

การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะภาพของการกำจัดสี
จากน้ำเสียโรงฟอกย้อมระหว่าง
กระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา กับ
แบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก / ออกซิก

นางสาว จินตนา แป้นสุวรรณ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-635-819-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Comparative Study of the Performance of Color Removal
from Bleach-Dye Wastewaters between
Conventional and Anoxic+Anaerobic / Oxic SBR Processes

Miss Jintana Pansuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1996
ISBN 974-635-819-7

กิตติกรรมประกาศ

ประโยชน์หรือความดีงามใดๆ จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้ที่สมควรได้รับการยกย่องเป็นบุคคลแรกคือ ศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์ เนื่องจากจุดเริ่มต้นของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดจากข้อเสนอแนะของท่าน ที่ได้กรุณาให้แก่ผู้เขียน และยังได้จัดหาทุนสำหรับงานวิจัย ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และความช่วยเหลืออันมีค่าที่ไม่อาจประมาณได้ เป็นสิ่งที่ผู้เขียนได้รับโดยสม่ำเสมอ นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งงานนี้สำเร็จลุล่วงไป ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ บริษัทยูเนี่ยนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด และบริษัทเคทีเคทีที จำกัด ที่ให้โอกาสสำหรับผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาถึงกระบวนการผลิตและเก็บตัวอย่างน้ำเสียภายในโรงงาน ซึ่งได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี และขอบคุณกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าไปใช้เครื่องมือวัดสีในหน่วย เอดีเอ็มไอ ซึ่งมีแห่งเดียวในประเทศไทย

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้ทุนอุดหนุนในงานวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสิ้น ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน และคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ พี่ เพื่อนและน้องทุกท่านที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งคอยให้กำลังใจตลอดเวลา และช่วยให้ลูกได้เรียนจนจบสมความตั้งใจ

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญรูป	ณ
ศัพท์	ด
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	8
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	9
บทที่ 2. ทบทวนเอกสาร.....	10
2.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	10
2.1.1 เส้นใย.....	11
2.1.2 เส้นใยฝ้าย.....	12
2.1.3 กรรมวิธีการผลิตเส้นด้าย.....	14
2.1.4 ฝ้ายปั่น	18
2.1.5 การเตรียมผ้า	19
2.16 ลีซ้อย้อมและการจำแนกลีซ้อย้อม.....	24
2.1.6.1 ลีซ้อย้อม.....	24
2.1.6.2 การจำแนกลีซ้อย้อม.....	26
2.1.6.3 ประเภทของการย้อม.....	33
2.2 การศึกษาและการวัดสี.....	44

สารบัญ(ต่อ)

2.2.1	สีและการเห็นสี.....	44
2.2.2	การวัดสี.....	45
2.2.3	การพัฒนาการวัดสีไปเป็นหน่วยสากลหน่วยสีซีไออี.....	47
2.2.4	การแปลงค่าหน่วยสี ซีไออี เป็นหน่วย เอดีเอ็มไอ.....	53
2.3	การจำแนกวิธีการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อม.....	56
2.3.1	การกำจัดสีโดยวิธีทางกายภาพ.....	56
2.3.2	กระบวนการทางเคมี.....	58
2.3.3	กระบวนการไฟฟ้าเคมี.....	61
2.3.4	กระบวนการทางชีวภาพ.....	63
2.3.4.1	กระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์.....	63
2.3.4.2	กระบวนการแอนแอโรบิก.....	66
2.3.4.3	กระบวนการแอนแอโรบิก-แอโรบิก.....	71
2.3.5	กระบวนการฟล็อกส์/เคมี-ชีวภาพ.....	73
2.3.6	อื่นๆ	74
2.4	กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์.....	75
2.4.1	ความเป็นมาของระบบเอสบีอาร์.....	75
2.4.2	หลักการทำงานของระบบเอสบีอาร์.....	75
2.4.3	ข้อดี-ข้อเสีย ของระบบเอสบีอาร์.....	77
2.5	การกำจัดสีโดยกระบวนการทางชีวภาพแบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก- เอสบีอาร์.....	79
2.5.1	หลักการทำงานของกระบวนการ.....	79
2.5.2	ข้อดีของกระบวนการแอนนออกซิก-แอนแอโรบิก/ออกซิก-เอสบีอาร์	83
บทที่ 3	การดำเนินการวิจัย.....	85
3.1	แผนการทดลอง.....	85

