

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพประกอบ	ฑ
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ชีวเคมีและจุลชีววิทยาของกระบวนการย่อยสลายในสภาพไร้ออกซิเจน	4
2.2 ถังปฏิกรณ์แบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB)	10
2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบยูเอเอสบี	11
2.4 การเริ่มต้นระบบยูเอเอสบี	15
2.5 การออกแบบและควบคุมการทำงานของระบบยูเอเอสบี	17
2.6 การเกิดเม็ดตะกอน (Granulation) ในระบบยูเอเอสบี	21
2.7 น้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมผ้า	25
2.7.1 ไหมดิบและการฟอกไหมดิบ	25
2.7.2 สีย้อม (Dyes)	27
2.7.3 น้ำเสียฟอกและย้อมไหมที่ใช้ในการศึกษา	32
2.8 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	35

	หน้า
2.8.1 การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมทอผ้าด้วยกระบวนการทางกายภาพและเคมี	35
2.8.2 การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมทอผ้าด้วยกระบวนการทางชีวภาพ	37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	40
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	40
3.1.1 แบบจำลองถังปฏิกริยาเยอเอสบี	40
3.1.2 เครื่องสูบน้ำเสีย	40
3.1.3 ถังพักน้ำเสียและถังพักน้ำออก	40
3.1.4 อุปกรณ์วัดก๊าซชีวภาพ	40
3.2 น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษา	44
3.3 การดำเนินการวิจัย	46
3.3.1 การเริ่มต้นระบบ	46
3.3.2 แผนงานวิจัย	47
3.3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	48
3.3.4 สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล	48
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง	49
4.1 การปรับสภาพตะกอนและเริ่มต้นระบบ	49
4.1.1 การปรับสภาพตะกอน	49
4.1.2 การเริ่มต้นระบบ	49
4.2 การทดลองที่ 1	54
4.2.1 ซีโอดี ซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด	55
4.2.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด	57
4.2.3 ความเข้มข้นปรากฏ ความเข้มข้นจริง และประสิทธิภาพการบำบัด	59

	หน้า
4.2.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช	63
4.2.5 อุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า	66
4.2.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	68
4.2.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ	70
4.2.8 การแปรผันความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกริยา การทดลองที่ 1	71
4.2.8.1 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย	72
4.2.8.2 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรอง	74
4.2.8.3 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริง	76
4.3 การทดลองที่ 2	77
4.3.1 ซีโอดี ซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด	77
4.3.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด	79
4.3.3 ความเข้มข้นสีปรากฏ ความเข้มข้นสีจริงและประสิทธิภาพการบำบัด	80
4.3.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช	82
4.3.5 อุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า	83
4.3.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	85
4.3.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ	87
4.3.8 การแปรผันความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกริยา การทดลองที่ 2	88
4.3.8.1 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย	88
4.3.8.2 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรอง	90
4.3.8.3 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริง	91
4.4 การทดลองระยะที่ 3	92
4.4.1 ซีโอดี ซีโอดีกรองและประสิทธิภาพการบำบัด	93
4.4.2 ของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหยและประสิทธิภาพการบำบัด	94
4.4.3 ความเข้มข้นสีปรากฏ ความเข้มข้นสีจริงและประสิทธิภาพการบำบัด	95

	หน้า
4.4.4 ความเป็นต่างรวม กรดไขมันระเหยและพีเอช	97
4.4.5 อุณหภูมิ ไออาร์พีและสภาพการนำไฟฟ้า	98
4.4.6 ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	100
4.4.7 การเกิดก๊าซชีวภาพ	102
4.4.8 การแปรผันความเข้มข้นตามความสูงของถังปฏิกริยา การทดลองที่ 3	103
4.4.8.1 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย	103
4.4.8.2 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง	104
4.4.8.3 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริง	105
4.5 ประสิทธิภาพการทำงานของถังปฏิกริยาเยอเอสบี	106
4.5.1 การนำบำบัดค่าซีไอดี ซีไอดีกรอง	106
4.5.2 การนำบำบัดของแข็งแขวนลอย ของแข็งแขวนลอยระเหย	107
4.5.3 การนำบำบัดสี	108
4.5.4 การผลิตก๊าซมีเทน	110
4.6 จลนศาสตร์ของระบบ	110
4.7 การเกิดเม็ดตะกอน	114
4.8 ก๊าซชีวภาพและองค์ประกอบของก๊าซ	117
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	120
5.1 สมรรถนะของระบบเยอเอสบีในการนำบำบัดสารอินทรีย์และสีขุ่นจากน้ำเสีย	120
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม	121
เอกสารอ้างอิง	123
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบจากการทดลองระยะปรับสภาพและเริ่มต้นระบบ	128
ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบจากการทดลองระยะที่ 1	133
ภาคผนวก ค ข้อมูลดิบจากการทดลองระยะที่ 2	151

