการทดลองต่างๆ (ข) ภายใต้สภาวะคงตัวที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ	108
3-37	ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเฉลี่ยของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	110
3-38	ของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	110
3-39	ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	113
3-40	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ	114
3-41	ซัลเฟตในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	116

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
3-42	ประสิทธิภาพการกำจัดซัลเฟตในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ในหน่วยย่อยของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	117
3-43	ซัลไฟด์ในน้ำทิ้งเฉลี่ยของหน่วยย่อย 1-4 ของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	118
3-44	การกำจัดซัลเฟตและการเกิดซัลไฟล์ในน้ำทิ้งจากระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ของระยะเวลาการทดลองที่อัตราส่วนสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ	119
3-45	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อปริมาตรถังปฏิกรณ์เฉลี่ยของระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	122
3-46	องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบ ABR-NaOH และ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ภายใต้สภาวะคงตัว	124
3-47	อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพต่อซีโอดีที่ถูกบำบัดเฉลี่ยของระบบ ABR-NaOH และระบบ ABR-Ash ที่อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้งต่างๆ ที่สภาวะคงตัว	125

รายการภาพประกอบผนวก

ภาพประกอบผนวก		หน้า
ข-1	1 ผลการวิเคราะห์ Retention Time จาก Standard Gas	164
ข-2	ผลการวิเคราะห์ร้อยละขององค์ประกอบก๊าซชีวภาพ (Biogas)	165
ข-3	ตำแหน่งการดูรายงานผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างก๊าซชีวภาพ	166

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ABR	=	Anaerobic Baffled Reactor คือ ระบบไร้อากาศที่มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมลูกบาศก์มีแผ่นกั้น (Baffled) บังคับทิศทางการไหลของน้ำขึ้นลง
ABR-Ash	=	ระบบ ABR ที่บำบัดน้ำเสียที่ปรับพีเอชด้วย Ash
ABR-NaOH	=	ระบบ ABR ที่บำบัดน้ำเสียที่ปรับพีเอชด้วย NaOH
Alk	=	Alkalinity คือ ความสามารถของน้ำในการรับอนุภาคโปรตอน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากองค์ประกอบของสารละลายคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต
BOD_5	=	Biochemical Oxygen Demand คือ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ชนิดที่ย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพ
comp.	=	Compartment คือ หน่วยย่อยของระบบ ABR ที่แบ่งด้วยแผ่นกั้น (Baffled)
DAF	=	Dissolved Air Flotation คือ การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ แยกของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการเป่าอากาศแก่น้ำเสียทำให้ฟองอากาศละลายเข้ากับน้ำเสียและเมื่อแรงดันอากาศลดลง ส่งผลให้ของแข็งแขวนลอยลอยตัวขึ้นแยกออกจากน้ำเสีย
EQ	=	Equalization Pond คือ บ่อปรับสภาพน้ำเสีย
H_2S	=	Hydrogen Sulfide คือ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นสารประกอบซัลไฟด์ที่สามารถอยู่ในรูปละลายน้ำ (Dissolved H_2S) หรืออยู่ในรูปก๊าซซึ่งไม่แตกตัวเป็นอิออนมีกลิ่นเหม็นหรือเรียกว่าก๊าซไข่เน่า
HRT	=	Hydraulic Retention Time คือ ระยะเวลาที่น้ำถูกกักพักอยู่ในถังปฏิกรณ์
MLSS	=	Mixed Liquor Suspended Solids คือ ปริมาณหรือความเข้มข้นโดยประมาณของตะกอนจุลินทรีย์ในถังปฏิกรณ์

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

MPB	=	Methane Production Bacteria คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตมีเทนจากการใช้กรดไขมันระเหยง่ายเป็นสารอาหาร ได้มีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิตสุดท้าย
NaOH	=	Sodium Hydroxide คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์
NH_4^+-N	=	Ammonia Nitrogen คือ ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน
OLR	=	Organic Loading Rate คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบในแต่ละวัน
R	=	Effluent Recycle Ratio คือ อัตราส่วนการสูบกลับน้ำทิ้ง
Range	=	ช่วงของข้อมูลต่ำสุดและสูงสุด
S^{2-}	=	Sulfide คือ ซัลเฟตที่แตกตัวกลายเป็นซัลไฟล์ จากกระบวนการรีดักชั่นซัลเฟตด้วยจุลินทรีย์กลุ่ม SRB
SCOD	=	Soluble Chemical Oxygen Demand คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในรูปที่ละลายอยู่ในน้ำด้วยวิธีทางเคมี
SD	=	Standard Deviation คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SO_4^{2-}	=	Sulfate คือ ปริมาณซัลเฟต
SRB	=	Sulfate Reducing Bacteria คือ กลุ่มจุลินทรีย์ที่รีดิวซ์ซัลเฟตโดยสามารถใช้ซัลเฟตเป็นตัวรับอิเล็คตรอนตัวสุดท้าย และได้ซัลไฟด์เป็นผลผลิตสุดท้ายของปฏิกิริยา
SRR	=	Sulfate Reducing Reactor คือ ระบบบำบัดไร้อากาศกำจัดซัลเฟตออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มรีดิวซ์ซัลเฟต

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ (ต่อ)

SS	=	Suspended Solids คือ ส่วนของของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้
TCOD	=	Total Chemical Oxygen Demand คือ ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ด้วยวิธีทางเคมีทั้งในรูปของแข็งและรูปที่ละลายอยู่ในน้ำ
TKN	=	Total Kjeldahl Nitrogen คือ ปริมาณไนโตรเจนที่ประกอบด้วยอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน
UASB	=	Upflow Anaerobic Sludge Blanket คือ ระบบบำบัดไร้อากาศแบบไหลขึ้น
VFA	=	Volatile Fatty Acid คือ กรดอินทรีย์ที่มีคาร์บอนอะตอมไม่เกิน 6 ตัว สามารถละลายน้ำได้น้ำหนักโมเลกุลต่ำ สามารถกลั่นได้ที่ความดันบรรยากาศ
$\bar{X}$	=	Mean คือ ค่าเฉลี่ย