สารบัญ(ต่อ)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง.....	86
3.3 การติดตั้งเครื่องมือและการทำงาน.....	88
3.4 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์.....	90
3.5 การวัดสี.....	93
บทที่ 4. ผลการทดลอง.....	94
4.1 สีคิสเพอร์ส.....	94
4.1.1 ลักษณะของน้ำเสีย.....	94
4.1.2 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์.....	96
4.1.3 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก- เอสบีอาร์.....	102
4.2 สีซัลเฟอร์.....	112
4.2.1 ลักษณะของน้ำเสีย.....	112
4.2.2 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์.....	113
4.2.3 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก- เอสบีอาร์.....	119
4.3 สีรีแอกทีฟ.....	128
4.3.1 ลักษณะของน้ำเสีย.....	128
4.3.2 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์.....	129
4.3.3 การลดสีโดยใช้กระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก- เอสบีอาร์.....	135
4.4 สีรีแอกทีฟที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเสริม.....	144
4.4.1 ลักษณะของน้ำเสีย.....	144
4.4.2 การกำจัดสีที่มีช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก 8+2 ชม.	145
4.4.3 การกำจัดสีที่มีช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก 20+2 ชม.	153

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5. วิจัยผลการทดลอง.....	161
5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีระหว่างระบบ AS กับ A ₂ /O	161
5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบเอพูโอ-เอสปีอาร์และระบบเอสปีอาร์แบบธรรมดา.....	168
5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟโดยใช้ระบบเอพูโอ-เอสปีอาร์ระหว่างน้ำเสียจริงกับน้ำเสียที่เติมแหล่งคาร์บอนเสริม.....	171
5.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟที่มีการทำงานในช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิกต่างกัน.....	173
บทที่ 6. แนวทางการปรับปรุงแก้ไขการบำบัดน้ำเสียจากโรงฟอกย้อม.....	175
6.1 การลดปริมาณของเสีย.....	175
6.2 การใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย	176
บทที่ 7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	179
7.1 สรุปผลการทดลอง.....	179
7.2 ข้อเสนอแนะในการทดลองต่อไป.....	180
รายการอ้างอิง.....	182
ภาคผนวก.....	188
ประวัติผู้เขียน	233

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ผลการทดลองจาร์เทสท์โดยใช้สารส้มและปูนขาวเป็นสารสร้างตะกอน	3
ตารางที่ 2.1 จุดมุ่งหมายของการเตรียมผ้า	24
ตารางที่ 2.2 การจำแนกสีย้อมตามสูตร โครงสร้าง	28
ตารางที่ 2.3 ประเภทสีย้อม	31
ตารางที่ 2.4 การใช้สีย้อมที่เหมาะสมกับเส้นใยประเภทต่างๆ	33
ตารางที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราแสงผ่านเป็นหน่วยซีไออี (CIE)	48
ตารางที่ 2.6 ผลที่ได้จากการทดลองการกำจัดสีในสถานะแอนแอโรบิกที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเสริม โดยใช้สิรีแอกทีฟบางชนิด.....	70
ตารางที่ 3.1 ลักษณะของน้ำเสีย ตำแหน่งกสนเก็บตัวอย่าง และความถี่ที่ต้องวิเคราะห์ สำหรับกระบวนการเอสปีอาร์แบบธรรมดา.....	91
ตารางที่ 3.2 ลักษณะของน้ำเสีย ตำแหน่งกสนเก็บตัวอย่าง และความถี่ที่ต้องวิเคราะห์ สำหรับกระบวนการแอนนอซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก-เอสปีอาร์ ...	92
ตารางที่ 3.3 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ	93
ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำเสียมีสีดิสเพอร์สที่ใช้ในการทดลองชุดที่หนึ่ง	95
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอสปีอาร์แบบธรรมดา; สีดิสเพอร์ส)	98
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์; สีดิสเพอร์ส)	103
ตารางที่ 4.4 ลักษณะน้ำเสียมีสีซัลเฟอร์ที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 2	113
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอสปีอาร์แบบธรรมดา; สีซัลเฟอร์)	115
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์; สีซัลเฟอร์)	121
ตารางที่ 4.7 ลักษณะน้ำเสียมีสิรีแอกทีฟที่ใช้ในการทดลองชุดที่ 3.....	129
ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอสปีอาร์แบบธรรมดา; สิรีแอกทีฟ).....	130
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์; สิรีแอกทีฟ)	137
ตารางที่ 4.10 ลักษณะของน้ำเสียชนิดสิรีแอกทีฟที่มีการเติมแหล่งคาร์บอนเสริม	145
ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์; สิรีแอกทีฟ; 8+2)	147
ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ต่างๆ (ระบบเอทูโอ-เอสปีอาร์; สิรีแอกทีฟ; 20+2)	155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดดีดิสเพอร์ส.....	161
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีซัลเฟอร์	162
ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟ.....	163
ตารางที่ 5.4 ค่าความเข้มข้นของมวลจุลชีพ(MLSS)ของสีทั้ง 3 ประเภท ที่ SRT = 8 วัน	165
ตารางที่ 5.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีในช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิกและออกซิก ของระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (2+8 ชั่วโมง)	166
ตารางที่ 5.6 ชื่อทางการค้าและสูตรโครงสร้างทางเคมีของสีทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการวิจัย	167
ตารางที่ 5.7 แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (2+8 ชั่วโมง)	168
ตารางที่ 5.7 แนวโน้มประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา(2+8 ชั่วโมง).....	168
ตารางที่ 5.8 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดของระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ)	169
ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดในช่วงแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก ของระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ).....	172

