

การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมรีแอ็กทีฟด้วยระบบเอสบีอาร์



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 58505
วัน,เดือน,ปี..... 25 ส.ค. 2549

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

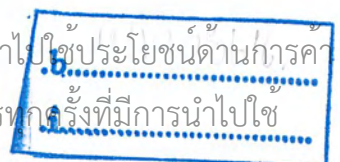
ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Treatment of Wastewater Contaminated with Reactive Dye using
Sequencing Batch Reactor (SBR)**



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Bachelor of Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

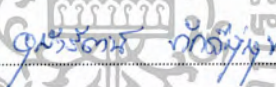
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีข้อมริแฉีกที่ฟ้ด้วยระบบเอสบีอาร์
 นักศึกษา นางสาวจินตนา แจ่มจันทร์
 นางสาวมณีนันท์ ปาณะปุลณัง
 ภาควิชา เคมี
 สาขาวิชา เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
 ปีการศึกษา 2546
 อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
กรรมการ ดร.อุสารัตน์ ภักดีสุสุข	
กรรมการ อ.กัลลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	
กรรมการ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	

(ผศ. ดร. ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสี้อมรีแอกทีฟด้วยระบบเอสบีอาร์		
นักศึกษา	นางสาว จินตนา	แจ่มจันทร์	
	นางสาว มณีรัตน์	ปาณะปุลณัง	
ภาควิชา	เคมี		
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม		
ปีการศึกษา	2546		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชลอ จารุสุทธีรักษ์		

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสี้อมรีแอกทีฟด้วยระบบเอสบีอาร์ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่ทำงานแบบครั้งคราว (Batch) โดยปฏิบัติการบำบัดและการตกตะกอนเกิดขึ้นภายในถังเดียวกัน โดยกำหนดให้ระยะเวลาการบำบัดในหนึ่งรอบเท่ากับ 8 ชั่วโมงและเดินระบบ 3 รอบต่อวัน น้ำเสียที่ใช้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ น้ำเสียที่ไม่ปนเปื้อนสี้อม และน้ำเสียที่ปนเปื้อนสี้อมประเภทรีแอกทีฟ การทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่าซีไออดีของน้ำเสียกลุ่มแรกมีค่าสูงถึง 91% ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่มีสี้อมรีแอกทีฟปนเปื้อนที่ได้ค่าเพียง 76% เมื่อทำการพิจารณาถึงค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำเสีย ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร และค่าอัตราส่วนระหว่างบีไอดีและซีไออดีพบว่าสี้อมประเภทรีแอกทีฟที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอสบีอาร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโครงสร้างของสี้อมที่ย่อยสลายได้ยาก หรือการเกิดความเป็นพิษที่ขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ การเพิ่มปริมาณสี้อมที่ปนเปื้อนในน้ำเสียมีผลทำให้ค่าซีไออดีของน้ำเสียมีค่าสูงขึ้น และประสิทธิภาพการบำบัดซีไออดีของระบบเอสบีอาร์ลดลง โดยพบว่าประสิทธิภาพของระบบเอสบีอาร์มีค่าเท่ากับ 71.6% และ 65% เมื่อเพิ่มปริมาณสี้อมที่ทำให้ค่าซีไออดีเพิ่มขึ้นจาก 50 มก./ล. เป็น 100 มก./ล. ตามลำดับ

คำสำคัญ : บีไอดี ซีไออดี น้ำเสียที่ปนเปื้อนสี้อม สี้อมรีแอกทีฟ ระบบเอสบีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Treatment of wastewater contaminated with reactive dye using sequencing batch reactor (SBR)

Name Miss Jintana Jamjan
Miss Maneerat Panapunnang

Department Chemistry

Program Environmental Resource Chemistry

Academic year 2003

Special Project Advisor Dr. Chalor Jarusutthirak

ABSTRACT

This special project studied treatment efficiency of wastewater contaminated with reactive dye using sequencing batch reactor (SBR). The SBR system based on biological processes operated in batch mode of 8 hours a cycle and 3 cycles a day. Reaction of organic removal and sedimentation were taken place in the same reactor. Synthetic wastewater used in the study was divided into 2 groups including wastewater with and without contamination of reactive dye. The result exhibited a removal efficiency of 91% based on COD, for reactive dye-free wastewater, the removal efficiency was found to decrease when the dye was present. With a consideration of other parameters, such as absorbance spectrum, UV-absorption at 254 nm., and a ratio of BOD to COD, it was found that reactive dye contaminated in wastewater was a major factor leading to a reduction of SBR removal efficiency, possibly due to a refractory structure and a toxicity effect of the dye. An increase of reactive dye in wastewater caused an increase of COD level as well as a decrease of removal efficiency of the SBR. The result showed that percent removal of COD decreased from 71% to 65% when the COD associated with reactive dye increased from 50 mg/L to 100 mg/L.

Keywords : BOD , COD , Dyeing wastewater , Reactive dye , Sequencing batch reactor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี ผู้ทำโครงการพิเศษ ขอขอบพระคุณ ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คิดตามผลงาน และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง รวมถึงคณาจารย์ในภาควิชาเคมีทุกๆ ท่านที่ให้คำปรึกษาปัญหาต่างๆ อีกทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและเจ้าหน้าที่ห้องธุรการภาควิชาเคมีที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกๆ ด้าน

และขอขอบพระคุณคุณแม่ ญาติพี่น้อง เพื่อนๆ เภม็ทร์พยากรสิ่งแวดล้อมปี 4 ทุกคนที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด



จินตนา
มณีรัตน์

แจ่มจันทร์
ปาณะปูลณัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
สัญลักษณ์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์	3
2.2.1 หลักการทำงานของระบบ	3
2.1.2 การเกิดตะกอนเร่ง	5
2.1.3 ขั้นตอนการเดินระบบ	6
2.1.4 ข้อได้เปรียบของระบบเอสบีอาร์	6
2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ	7
2.2 อุตสาหกรรมฟอกย้อม	9
2.2.1 กระบวนการฟอกย้อม	10
2.2.1 การย้อมสี	11
2.2.3 สีที่ใช้ในการฟอกย้อม	12
2.2.4 แหล่งกำเนิดและสิ่งสกปรกที่ได้จากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	14
2.2.5 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	17
2.2.6 สภาวะมลพิษที่เกิดจากน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม	17
2.3 คุณสมบัติ โครงสร้างโมเลกุลของสีซีย้อมรีแอ็กทีฟ	18
2.4 จุดชีววิทยาของระบบบำบัดน้ำเสีย	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	23
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	23
3.2 อุปกรณ์	24
3.3 การดำเนินการทดลอง	24
3.3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	24
3.3.2 การเลี้ยงเชื้อตะกอน	24
3.3.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์	25
3.3.4 วิธีการวิเคราะห์	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	29
4.1 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์	29
4.2 การศึกษาการดำเนินการของระบบเอสบีอาร์	29
4.3 การทดสอบการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมด้วยระบบเอสบีอาร์	31
4.4 ผลของซีโอดีต่อการทำงานของระบบเอสบีอาร์	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการทดลอง	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของสีย้อมที่เหมาะสมกับเส้นใยชนิดต่างๆ	15
2.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์	17
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	23
3.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์	25
3.3 ขั้นตอนการบำบัดและระยะที่ใช้	26
3.4 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์	28
4.1 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ	30
4.2 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์ของน้ำออกจากระบบ	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ปฏิกริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ต่อเนื่อง	4
2.2	ขั้นตอนการดำเนินการของระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์	6
2.3	กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม	11
2.4	สูตรโครงสร้าง Reactive Brilliant Blue	18
2.5	ช่วงชีวิตของจุลินทรีย์	19
3.1	ส่วนประกอบของถังบำบัด	25
4.1	การติดตั้งระบบ	31
4.2	ค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 ใน 1 รอบการทำงาน	33
4.3	ค่าซีโอดีของน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบเอสบีอาร์ของน้ำเสียกลุ่มที่ 1	34
4.4	ค่าแอมโมเนียน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบ ของน้ำเสียกลุ่มที่ 1	34
4.5	ปริมาณไนเตรตของน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบของน้ำเสียกลุ่มที่ 1	36
4.6	พีเอชของน้ำเข้า - น้ำออกจากระบบ	36
4.7	ของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า - น้ำออกจากระบบ	37
4.8	ค่าซีโอดี 300 มก./ล.ของน้ำเสียที่ระยะเวลาต่างๆใน 1 รอบการบำบัด	39
4.9	สเปกตรัมของน้ำเสีย ค่าซีโอดีจากน้ำตาล 250+ ลีซัอม 50 มก./ล.	40
4.10	ความเข้มข้นสีของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีจากน้ำตาล 250 และลี 50 มก./ล.	40
4.11	ค่าซีโอดีน้ำเข้า-น้ำออกของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีจากน้ำตาลซูโครส 250 มก./ล.และลี 50 มก./ล.	41
4.12	ค่าซีโอดี ของน้ำเสีย 300 350 และ 400 มก./ล.ใน 1 รอบ	42
4.13	ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีและบีโอดีของน้ำเสียซีโอดี 300 350 และ 400 มก./ล.	43
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ	44
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
COD	=	Chemical Oxygen Demand
MLSS	=	Mixed Liquor Suspended Solids
NH ₃	=	Ammonia
NO ₃ ⁻	=	Nitrate
PVA	=	Polyvinyl Alcohol
RTB	=	Reactive Turquoise Blue
SBR	=	Sequencing Batch Reactor
SMP	=	Soluble Microbial Product
SRT	=	Sludge Retention Time
TKN	=	Total Kjeldahl Nitrogen
TSS	=	Total Suspended Solids