	หน้า
ภาคผนวก ง ข้อมูลดิบจากการทดลองระยะที่ 3	163
ภาคผนวก จ การคำนวณปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ	174
ภาคผนวก ฉ การคำนวณร้อยละการสร้างกรดและสร้างมีเทน	177
ภาคผนวก ช ภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด	180

ประวัติผู้เขียน

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ลักษณะสมบัติน้ำเสียโรงงานฟอกและย้อมสีไหมของหจก.เพ็ญศิริไหมไทย	45
3.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียที่เจือจางให้มีความเข้มข้นซีโอดี 2,500 มก./ล.	46
3.3 รายละเอียดการทดลอง	47
3.4 ตำแหน่งและความถี่ของการเก็บตัวอย่างและวิธีวิเคราะห์	48
4.1 รายละเอียดค่าต่างๆ ที่ใช้ในวงเริ่มต้นระบบ	50
4.2 ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบ	50
4.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์และสีระหว่างการทดลองที่ 2 และ 3 ของถัง B	97
4.4 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์และประสิทธิภาพการบำบัดที่ค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่างๆ	106
4.5 ผลการคำนวณค่าคงที่เพื่อหาค่าทางทฤษฎี k K_s	112
4.6 ผลการคำนวณค่าคงที่เพื่อหาค่าทางทฤษฎี Y k_d	112
4.7 ขนาดเม็ดตะกอนของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่	114
4.8 ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดทั้งหมดของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่	118
4.9 ร้อยละของการสร้างกรดและก๊าซมีเทนของแต่ละการทดลองที่สภาวะคงที่	119

สารบัญภาพประกอบ

รูป	หน้า
2.1 ขั้นตอนการเมตาโบลิซึมและปฏิสัมพันธ์ระหว่างแบคทีเรียในกระบวนการย่อยสลาย ในสภาพไร้ออกซิเจน	5
2.2 ถังปฏิกริยายูเอเอสบี	10
2.3 ภาพ Scanning Electron Micrograph ของเม็ดตะกอนแบบต่างๆ	23
2.4 แสดงโครงสร้างสีย้อมอะโซบางชนิดที่ใช้ทั่วไป	28
2.5 การเตรียมเส้นไหมดิบ	32
2.6 ขั้นตอนการนำไหมดิบมาผลิตเป็นผ้าไหม	32
2.7 ขั้นตอนการฟอกและย้อมสีเส้นไหมของหจก.เพ็ญศิริไหมไทย	33
3.1 รายละเอียดและขนาดของถังปฏิกริยายูเอเอสบี	41
3.2 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือ	42
3.3 ลักษณะการติดตั้งถังปฏิกริยายูเอเอสบี A และ B	43
3.4 รายละเอียดและขนาดของถังเก็บก๊าซ	44
4.1 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในช่วงของการหมักเพื่อปรับสภาพ	49
4.2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นระบบ	51
4.3 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองในช่วงเริ่มต้นระบบ	52
4.4 ค่ากรดไขมันระเหยในช่วงเริ่มต้นระบบ	53
4.5 ค่าความเป็นด่างรวมในช่วงเริ่มต้นระบบ	54
4.6 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง การทดลองที่ 1	56
4.7 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 1	58
4.8 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและความเข้มข้นสีจริง การทดลองที่ 1	60
4.9 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ดูดกลิ่นแสงกับค่าความยาวคลื่นในการ วิเคราะห์หาความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริงของการทดลองวันที่ 146	62
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสีกับไทนสีย้อม	63

รูป	หน้า
4.11 ค่าความเป็นต่างรวม การทดลองที่ 1	64
4.12 ค่ากรดไขมันระเหย การทดลองที่ 1	65
4.13 ค่าพีเอช การทดลองที่ 1	66
4.14 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 1	66
4.15 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 1	67
4.16 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 1	68
4.17 ค่าเจดาคทีโนโตรเจน การทดลองที่ 1	69
4.18 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 1	69
4.19 ค่าฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 1	69
4.20 ปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 1	70
4.21 องค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 1	71
4.22 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	72
4.23 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงของถัง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	73
4.24 อัตราส่วน VSS/SS ของถัง A และ B ตามความสูงถังปฏิกรณ์ ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	74
4.25 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกรณ์ A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	75
4.26 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรองตามความสูงของถังปฏิกรณ์ B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	75
4.27 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	76
4.28 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริงตามความสูงของถัง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 1	77
4.29 ค่าซีไอดีและซีไอดีกรอง การทดลองที่ 2	78
4.30 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 2	80
4.31 ค่าความเข้มข้นสีปรากฏและสีจริง การทดลองที่ 2	81
4.32 ค่าความเป็นต่างรวม การทดลองที่ 2	82
4.33 ค่ากรดไขมันระเหย การทดลองที่ 2	83