สารบัญรูป

ภาพที่ 1.1 ผลการทำจาร์เทศที่ใช้สารส้มเป็นสารสร้างตะกอน ที่ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 500 มก./ล	4
ภาพที่ 1.2 ผลการทำจาร์เทศที่ใช้ปูนขาวเป็นสารสร้างตะกอน ที่ความเข้มข้น 0, 100, 200 และ 500 มก./ล	5
ภาพที่ 1.3 การเปรียบเทียบสีระหว่างน้ำเสียเข้าระบบกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากกระบวนการเอสปีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก โดยใช้ น้ำเสียจากคิเคเท็กไทล์	6
ภาพที่ 1.4 การเปรียบเทียบสีระหว่างน้ำเสียเข้าระบบกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากกระบวนการเอสปีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก โดยใช้ น้ำเสียจากยูเนียนอุตสาหกรรมค้าย..	7
รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยสังเขป.....	10
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเส้นใยฝ้าย.....	12
รูปที่ 2.3 โมเลกุลของเส้นใยฝ้าย.....	12
รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของเส้นใยฝ้าย.....	13
รูปที่ 2.5 เครื่องผสมเส้นใย	15
รูปที่ 2.6 เครื่องสาวใย.....	15
รูปที่ 2.7 เครื่องหวีเส้นใย.....	16
รูปที่ 2.8 เครื่องรีดปุ๋ย.....	17
รูปที่ 2.9 เครื่องโรฟวี่ง	17
รูปที่ 2.10 เครื่องปั่นด้าย.....	18
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะของเส้นใยฝ้ายก่อนและหลังเมอร์เซอร์ไรซ์	22
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนในการย้อมผ้าทอ	35
รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการย้อมผ้าถัก.....	37
รูปที่ 2.14 ขั้นตอนการย้อมเส้นด้าย.....	38