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สีย้อมจำนวนมากถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ เครื่องสำอางค์ กระดาษ เครื่องหนัง เกล็ดสีภัณฑ์ และอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเหล่านี้ปนเปื้อนไปด้วยสีย้อม เมื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยไม่ได้รับการบำบัดอย่างถูกวิธีจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งวิสัยทัศน์อาจถูกทำลาย อุตสาหกรรมฟอกย้อม เป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ทำให้กำเนิดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมในปริมาณมากรวมทั้งสารมลพิษประเภทต่างๆ สีย้อมที่ปนเปื้อนมีมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต และหนึ่งในนั้นคือ สีย้อมรีแอคทีฟ (Reactive Dye) ซึ่งเป็นสีย้อมที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมากถึง 2 ใน 3 ส่วน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542) เพราะสีย้อมประเภทนี้เป็นสีย้อมที่ย้อมติดเส้นใยทุกชนิดได้ง่าย ทนต่อการซักล้าง และเนื่องจากโมเลกุลของสีย้อมเป็น โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ทั้งมีโครงสร้างซับซ้อน จึงทำให้ขีดขวางการส่งผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำเพราะฉะนั้นต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

การบำบัดน้ำที่ปนเปื้อนสีย้อมมีด้วยกันหลายวิธีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีการบำบัดโดยการสร้างตะกอน(Coagulation) เป็นวิธีทางกายภาพที่ได้ประสิทธิภาพแต่จะใช้ปริมาณสารเคมีและมีตะกอนสารเคมี(Chemical Sludge) เกิดขึ้นมากซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำบัดให้สูงขึ้น หรือวิธีทางเคมีที่ใช้การออกซิเดชันด้วยโอโซน คลอรีน การรีดักชัน การดูดซับผิว ก็จะได้ประสิทธิภาพดีเช่นกันหากต้องใช้ปริมาณสารมาก ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง และยังเกิดการตกค้างของสารบางตัวได้ด้วย การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพโดยกระบวนการแอนแอโรบิกสามารถย่อยสลายสีย้อมได้ดี แต่จะเกิดอะโรมาติกอามีน ที่เป็นพิษมากกว่าเดิม จึงได้มีการศึกษากระบวนการบำบัดแอกติเวตเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์(Sequencing Batch Reactor; SBR) ที่ใช้กระบวนการแอนโรบิก ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ถึงบำบัดเพียงถังเดียว ทำหน้าที่เป็นทั้งถังเติมอากาศเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ และทำหน้าที่แยกตะกอนภายในถังเดียวกัน ซึ่งระบบนี้มีความยืดหยุ่นและง่ายต่อการควบคุม

การวิจัยนี้จึงเลือกศึกษากระบวนการบำบัดแบบเอสบีอาร์ ด้วยกระบวนการแอนโรบิกในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีย้อมรีแอคทีฟ โดยวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนเข้าระบบ หลังออกจากระบบ และช่วงระหว่างเดินระบบและผลของปัจจัยความเข้มข้นซีโอดี (Chemical Oxygen Demand; COD) ที่มีอิทธิพลต่อระบบบำบัดน้ำเสีย

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยระบบเอสบีอาร์
2. ศึกษาถึงผลของปัจจัยซีโอดี ที่มีผลต่อระบบบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีย้อม Remazol Brilliant Blue R. ด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์
3. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ระหว่างน้ำเสียที่ไม่ได้ปนเปื้อนสีย้อมและปนเปื้อนสีย้อม Remazol Brilliant Blue R.

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. สร้างระบบเอสบีอาร์ซึ่งใช้ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ปนเปื้อนและปนเปื้อนสีย้อม Remazol Brilliant Blue R.
2. ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ปนเปื้อน และปนเปื้อนสีย้อม Remazol Brilliant Blue R. โดยศึกษาพารามิเตอร์ บีโอดี ซีโอดี ทีเอสเอส แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ทีเคเอ็น พีเอชและดี ในน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบและหลังออกจากระบบ รวมทั้งศึกษาการบำบัดซีโอดีและดีในช่วงระหว่างเดินระบบ
3. ทำการทดสอบปัจจัยของซีโอดีที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ กำหนดค่าซีโอดีเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่มีการปนเปื้อนสีย้อมเป็น 300 มก./ล. และแปรค่าความเข้มข้นซีโอดี เป็น 300, 350 และ 400 มก./ล. ด้วยการเพิ่มปริมาณสีย้อม

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีย้อมของระบบเอสบีอาร์
2. ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยความเข้มข้นซีโอดีที่มีต่อระบบเอสบีอาร์
3. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบเอสบีอาร์ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR (Sequencing Batch Reactor)

2.1.1 หลักการทำงานของระบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2537)

กระบวนการตะกอนเร่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมายหลายชนิด ที่ถูกควบคุมให้เจริญเติบโตอยู่ในน้ำ ซึ่งมีออกซิเจนอิสระละลายอยู่ และจะต้องมีสารอินทรีย์ที่สามารถใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้อีกด้วย ปฏิกริยาทางชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้

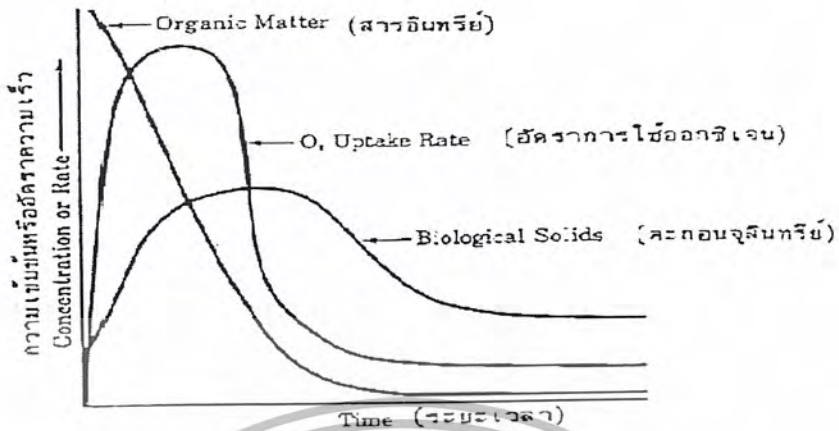


มลสาร (Pollutant) ที่อยู่ในน้ำเสีย จะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่บำบัดแล้ว พลังงานก็ถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำเนินชีวิต สรุปลแล้วมลสารซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ สารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำ สามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอน น้ำเสียที่ถูกจุลินทรีย์นำสารอินทรีย์ต่างๆ มาใช้จนหมดแล้วก็จะป็นน้ำสะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