รูป	หน้า
4.34 ค่าพีเอชตลอดการทดลองที่ 2	83
4.35 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 2	84
4.36 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 2	84
4.37 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 2	85
4.38 ค่าเจดาคัลท์ไนโตรเจน การทดลองที่ 2	86
4.39 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 2	86
4.40 ฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 2	86
4.41 ค่าปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 2	87
4.42 องค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 2	88
4.43 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถึง A ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 2	89
4.44 ของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถึง B ที่สภาวะคงที่ การทดลองที่ 2	90
4.45 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงถึง A ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 2	91
4.46 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงถึง B ที่สภาวะคงที่การทดลองที่ 2	91
4.47 ค่าความเข้มข้นปฏิกิริยาและสีจริงตามความสูงถึง A การทดลองที่ 2	92
4.48 ค่าความเข้มข้นปฏิกิริยาและสีจริงตามความสูงถึง B การทดลองที่ 2	92
4.49 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรอง การทดลองที่ 3	94
4.50 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหย การทดลองที่ 3	95
4.51 ความเข้มข้นปฏิกิริยาและสีจริง การทดลองที่ 3	96
4.52 ค่าความเป็นด่างรวม การทดลองที่ 3	97
4.53 ค่ากรดไขมันระเหย การทดลองที่ 3	98
4.54 ค่าพีเอช การทดลองที่ 3	98
4.55 ค่าอุณหภูมิ การทดลองที่ 3	99
4.56 ค่าไออาร์พี การทดลองที่ 3	99
4.57 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า การทดลองที่ 3	100

รูป	หน้า
4.58 ค่าเจดาคัทไนโตรเจน การทดลองที่ 3	101
4.59 ค่าแอมโมเนียไนโตรเจน การทดลองที่ 3	101
4.60 ค่าฟอสฟอรัสรวม การทดลองที่ 3	101
4.61 ปริมาณก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 3	102
4.62 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ การทดลองที่ 3	102
4.63 ค่าของแข็งแขวนลอยและของแข็งแขวนลอยระเหยตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3	104
4.64 ค่าซีโอดีและซีโอดีกรองตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3	105
4.65 ค่าความเข้มข้นปรากฏและสีจริงตามความสูงถึงปฏิกิริยา การทดลองที่ 3	105
4.66 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดี ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาระบรรทุก สารอินทรีย์	107
4.67 ความสัมพันธ์ระหว่างซีโอดีกรอง ประสิทธิภาพการกำจัด กับอัตราภาระบรรทุก สารอินทรีย์	107
4.68 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอย ประสิทธิภาพการบำบัดกับอัตราภาระ บรรทุกสารอินทรีย์	108
4.69 ความสัมพันธ์ระหว่างของแข็งแขวนลอยระเหย ประสิทธิภาพการบำบัดกับอัตรา ภาระบรรทุกสารอินทรีย์	108
4.70 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรากฏ ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาระ บรรทุกสารอินทรีย์	109
4.71 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสีจริง ประสิทธิภาพการบำบัด กับอัตราภาระ บรรทุกสารอินทรีย์	109
4.72 ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซมีเทนและอัตราการเกิดก๊าซมีเทนกับ ค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์	110
4.73 การหาค่าคงที่ k K_s	113
4.74 การหาค่าคงที่ Y kd	113

รูป	หน้า
4.75 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 1 ถัง A อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.54 กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน) อายุ 162 วัน	115
4.76 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 1 ถัง B อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 2.56 กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน) อายุ 162 วัน	115
4.77 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 2 ถัง A อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 0.52 กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน) อายุ 225 วัน	116
4.78 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 2 ถัง B อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.04 กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน) อายุ 225 วัน	116
4.79 เม็ดตะกอน การทดลองที่ 3 ถัง B อัตราการระบรทุกสารอินทรีย์ 1.01 กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน) อายุ 285 วัน	117

อักษรย่อและสัญลักษณ์

กก.	กิโลกรัม
กก.ของแข็งแขวนลอยระเหย/ม. ³	กิโลกรัมของแข็งแขวนลอยระเหยต่อลูกบาศก์เมตร
กก.ซีไอดี/(กก.ตะกอนแขวนลอย.วัน)	กิโลกรัมซีไอดีต่อกิโลกรัมตะกอนแขวนลอยต่อวัน
กก.ซีไอดี/(กก.มวลชีวภาพ.วัน)	กิโลกรัมซีไอดีต่อกิโลกรัมมวลชีวภาพต่อวัน
กก.ซีไอดี/(ม ³ .วัน)	กิโลกรัมซีไอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ชม.	ชั่วโมง
⁰ ศ	องศาเซลเซียส
ซม.	เซนติเมตร
ล.	ลิตร
ล./วัน	ลิตรต่อวัน
ล./(ก.ซีไอดีที่ถูกกำจัด.วัน)	ลิตรต่อกรัมซีไอดีที่ถูกกำจัดต่อวัน
ม.	เมตร
มม.	มิลลิเมตร
ม. ³	ลูกบาศก์เมตร
ม./ชม.	เมตรต่อชั่วโมง
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร
มก.ซีไอดี/ล.	มิลลิกรัมซีไอดีต่อลิตร
ฟุต ³	ลูกบาศก์ฟุต
GSS	Gas-Solids Separator
OLR	Organic Loading Rate
ULV	Upflow Liquid Velocity