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 2.15	ขั้นตอนการย้อมผ้า โพลีเอสเตอร์ผสมเรยอน(P/R) ชนิดหนา	40
รูปที่ 2.16	ขั้นตอนการย้อมผ้า โพลีเอสเตอร์ผสมเรยอน(P/R) ชนิดบาง	41
รูปที่ 2.17	ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้าย 100 % ชนิดหนา	42
รูปที่ 2.18	ขั้นตอนการย้อมผ้าฝ้าย 100 % ชนิดบาง	43
รูปที่ 2.19	ตัวอย่างการวัดสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	46
รูปที่ 2.20	ทฤษฎีสามเหลี่ยมแมกซ์เวลล์	47
รูปที่ 2.21	แสดงค่าขอบเขตการผสมสีของแม่สีทั้งสาม	49
รูปที่ 2.22	สามเหลี่ยม XYZ ที่พัฒนามาจากสามเหลี่ยมแมกซ์เวลล์	50
รูปที่ 2.23	แผนภาพสี (Chromaticity Diagram)	52
รูปที่ 2.24	โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการเปลี่ยนค่าสีจากหน่วยซีไอไอเป็นเอซีเอ็มไอ	55
รูปที่ 2.25	ไดอะแกรมการบำบัดน้ำเสียโดยการเติมโอโซน	62
รูปที่ 2.26	ปฏิกิริยาการย่อยสลายสีชนิดไคเร็กซ์สีเหลือง 12 ในสภาวะแอนแอโรบิก	66
รูปที่ 2.27	ปฏิกิริยาการย่อยสลายสีชนิดเอลิกสีเหลือง 36 ในสภาวะแอนแอโรบิก	67
รูปที่ 2.28	ขั้นตอนการย่อยสลายสีชนิดรีแอกทีฟสีแดง 141	69
รูปที่ 2.29	การทำงานของกระบวนการเอสบีอาร์	76
รูปที่ 2.30	วงจรการทำงานของเอสบีอาร์ชนิดไหลต่อเนื่อง	77
รูปที่ 2.31	กระบวนการแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก/ออกซิก เอสบีอาร์	80
รูปที่ 3.1	ตำแหน่งรูที่เจาะข้างถังปฏิกิริยา	87
รูปที่ 3.2	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองสำหรับกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา	89
รูปที่ 3.3	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองสำหรับกระบวนการแอนนออกซิก+แอนแอโรบิก /ออกซิก-เอสบีอาร์	90
รูปที่ 4.1	โพลีไฟลต์ซีไอไอของการทดลองชุดที่หนึ่ง (สีดิสเพอร์ส)	96
รูปที่ 4.2	ผลการทดลองกับน้ำเสียดิสเพอร์สโดยใช้ระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา	99
รูปที่ 4.3	โพลีไฟลต์ไออาร์พีของระบบเอสบีอาร์ (สีดิสเพอร์ส)	102
ภาพที่ 4.4	การเปรียบเทียบการกำจัดสีดิสเพอร์สที่ช่วงการทำงานต่างๆกันของระบบเอสบีอาร์	102

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 4.5 การควบคุมของระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์.....	103
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองกับน้ำเสียคิสเพอร์ส โดยใช้ระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์.....	104
รูปที่ 4.7 โฟฟล์ไออาร์พีของระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส).....	107
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยซีไอคิกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส).....	108
รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยวีเอฟเอที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส).....	109
รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส)	110
รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยไนเตรดที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส)	110
รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (คีคิสเพอร์ส)	111
ภาพที่ 4.13 การเปรียบเทียบการกำจัดคีคิสเพอร์สที่ช่วงการทำงานต่างๆกันของระบบ เอทว ไอ-เอสบีอาร์.....	111
รูปที่ 4.14 โฟฟล์ซีไอคิของน้ำเสียมีสีซัลเฟอร์ของระบบทั้งสอง.....	112
รูปที่ 4.15 ผลการทดลองกับน้ำเสียชนิดสีซัลเฟอร์โดยใช้ระบบเอสบีอาร์แบบธรรมดา.....	116
รูปที่ 4.16 โฟฟล์ไออาร์พีของระบบเอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์).....	119
ภาพที่ 4.17 การเปรียบเทียบการกำจัดสีซัลเฟอร์ที่ช่วงการทำงานต่างๆกันของ ระบบเอสบีอาร์	119
รูปที่ 4.18 ผลการทดลองกับน้ำเสียซัลเฟอร์โดยใช้ระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์.....	122
รูปที่ 4.19 โฟฟล์ไออาร์พีของระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	125
รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยซีไอคิกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	125
รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยวีเอฟเอที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	126
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	126
รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยไนเตรดที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	127
รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทว ไอ-เอสบีอาร์ (สีซัลเฟอร์)	127
ภาพที่ 4.25 การเปรียบเทียบการกำจัดสีซัลเฟอร์ที่ช่วงการทำงานต่างๆกันของระบบ เอทว ไอ-เอสบีอาร์.....	128
รูปที่ 4.26 โฟฟล์ซีไอคิของน้ำเสียมีสีรีแอกทีฟของระบบทั้งสอง	129