ในการใช้สารอาหารหรือในการย่อยสลาย สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์อาจมีการทำงานร่วมกันหลายชนิดก็ได้ โดยจุลินทรีย์บางชนิดเริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex Organics) ก่อน จากนั้นก็จะมีชนิดอื่นๆ ย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมีฉะนั้นก็อาจจะเป็นการนำเอาผลหรือของเสียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายต่อไปได้อีก (End Product) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในการทำงานของกระบวนการแบบทำงานเป็นครั้งคราว (Batch Process) สามารถแสดงได้ตามรูปที่

2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

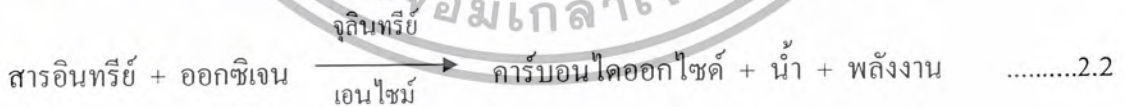


รูปที่ 2.1 ปฏิกริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาแบบไม่ต่อเนื่อง

เมื่อเริ่มการทำงาน ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนจุลินทรีย์จะมีค่าความเข้มข้นต่ำและมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ก็จะมีอัตราการใช้ออกซิเจนมากขึ้น และเจริญเติบโต เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ครั้นเมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนไม่เพียงพอในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราการต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ

จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผลสามประการ คือ

1. ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ตามสมการ

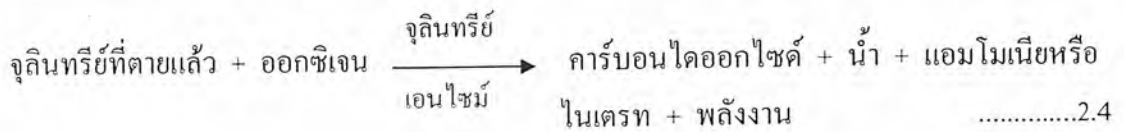


2. ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ตามสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว ตามสมการ



โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว จะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่นๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่

2.1.2 การเกิดตะกอนเร่ง

ตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นส่งถ่าย (Transfer Step)
2. ขั้นเปลี่ยนรูป (Conversion Step)
3. ขั้นรวมตะกอน (Flocculation Step)

ในขั้นแรก สารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ดูดมาติดผนังเซลล์และส่งน้ำย่อยออกมาย่อยสลายจนสารอินทรีย์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กพอจะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ เพื่อใช้เป็นสารอาหารได้ ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 นาที น้ำย่อยหรือเอนไซม์นี้จุลินทรีย์จะผลิตขึ้นมาไว้ภายในเซลล์และในน้ำที่อยู่รอบตัวของมัน สารอินทรีย์แต่ละชนิดต้องใช้เอนไซม์เฉพาะอย่างในการย่อย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงต้องมีการปรับตัว และผลิตเอนไซม์ออกมาใช้ให้เหมาะกับน้ำเสียชนิดต่างๆ และต้องให้เวลาแก่จุลินทรีย์ในการปรับตัว (Acclimatize) ที่พอเหมาะ โดยเฉพาะในช่วงเริ่มการทำงาน (Start up) ของระบบบำบัดน้ำเสีย

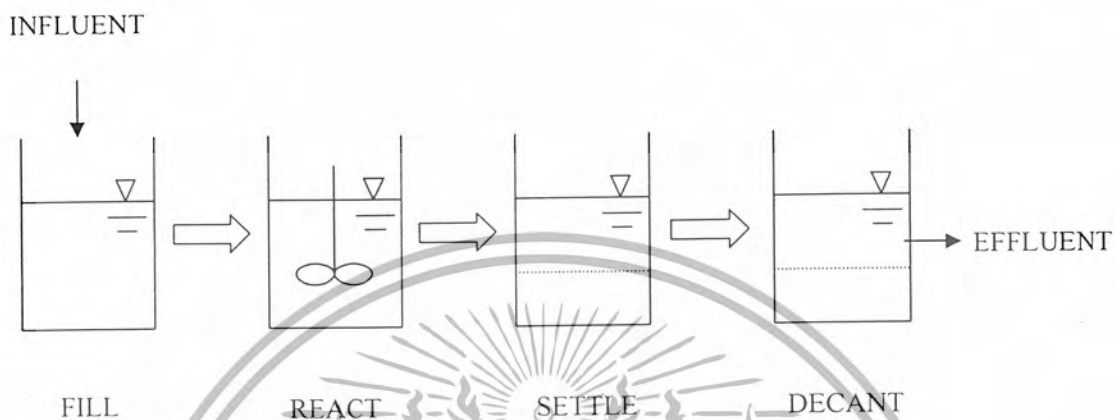
ขั้นที่สอง เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กและสามารถละลายน้ำผ่านเข้าไปในเซลล์ได้แล้ว ก็จะถูกจุลินทรีย์ทำการเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งหมายถึงการสร้างเซลล์ใหม่ และกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาที่มีการเติมออกซิเจน แล้วได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน กระบวนการทั้งสองนี้รวมกันเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นในจุลินทรีย์ (Metabolic Process)

ขั้นที่สาม เป็นการรวมตัวของตะกอนเร่ง โดยจุลินทรีย์จะถูกกวนผสมกันอยู่ เมื่อมาชนกันก็จะจับรวมตัวกันเป็นตะกอนที่ใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟลอค (Floc) หรือตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งตกตะกอนได้ดีกว่าเซลล์เดี่ยว ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำที่บำบัดแล้วได้ง่าย เมื่อตะกอนเร่งไปสัมผัสกับน้ำเสียซึ่งมีสารแขวนลอย (Suspended Material หรือ Colloidal Material) ก็จับมวลสารเหล่านี้เอาไว้ภายในและทำการย่อยสลายเป็นอาหารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ขั้นตอนการเดินระบบ

ระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ประกอบด้วยขั้นตอนการบำบัด 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการดำเนินการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

ขั้นตอนการบำบัด

1. ขั้นตอนการเติมน้ำเสีย (FILL) : เติมน้ำเสียลงถังหลังจากในถังบำบัดที่มีจุลินทรีย์พร้อมเริ่มการบำบัด
2. ขั้นตอนเติมอากาศ (REACT) : ใช้ใบพัดตีความ กวนน้ำเสียลงถังพร้อมกับเติมอากาศ เพื่อให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยาได้ทั่วถึงทั้งปฏิกิริยา
3. ขั้นตอนการตกตะกอน (SETTLE) : หยุดการเติมอากาศและการปั่นกวน เพื่อให้เกิดการตกตะกอน แยกชั้นระหว่างน้ำกับตะกอน
4. ขั้นระบายน้ำออก (DECANT) : นำน้ำใสส่วนบนออกจากระบบ แล้วเริ่มกระบวนการใหม่

2.1.4 ข้อได้เปรียบของระบบเอสบีอาร์ (มีชัย , 2545)

1. ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบที่ใช้ถึงปฏิกิริยาเพียงอย่างเดียว โดยจะเป็นทั้งถังปรับสภาพน้ำเสีย (Equalization) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการก่อสร้าง
2. สามารถทำการเดินระบบและควบคุมดูแลระบบได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สามารถรับน้ำเสียที่มีการเปลี่ยนแปลงของ Volumetric Loading โดยน้ำเสียที่เข้าระบบถูกเจือจางลง โดยน้ำในถังปฏิกรณ์
4. สามารถเปลี่ยนแปลงวัฏจักรการทำงานของระบบเอสบีอาร์ ให้เหมาะกับลักษณะและปริมาณน้ำเสีย
5. ตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้นมามีจำนวนน้อยมาก ทำให้ดูแลระบบง่ายกว่าระบบ แอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) ทั่วไป
6. การแยกระหว่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว กับตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงตกตะกอนเป็นไปอย่างสมบูรณ์ใกล้จุดมคติ
7. ระบบเอสบีอาร์ สามารถควบคุมให้เกิดปฏิกิริยา Nitrification / Denitrification หรือ Phosphorus Removal ได้โดยไม่ต้องเติมสารเคมี แต่ใช้วิธีควบคุมวัฏจักรของการบำบัด และเป็นข้อได้เปรียบกว่าระบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ทั่วไป
8. ลดโอกาสของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์พวกเส้นใย เนื่องจาก BOD Loading ในถังปฏิกรณ์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการบำบัด
9. ลดปัญหาในการนำตะกอนหมุนเวียนกลับจากถังตกตะกอนไปยังถังเติมอากาศ
10. เป็นระบบที่ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบ แอคติเวตเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ทั่วไป

2.1.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, 2537)

1) ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย

เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่ง ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงมากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบโดยอาจจะทำให้มีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง(มีอาหารมาก) ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed growth) แทนที่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่ดี (Floc) เป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำออกขุ่น และมีค่าสารอินทรีย์หรือบีโอดีเหลืออยู่สูงหรืออาจจะเกิดขึ้นในทำนองตรงกันข้าม คือมีอัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์ต่ำ (มีอาหารน้อย) จนทำให้จำนวนจุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลง ซึ่งถึงแม้ตะกอนจุลินทรีย์จะตกตะกอนได้เร็วแต่ก็ไม่สามารถจับตะกอนเล็กๆ ตกลงมาหมดได้ ทำให้น้ำที่ออกจากถังตะกอนขุ่น

2) อาหารเสริม

จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริม (Nutrient) ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจากสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้มีอยู่ครบในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมชน(Domestic Wastewater) แต่อาจจะมีไม่พอในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การขาดสารอาหารเสริมที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้ จุลินทรีย์สร้างฟลอคเติบโตได้ไม่ดี จนทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นเส้นใย (Fillamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า ซึ่งจะทำให้ตะกอนเร่งตกตะกอนได้ยากและเกิดเป็นชั้นอัดขึ้นมาสูงในถัง และอาจไหลล้นออกมากับน้ำทิ้ง จนระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้อีก นอกจากนั้น การที่จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญเติบโตได้ไม่ดี จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานต่างๆ ของระบบต่ำลงด้วย

ปกติจะควบคุมให้ บีโอดี 100 กิโลกรัม ต้องมีไนโตรเจน 5 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม และเหล็ก 0.5 กิโลกรัม การเติมไนโตรเจนมักใส่ลงในรูปของแอมโมเนีย หรือยูเรีย สำหรับฟอสฟอรัสจะใส่ลงในรูปของกรดเฟอริก และใส่เหล็กในรูปของเฟอร์ริกคลอไรด์ ในการเติมอาหารเสริม จะต้องสังเกตและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำออกให้มีค่าแร่ธาตุต่างๆ เหลืออยู่เพียงเล็กน้อย เพราะการใส่ลงไปมากเกินไป นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว ยังเป็นสารมลพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อมได้อีก

3) ออกซิเจนละลายน้ำ

ในถังจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 1 ถึง 2 มก./ล. ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้เพื่อรักษาความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์สามารถทำงานได้มากก็จะต้องการออกซิเจนมาก นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูง ออกซิเจนจะมีค่าการละลายน้ำอิ่มตัว (Saturation Value) ต่ำ จึงทำให้ต้องใช้ออกซิเจนมากเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ในทางกลับกันหากอุณหภูมิน้ำต่ำ ก็จะทำให้มีความต้องการการเติมอากาศน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง ในการที่จะรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำที่ค่าเท่ากัน

4) ระยะเวลาในการบำบัด

ระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะต้องมีมากพอเพียงที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่างๆ หากมีระยะเวลาดำเนินไป สารที่ย่อยยากๆ จะถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้มีค่า บีโอดี เหลืออยู่ในน้ำเสียมก

5) ค่าพีเอช

พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ค่าพีเอชเท่ากับ 7 ถือว่าเป็นกลางถ้าน้อยกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด และถ้ามากกว่า 7 ถือว่าเป็นด่างแบบที่เรียกเจริญเติบโตได้ดีที่ค่า พีเอช 6.5-8.5

6) สารเป็นพิษ

สารเป็นพิษ แบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือ พิษแบบเฉียบพลัน (Acute Toxicity) ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมงและแบบพิษออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) ซึ่งใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลานานและค่อยๆ ตาย การเกิดพิษเฉียบพลันสังเกตได้ง่ายเนื่องจากมีผลเกิดขึ้นรวดเร็ว สารพิษจำพวกนี้ได้แก่ ไซยาไนด์อาร์เซนิก เป็นต้น สำหรับสารพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดง และ โลหะหนักต่างๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษและตายในที่สุด นอกจากนั้นอาจจะเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนียซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 500 มก./ล.

7) อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงาน และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการตะกอนเร่ง โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10°C จะทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตน้อยลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำในระบบทำได้ยาก ดังนั้นผู้ควบคุมจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของตะกอนเร่งในถัง หรือ MLSS ให้มีค่าน้อยเมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อนและเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ

8) การกวน

ภายในถัง จะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึงในชั้นเดิมอากาศ เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน และเพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดโดยใช้เป็นอาหารและลดมลสารต่างๆ รวมทั้งจะได้จับตัวกันเป็นฟล็อกที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้น้ำเสียไหลลัดวงจรและทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า MLSS และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำสม่ำเสมอทั้งหมด

9) อัตราการไหลของน้ำเสีย

การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสีย ที่ส่งเข้าระบบบำบัดมีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการทางชีววิทยา หากน้ำเสียมีอัตราการไหลมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง มีค่าสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนจะลดลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบเอาไว้

2.2 อุตสาหกรรมฟอกย้อม

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีที่อาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสมซึ่งอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง ดังนั้นปริมาณน้ำเสียจึงมีเป็นจำนวนมากซึ่งสีย้อมที่ใช้มีหลายชนิด สีย้อมแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับเส้นใยแต่ละชนิดกัน สีย้อมที่นิยมใช้ในการฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นสีย้อมในตระกูลรีแอคทีฟและดิสเพิร์ส (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 กระบวนการฟอกย้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อมเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบ ทำหน้าที่เปลี่ยนวัสดุสิ่งทอในรูปที่ยังเป็นวัตถุดิบ คือ เส้นด้ายดิบหรือผ้าดิบ ให้เป็นวัสดุสำเร็จที่สามารถนำไปจำหน่ายแก่ผู้บริโภคได้โดยตรงหรือนำไปใช้ทำเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมขั้นปลายได้ กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อมส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีที่อาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย โดยการใช้สารเคมีและสีย้อมที่เหมาะสมซึ่งอาศัยน้ำเป็นตัวกลาง อุตสาหกรรมฟอกย้อมจึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้น้ำมาก กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อมประกอบด้วยกระบวนการหลักที่สำคัญ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การย้อมสี (Textile Dyeing)

วัสดุสิ่งทอส่วนใหญ่จะต้องมีการนำไปให้สีก่อนการใช้งาน ด้วยวิธีการย้อม (Dyeing) จะให้สีพื้น ผ่าผืนหรือเส้นด้ายที่มีสีลักษณะแตกต่างกันไป หลักการย้อมสี คือ การใช้วิธีการที่เหมาะสมให้สารประกอบเคมีที่ละลายเป็นสารละลายหรือกระจายอยู่ในสารละลาย (Dispersion) ไปทำให้เกิดสีบนวัสดุที่จะย้อม (Substrates) เช่น เส้นใย ผ้า ฝ้าย ฯลฯ แล้วทำให้เกิดสีบนวัสดุที่จะย้อมอย่างถาวร การเกิดสีที่จะย้อมไม่เพียงแต่เกิดบนผิวน้ำเท่านั้น แต่จะสามารถซึมให้เกิดสีตลอด (Uniformly) บนผิวรอบภาคตัดขวางของวัสดุที่จะย้อมด้วยขั้นตอนการย้อมผ้ามีส่วนประกอบสำคัญที่มีผลต่อการย้อม คือ

1) ชนิดของเส้นใย

เส้นใยที่นำมาถักหรือทอเป็นผ้าผืน สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- (1) เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fibers) เช่น ฝ้าย ขนสัตว์ ไหม เป็นต้น
- (2) เส้นใยประดิษฐ์ (Man-Made Fibers) เช่น เรยอง ไนลอน อะคริลิก อะซิเตต โพลีเอสเตอร์ และ โพลีโพรพิลีน เป็นต้น

เส้นใยธรรมชาติย้อมง่ายกว่าเส้นใยประดิษฐ์ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติดูดซึมน้ำได้ดี และเมื่อเปียกน้ำจะมีการพองตัว ทำให้สีย้อมซึ่งละลายอยู่ในน้ำแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยได้ง่าย ส่วนเส้นใยประดิษฐ์ เช่น โพลีเอสเตอร์ ดูดซึมน้ำได้น้อย เพราะโครงสร้างของเส้นใยแน่นมาก สีย้อมแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยได้ยาก ทำให้การย้อมเกิดขึ้นยากกว่า การย้อมเส้นใยประดิษฐ์จึงต้องเลือกสีย้อมให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเส้นใยประดษฐ์นั้นๆ

2) สีย้อม (Dye)

สีย้อมที่นำมาใช้ในการย้อมเส้นใยมีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด การนำสีย้อมมาใช้ให้ได้ผลดีขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีกับเส้นใย ซึ่งต้องมีมากกว่าอำนาจการรวมตัวของสีกับน้ำ โดยจะต้องทำให้เกิดสถานะที่โมเลกุลของสีย้อมจัดเรียงตัวกันในลักษณะที่ทำให้เกิดการดูดติด (Substantivity) กับเส้นใยแล้วพันธะ (Bond) ยึดติดกันแน่น อิทธิพลที่ทำให้เกิดการดูดติดกับเส้นใย คือ

- ก. พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond)
- ข. แรงวานเดอร์วาล (Van der Wall's Forces)
- ค. แรงอออนิก (Ionic Forces)
- ง. พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดติดกันระหว่างโมเลกุลของเส้นใย จะต้องประกอบด้วยแรง 2 ชนิดขึ้นไปบางครั้งอาจเกิดแรงทั้ง 4 ชนิดผสมผสานกัน แต่แรงดึงดูดที่ทำให้เกิดการยึดติดได้ดีที่สุด ได้แก่ พันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) อิทธิพลของรูปร่างและขนาดของโมเลกุลของสีย้อมมีผลต่อการยึดติดกันหรือมีผลกระทบต่อการย้อมเป็นอย่างมากด้วย เช่น ถ้าโมเลกุลของสีย้อมยิ่งเล็กเท่าไรก็จะผ่านช่องว่างเข้าไปในเส้นใยได้มากขึ้นเท่านั้นทำให้การติดสีดีขึ้น หรือถ้าโมเลกุลของสีย้อมมีลักษณะแบนและมีความกว้างมากกว่าความยาวมากๆ จะทำให้เกิดการติดสีที่มีความคงทนสูงมากขึ้น

2.2.3 สีที่ใช้ในการฟอกย้อม

สีย้อมสามารถจำแนกออกได้หลายแบบ เช่น จำแนกโครงสร้างเคมี จำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสี จำแนกตามลักษณะทางกายภาพ จำแนกตามลักษณะการใช้งาน และจำแนกตามวิธีย้อม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542)

1) จำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสี

- สีย้อมฝ้าย ได้แก่ สีไคเรกท์ สีรีแอ็กทีฟ สีแวนต์ สีซัลเฟอร์
- สีย้อมโพลีเอสเตอร์ ได้แก่ สีดิสเพิร์ส
- สีย้อมไนลอน ไหมและขนแกะ ได้แก่ สีแอติก สีเมทัลลิกคอมเพล็กซ์
- สีย้อมอะคริลิก ได้แก่ สีเบสิก

2) จำแนกตามลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. สีชนิดที่ละลายน้ำได้

- สีแอติก
- สีเบสิก
- สีไคเรกท์
- สีรีแอ็กทีฟ

2. สีชนิดที่ไม่ละลายน้ำ

- สีอะโซ
- สีดิสเพิร์ส
- สีแวนต์
- สีฟิคเมนต์
- สีซัลเฟอร์
- สีเมทัลลิกคอมเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) จำแนกตามลักษณะการใช้งาน

1. สีไคเรกท์ (Direct Dyes)

สีย้อมไคเรกท์บางครั้งถูกเรียกว่าสีย้อมฝ้าย ชื่อของสีชนิดนี้ได้มาจากการที่สีย้อมนี้เป็นสีสังเคราะห์ชนิดแรกที่สามารถย้อมติดใยฝ้ายโดยซึมเข้าไปภายในเซลล์ลูโลสได้โดยตรง ไม่ต้องเติมสารช่วยย้อมใดๆ ทั้งสิ้น แต่ในปัจจุบันการย้อมสีไคเรกท์นี้จะใช้เกลือเข้าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย้อมให้สูงขึ้น สีย้อมชนิดนี้ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลและมีกรดซัลโฟนิคซึ่งทำให้ตัวสีละลายน้ำได้

2. สีรีแอ็กทีฟ (Reactive Dyes)

เป็นสีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสที่ดีที่สุด สามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็นแอนไอออน เมื่ออยู่ในน้ำย้อมที่เป็นด่าง โมเลกุลของสีจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลในเซลลูโลส และเชื่อมโยงติดกันโดยพันธะโควาเลนต์ กลายเป็นสารประกอบชนิดใหม่กับเซลลูโลส สมบัติการละลายและดูดติดเส้นใยของตัวสีจะทำให้สีเข้าไปอยู่ภายในเส้นใยได้ และเมื่อเกิดปฏิกิริยาดัวยสีก็จะติดกับเส้นใย

3. สีซัลเฟอร์ (Sulfer Dyes)

เตรียมได้จากการหลอมละลายกำมะถันหรือโซเดียมซัลไฟด์กับกรดอะมิโนและสารประกอบไนโตรเจน ใช้ย้อมใยฝ้าย โดยเฉพาะสีที่ย้อมได้จะไม่ค่อยสดใส ตามปกติแล้วตัวสีย้อมชนิดนี้ไม่ละลายน้ำ แต่ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสีย้อมชนิดนี้ขึ้นมาใหม่โดยนำสีย้อมไปทำการรีดิวซ์ ทำให้สีชนิดนี้สามารถละลายน้ำได้ดี สีย้อมชนิดนี้ย้อมง่าย มีราคาถูกและคงทนต่อน้ำได้ดี

4. สีดีสเพิร์ส (Disperse Dyes)

สีชนิดนี้ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ย้อมเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด ที่ดูดซึมน้ำได้น้อย สีชนิดนี้ไม่ละลายน้ำแต่เป็นละอองละเอียดลอยตัวอยู่ในน้ำ เมื่อมีสารช่วยกระจายที่เหมาะสมจะสามารถใช้ย้อมในน้ำธรรมดาได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีอย่างอื่นช่วย สีดีสเพิร์สอาจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ โดยพิจารณาจากกลุ่มเคมีในตัวสีย้อม ได้แก่ สีย้อมอะโซ และสีย้อมอะมิโนแอนทราควิโนน