สารบัญรูป(ต่อ)

ภาพที่ 4.44 การเปรียบเทียบการกำจัดสีรีแอกทีฟในช่วงการทำงานต่างๆกันของระบบ เอทวูโอ-เอสบีอาร์(8+2 ชั่วโมง).....	152
รูปที่ 4.45 ผลการทดลองกับน้ำเสียรีแอกทีฟโดยใช้ระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (20+2 ชั่วโมง).....	157
รูปที่ 4.46 ค่าเฉลี่ยซีโอดีกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ; 20+2 ชั่วโมง).....	159
รูปที่ 4.47 ค่าเฉลี่ยบีโอฟเอที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ; 20+2 ชั่วโมง)	159
รูปที่ 4.48 ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็นกรองที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ; 20+2 ชั่วโมง).....	159
รูปที่ 4.49 ค่าเฉลี่ยไนเตรตที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ; 20+2 ชั่วโมง).....	160
รูปที่ 4.50 ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสเปลี่ยนแปลงภายในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ (สีรีแอกทีฟ; 20+2 ชั่วโมง).....	160
ภาพที่ 4.51 การเปรียบเทียบการกำจัดสีรีแอกทีฟในช่วงการทำงานต่างๆกันของระบบ เอทวูโอ-เอสบีอาร์(20+2 ชั่วโมง)	160
รูปที่ 5.1 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีดีสเพอร์ส.....	162
รูปที่ 5.2 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีซัลเฟอร์	163
รูปที่ 5.3 กราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟ	164
รูปที่ 5.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสี 3 ชนิดในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์	169
รูปที่ 5.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสี 3 ชนิดในระบบเอสบีอาร์	170
รูปที่ 5.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสี 3 ชนิดในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ ที่มีช่วงการทำงานต่างกัน.....	172
รูปที่ 5.7 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสี 3 ชนิดในระบบเอทวูโอ-เอสบีอาร์ ที่มีการทำงานในช่วงแอนนอซิก+แอนแอโรบิกต่างกัน.....	174

คำศัพท์

additives	= สารช่วยย้อม
ADMI	= เอดีเอ็มไอ (หน่วยวัดสีที่วัดโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์)
adsorption	= การดูดติด
alum	= สารส้ม
anoxic+anaerobic/oxic, A ₂ /O	= แอนนออกซิก+แอนแอโรบิก / ออกซิก , เอทู/โอ
aromatic amine	= อะโรมาติก อามีน (ซึ่งเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง)
backbone	= โครงหลัก
bleach-dye wastewater	= น้ำเสียโรงฟอกย้อม
bond	= พันธะ
brightness	= ความจ้า
chemical oxidation potential	= ศักยภาพในการออกซิไดซ์ทางเคมี
chemical reduction potential	= ศักยภาพในการรีดิวซ์ทางเคมี
chromagen	= โครมาเจน
chromophores	= โครโมฟอร์
color	= สี
^{coagulant} coagulant	= สารสร้างตะกอน
curing	= การอบเข้าที่
desizing	= การลอกแป้ง
dyeing	= การย้อม
electrochemical	= ไฟฟ้าเคมี
fabric	= ผ้า
fermentation	= การหมัก
finishing	= การตกแต่ง

คำศัพท์ (ต่อ)

lime	= ปูนขาว
luxury phosphorus uptake	= การจับใช้ฟอสฟอรัสแบบฟุ่มเฟือย
merzerization	= การชุบมัน
ozonation	= การเติมโอโซน
pigment	= สาระสี
polymerization	= โพลีเมอไรเซชัน
polyvinyl Alcohol (PVA)	= โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (พีวีเอ)
pore	= ช่องว่าง
SBR	= เอสบีอาร์
scatter	= การกระจายหักเห
scouring	= การขจัดสิ่งสกปรก (อุตสาหกรรมการทอ)
surfactant	= สารลดความตึงผิว
van der waals' forces	= แรงแวนเดอร์วัลส์
visual density	= ความหนาแน่นทางตา