5. สีแอซิก (Acid Dyes)

ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนในน้ำย้อมซึ่งมีสภาพเป็นกรดเจือจาง อาจจะนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสที่ไม่ใช่เซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ด้วย เช่น ปอ ป่าน และใยโพลีเอไมด์ เป็นต้น ตัวสีย้อมเกิดจากสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน มีโครงสร้างเป็นไอออนลบในส่วนสารประกอบที่ให้สี กลุ่มเคมีของสีแอซิกนี้ประกอบด้วย กลุ่มสีอะโซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สีเบสิก (Basic Dyes)

นิยมใช้ย้อมขนสัตว์และเส้นใยสังเคราะห์บางชนิด ย้อมติดเส้นใยเซลลูโลสได้เพียงเล็กน้อยหรือไม่ติดเลย ตัวสีย้อมเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครโมฟอร์ ให้แกทอออน บางครั้งจะเรียกสีย้อมชนิดนี้ว่าสีแกทอออน ย้อมติดกับเส้นใยได้โดยประจุบวกของโมเลกุลของสี ย้อมจะจับกับประจุลบของเส้นใย

7. สีมอร์แดนต์ (Mordant Dyes)

ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ตัวสีย้อมกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นตัวสีย้อมในกลุ่มสีย้อมแอสิกที่สามารถก่อรูปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะบางชนิดได้ เช่น โครเมียม อลูมิเนียมและเหล็ก อนุภาคของสีที่ก่อรูปบนเส้นใยภายหลังเมื่อย้อมทับด้วยเกลือ โลหะแล้วจะมีความคงทนต่อขบวนการใช้น้ำได้ดีกว่าที่ไม่ย้อมทับสีย้อมแต่ชนิดนี้มีความเหมาะสมกับเส้นใยแต่ละชนิดแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1

2.2.4 แหล่งกำเนิดและสิ่งสกปรกที่ได้จากอุตสาหกรรมฟอกย้อม

1) แหล่งกำเนิดของน้ำทิ้ง

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีที่มาจากแหล่งต่างๆที่สำคัญ 5 แหล่ง คือ

1. น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่

น้ำที่ใช้ในการดำเนินการฟอกย้อม น้ำใช้ในส่วนนี้อาจมีการระเหยไปข้างในระหว่างขั้นตอนการผลิต แต่ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำเสียภายหลังการผลิต น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้ยังอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

ก. น้ำที่ใช้ในขั้นตอนการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณไม่มากนัก แต่มี

ความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนที่ค่อนข้างสูง

ข. น้ำใช้ในการซักล้างภายหลังการฟอกย้อม น้ำในส่วนนี้จะมีปริมาณมาก

แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนโดยส่วนรวมแล้วต่ำกว่าน้ำเสียในประเภทแรก

2. น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

ในกระบวนการฟอกย้อม มักจะมีการอาศัยไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนแก่ น้ำที่ใช้ในกระบวนการและเป็นตัวให้ความร้อนในตู้อบไอน้ำ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกปล่อยให้เย็นลงและกลั่นตัวในท่อไอน้ำก็จะได้น้ำที่สะอาดสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าไอน้ำถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแก่สารละลายสีย้อมโดยตรง ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาตรของสารละลายสีย้อม และจะถูกรวมเป็นน้ำเสียที่สกปรกที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสีข้อมที่เหมาะสมกับเส้นใยชนิดต่างๆ

เส้นใย	สีข้อม									
	สี ไค เร็ค ท์	สี เบ สติก	สี ซัล เฟอร์	สี อะ โซ อิก	สี เว้า	สี รี แอ็ก ทีฟ	สี แอส ติก	สี เมทิล คอม เพล็กซ์	สี มอร์ แคน ท์	สี ดีดี เพิร์ส
เซลลูโลส (ฝ้าย, วิสโคส, ลินิน)	+	+	+	+	+	+	+			
เส้นใยจากพืช ประเภท							S			
เฮมิ-เซลลูโลส (ปอกระเจา, ป่าน , ปอ,	S	+								
ใยมะพร้าว, ป่าน ศรนารายณ์)							+	+	+	
เส้นใยโปรตีน (ขนสัตว์, ขน แกะ)	S	S			S	+	+	+	+	
เส้นใยโปรตีน (ไหม)	S	S				+				+
เซลลูโลส ไคอะ ซิเตด และ ไตรอะ ซิเตด				S	+		+	S	S	+
โพลีเอไมด์ ใน ก่อน 66 และ 6	+					+				+
โพลีเอสเตอร์				S	S					+
โพลีอะคริลิก		+				S				

s = ใช้ได้บ้าง

+ = ใช้ได้หมด

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2542)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น

ในกระบวนการฟอกย้อม มีบ่อยครั้งที่ทางโรงงานจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของสารละลายสีย้อมลงในเวลาอันสั้น ซึ่งจะทำให้ได้ก็โดยอาศัยการหล่อเย็น น้ำหล่อเย็นนี้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำสะอาดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

4. น้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องจักรและทำความสะอาดโรงงาน

น้ำส่วนนี้นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม และในบางกรณีเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูงมากด้วย เช่น น้ำล้างถังเตรียมสีย้อม เป็นต้น

5. น้ำจากแหล่งอื่นๆ

นอกจากน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมยังอาจมีน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ อีก เช่น น้ำใช้ของคนงาน หรือน้ำฝน เป็นต้น

2) ประเภทสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำเสีย

สิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมจำแนกออกได้ดังนี้

1. สีย้อม ในการย้อมเส้นใยจะมีการดูดซึมสีย้อมได้เพียงบางส่วนของเส้นใยจะยังคงอยู่ในน้ำย้อม และจะถูกปล่อยออกมากับน้ำเสียในที่สุด ปริมาณสีที่ยังคงเหลืออยู่ในน้ำย้อมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับประเภทที่ใช้

2. สารเคมีที่ช่วยในกระบวนการฟอกย้อม สารเคมีเหล่านี้จะมีอยู่มากมายหลายประเภทซึ่งส่วนใหญ่จะคงเหลืออยู่ในน้ำย้อมและจะถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำเสีย

3. สิ่งสกปรกเจือปนในเส้นใยมีทั้งที่เป็นสารจีฟี่ง โชนัน โปรตีน ตลอดจนจนสารประกอบโลหะต่างๆ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตก็มีการเติมสารเคมีต่างๆ ลงไปในเส้นใยด้วย เช่น พวกสารหล่อลื่น และแป้งที่ใช้ในการลงแป้งเส้นด้ายขึ้น เป็นต้น

4. เศษเส้นใย ในน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมมีองค์ประกอบอันหนึ่งที่จะหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ เศษเส้นใยที่หลุดออกมา เศษเส้นใยนี้หากมีปริมาณมากก็อาจทำให้เกิดปัญหาการอุดตันของน้ำเสียในเครื่องย้อมได้

5. สิ่งสกปรกเจือปนอื่นๆ น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมยังอาจมีสิ่งสกปรกเจือปนชนิดอื่นๆ อีก เช่น สารเคมีพิเศษที่ใช้ในการขจัดรอยเปื้อนบนผ้า สารเคมีที่ใช้ในการล้างเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

น้ำเสียที่มาจากโรงงานต่างๆ จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของเส้นใยที่นำมาย้อม และกระบวนการย้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันดังแสดงได้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ฟอกย้อม	ลักษณะของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด					จำนวนข้อมูล
	pH	BOD (มก./ล.)	COD (มก./ล.)	SS (มก./ล.)	สี (หน่วย Pt Co)	
ฟอกย้อมด้าย	8.2	120	300	43	450	13
ฟอกย้อมผ้าฝ้าย	9.0	110	370	50	570	16
ฟอกย้อมผ้าทอ	8.6	400	1,200	140	670	41
ฟอกย้อมด้ายและผ้า หรืออื่นๆ	9.1	230	713	65	400	30

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2542)

1. มีปริมาณสารอินทรีย์สูง เนื่องจากมีค่า BOD COD สูง ปริมาณสารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการฟอกย้อม ได้แก่ แป้ง สีย้อม เส้นใย และด้ายที่ปนออกมาจากกระบวนการย้อม และการตกแต่ง ไขมัน และตัวทำละลายต่างๆ
2. มีความเป็นด่างสูง สารที่ทำให้มีลักษณะเป็นด่าง คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมคาร์บอเนต
3. มีอุณหภูมิสูงประมาณ 50 องศาเซลเซียส
4. มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมาจากเกลือโซเดียมและกรดต่างๆ
5. มีสีเข้มมาก ซึ่งมาจากสีที่ใช้ในการย้อมผ้า
6. มีโลหะเจือปน โลหะหนักนี้จะมาจากสีที่ใช้ย้อมผ้า โดยส่วนใหญ่จะเป็นโลหะพวกทองแดง โครเมียม ตะกั่ว และสังกะสี
7. มีปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดสูง

2.2.6 ภาวะมลพิษที่เกิดจากน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม

โดยทั่วไปมลภาวะที่เกิดจากน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมมีดังนี้

1. ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ น้ำเสียจากน้ำย้อมผ้ามักมีสารที่มีพิษซึ่งจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

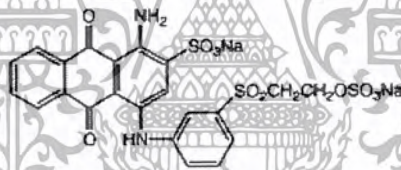
ผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และจุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัดทางชีววิทยา เช่น สารประกอบอินทรีย์

2. การลดลงของออกซิเจนในแหล่งน้ำ น้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์และใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรเจนซัลเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสีย้อมบางประเภท

3. ทำให้สภาวะทางกายภาพของแหล่งน้ำเสื่อมลง น้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดความรู้สึกน่ารังเกียจต่อผู้พบเห็นทำให้ลำน้ำไม่น่าดู นอกจากนี้สีย้อมที่มีความเข้มข้นสูงจะขัดขวางการเดินทางของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำนั้น

2.3 คุณสมบัติ โครงสร้างโมเลกุล ของสีย้อมรีแอคทีฟ

สูตรโครงสร้างของสีย้อมรีแอคทีฟ Remazol Brilliant Blue แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สูตร โครงสร้างของ Reactive Brilliant Blue

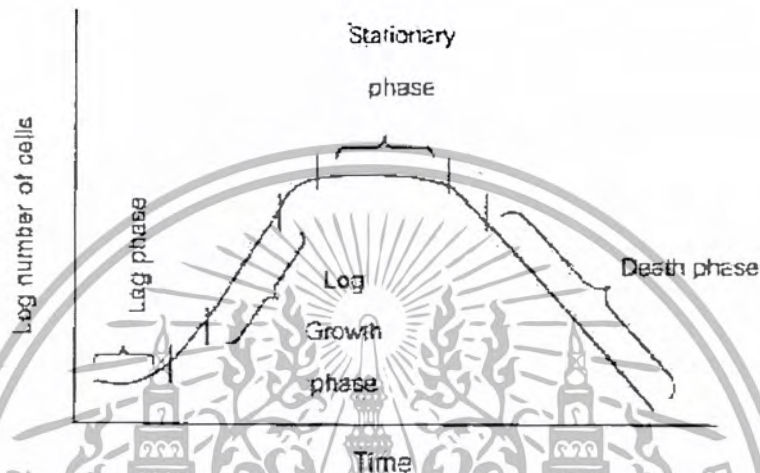
อำพล (2541) สีรีแอคทีฟมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับพวกสีแอซิด แต่สีรีแอคทีฟมีหมู่ labile ที่ไม่เสถียรได้แก่ หมู่ $-Cl$ หรือ $-O-SO_3Na$ ซึ่งเป็นตัวทำให้สีรีแอคทีฟสร้างพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยผ้าเซลลูโลสได้ สีรีแอคทีฟที่เป็นสีเหลือง ส้ม แดง ม่วง น้ำตาล และดำ โดยส่วนใหญ่จะเป็น โครงสร้างอะโซ แต่สีฟ้าหรือสีน้ำเงินจะมีทั้งที่เป็น โครงสร้างอะโซ (Azo) แอนทราควินอน (Anthraquinones) และพทาโลไซยาไนน์ (Phthalocyanines) สีย้อมอะโซบางตัวมีโครงสร้างเป็นคอปเปอร์ นอกจากนี้ สีดำ สีน้ำตาลบางตัว และสีรีแอคทีฟสำหรับย้อมผ้าขนสัตว์ มักมีโครงสร้างเป็น โครเมียมหรือโคบอลต์คอมเพล็กซ์

สีรีแอคทีฟเป็นสีย้อมชนิดที่นิยมใช้กันมากในการย้อมสีปัจจุบัน โดยสารประกอบของสีสังเคราะห์เหล่านี้โดยทั่วไปประกอบด้วย โครมาเจนและออกโซโครม โครมาเจนมักจะประกอบด้วยสารอะโรมาติก ซึ่งเป็นสารที่มีความคงตัวสูง กำจัดยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 จุลชีววิทยาของระบบบำบัดน้ำเสีย

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบ่งเป็น 4 ช่วง ซึ่งประกอบไปด้วยระยะ Lag Phase Log-Growth Phase Stationary Phase และ Endogenous Phase (Death Phase) ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ช่วงชีวิตของจุลินทรีย์

1. Lag Phase เป็นช่วงที่จุลินทรีย์เริ่มปรับสภาพให้อยู่ในสภาวะแวดล้อมใหม่ โดยเป็นจุดเริ่มต้นในการขยายพันธุ์
2. Log-Growth-Phase เป็นช่วงที่จุลินทรีย์มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วให้มีความเหมาะสมกับอาหารที่อยู่ในสภาวะแวดล้อม
3. Stationary Phase เป็นช่วงที่ปริมาณจุลินทรีย์มีความสมดุลกับปริมาณอาหารในระบบ
4. Endogenous Phase (Death Phase) เป็นช่วงที่อัตราการตายมากกว่าอัตราการเกิดซึ่งจุลินทรีย์ในช่วงนี้จะเป็นไปตามลักษณะของสิ่งแวดล้อมทั่วไป

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ปรีชาวิทย์ (2543). ศึกษากระบวนการเอสปีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก ของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ซีรีแอกทีฟแบบโมนอะโซและไดอะโซ เมื่อระยะเวลาพักแอนแอโรบิกเป็น 10 18 และ 30 ชั่วโมง พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดซีอีเอ็มไดอะโซเท่ากับ 59.6 80.1 และ 80.7 % ในหน่วยเอสยูซีส่วนใหญ่ถูกกำจัดได้ในสภาวะแอนแอโรบิก และจากการศึกษาการแปรผันความเข้มข้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเป็น 50 200 400 และ 600 มก./ล. พบว่า ใน 5 ชม.แรกการลดสีเกิดอย่างรวดเร็ว จากนั้นอัตราการลดสีจะลดลง เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (50-600 มก./ล.) ทำให้อัตราการลดสีจำเพาะเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ และมีแนวโน้มทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการลดสีเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ลดลง ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโมโนอะโซเท่ากับ 49.3 61 60.3 และ 54 % ในหน่วยอายุ ประสิทธิภาพการกำจัดสีไดอะโซเท่ากับ 46.2 55.2 65.8 และ 70 % ในหน่วยอายุ ตามลำดับ

- มีชัย (2541). ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำทิ้งโรงอาหาร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ด้วยระบบแอสบิอาร์ โดยศึกษาผลของการกวนในช่วง Denitrification และเปลี่ยนตัวแปรคือ สัดส่วนการเติมอากาศ : หยุดเติมอากาศ : เติมอากาศ พบว่า สัดส่วนการเติมอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดไนโตรเจน คือสัดส่วนการเติมอากาศ : หยุดเติมอากาศ : เติมอากาศ มีค่าสูงที่สุดของระบบที่มีการกวนในช่วง ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ระบบสามารถกำจัดทีเคเอ็นและที-เอ็นสูงสุดคิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 75.08 และ 65.65 ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นไนโตรเจน 50 มก./ล. และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 91.52 และ 89.95 ในระบบที่มีการกวนและไม่มีการกวนในช่วงดีไนตริฟิเคชัน

- วรวิทย์ (2541). ศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดน้ำเสียสีรีนเอกทีฟโทนสีน้ำเงินที่มีโครงสร้างทางเคมีต่างกันด้วยระบบแอสบิอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก ด้วยโครงสร้างทางเคมีของสีต่างกันคือ โครงสร้าง diazo vinylsulphonyl , anthraquinone vinylsulphonyl , anthraquinone monochrolotriazinyle และ oxazine พบว่าความสามารถในการกำจัดสีจะลดลงเมื่อเข้มข้นสูงขึ้น โดยเฉพาะสีใน 2 ประเภทหลัง ระบบสามารถบำบัดฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. โดยคิดเป็นร้อยละ 78 52 41 และ 96 % ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 100 มก./ล. สามารถบำบัดได้ร้อยละ 48 48 48 และ 42 %ตามลำดับ ที่สภาวะแวดล้อมต่างกันก็มีผลต่อการลดสีด้วย โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและสภาวะที่มีแสงแดด ส่งผลให้อัตราการลดสีสูงขึ้น การลดสีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีจุลชีพที่มีชีวิตอยู่ในระบบด้วย

- อัจฉรา (2538). ศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสีย ด้วยการเติมอากาศต่อการกวน โดยไม่เติมอากาศเป็น 0.5, 1.25, 2 และ 3.5 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัด พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดมีค่าสูงขึ้นเมื่ออายุตะกอนมีค่ามากขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีค่าสูงสุดเป็น 69.09 % เมื่อมีอายุการตกตะกอน 15 วัน อัตราการเติมอากาศต่อการกวนโดยไม่เติมอากาศเท่ากับ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีเป็น 97.93 % และ ทีเคเอ็นเป็น 93.69 % จะมีค่าสูงสุดเมื่ออายุตะกอนคือ 15 วัน อัตราการเติมอากาศต่อการกวนโดยไม่เติมอากาศเท่ากับ 3.5

- อ่ำพล (2541). ศึกษาผลของระยะเวลาแอนแอโรบิก ความเข้มข้นของสี และชนิดของสารอาหารที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี คาร์บอนอินทรีย์ และฟอสฟอรัสโดยการปรับระยะเวลาแอนแอโรบิก+แอโรบิกเป็น 0+11 2+9 4+7 และ 8+3 ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดสีโอดีที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. คิดเป็นร้อยละ 96.3 96.1 96.9 และ 95 ทั้งมีประสิทธิภาพการกำจัดทีเคเอ็นเท่ากับร้อยละ 97.7 97.7 97.8 และ 97.3 ตามลำดับ สำหรับการกำจัดฟอสฟอรัส ระบบแอโรบิกกำจัดได้ไม่ดีคิดเป็นประสิทธิภาพร้อยละ 59.2 ส่วนแอนแอโรบิก+แอโรบิก จะกำจัดฟอสฟอรัสได้ดี โดยที่ระยะเวลาแอนแอโรบิก+แอโรบิก เท่ากับ 2+9 4+7 และ 8+13 ระบบสามารถบำบัดได้ร้อยละ 98.7 98.7 และ 98 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการกำจัดสีในระบบแอนแอโรบิก+แอโรบิก จะดีกว่าระบบแอโรบิก และระยะเวลาแอนแอโรบิกมีผลต่อการกำจัดสีด้วย โดยระยะเวลาแอนแอโรบิกที่นานขึ้นจาก 0 2 4 และ 8 ชั่วโมง ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. สูงขึ้นเป็นร้อยละ 19.6 40.9 59.1 และ 59.6 ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นสีมีผลในทางกลับกันคือความเข้มข้นสีที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีลดลง

- Fu et al. (2001). ศึกษาการทำงานของระบบเอสบีอาร์ 2 ระบบที่แตกต่างกัน ระบบที่ 1 คือระบบที่มีแอนแอโรบิก-แอโรบิกแบบแยกการบำบัดแต่ละถัง และระบบที่ 2 เป็นระบบที่มีแอนแอโรบิก-แอโรบิก โดยใช้ถัง 2 ถังบำบัดเรียงต่อกันเพื่อปรับปรุงการบำบัดสี Reactive Turquoise Blue (RTB) ในน้ำเสียสังเคราะห์ เปรียบเทียบการกำจัด RTB ของทั้ง 2 ระบบที่แตกต่างกัน พบว่าทั้งสองระบบสามารถปรับเปลี่ยนเข้ากับสภาพแวดล้อมสูง ระบบมีความเสถียรและมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดสารมลพิษ การกำจัด RTB ในระยะแอนแอโรบิกของระบบที่ 1 (64%) จะมีประสิทธิภาพดีมากกว่าระบบที่ 2 (50.4%) แต่ในระยะแอโรบิกระบบ 2 (30.4%) กลับมีประสิทธิภาพในการกำจัด RTB มากกว่าระบบที่ 1 (2 %) อัตราการกำจัด RTB รวมแล้วของระบบที่ 2 ซึ่งมีค่า 80.8 มีค่าสูงกว่าระบบที่ 1 ซึ่งมีค่า 66 %

- Yu et al. (1996). ศึกษาผลของการเติมอากาศในขั้นการเติมน้ำเสียของระบบเอสบีอาร์ ของน้ำเสีย 3 ชนิด คือ ฟีนอลสังเคราะห์ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อน โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol ; PVA) และน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานถ่าน ไม้ พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ฟีนอลที่ความเข้มข้น 426 มก./ล. การเติมอากาศในขั้นการเติมน้ำเสียจะทำให้แบคทีเรียเจริญเติบโตมากกว่า การที่ไม่เติมอากาศ ประสิทธิภาพการกำจัดฟีนอลจะสูงถึง 99% แต่ที่ความเข้มข้นสูง 934 มก./ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไม่เติมอากาศในชั้นการเติมน้ำเสียจะ ทำให้มีการสะสมฟีนอลแล้วไปยับยั้งจุลินทรีย์ไม่ให้เกิดการย่อยสลาย ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดฟีนอลลดลงเป็น 81 % สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ในชั้นการเติมน้ำเสียไม่ว่าจะเติมหรือไม่เติมอากาศก็ไม่มีผล น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานถ่านโค้กไม่มีผลต่อการบำบัดสารอินทรีย์คาร์บอนและตกตะกอนของสลัดจ์ แต่จะมีผลต่อการกำจัดไนโตรเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

งานวิจัยมีการศึกษาพารามิเตอร์ หลายตัวซึ่งสารเคมีที่ใช้แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

พารา มิเตอร์	สารเคมี	พารา มิเตอร์	สารเคมี
ซีไอดี	โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ไอออน(II) แอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) ซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 1,10-ฟีแนนโทลีน โมโนไฮเดรต ($C_{12}H_{14}N_2 \cdot H_2O$) ไอร์ออน(II)ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) เมอร์คิวรี(II)ซัลเฟต ($HgSO_4$) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)	ไนเตรด	แอนไฮดรัสโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) โซเดียมอาร์เซไนต์ ($NaAsO_2$) บลูซันซัลเฟต กรดซัลฟานิลิก กรดซัลฟูริก (conc. H_2SO_4) โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$)
แอมโมเนีย	ซิงค์ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) ไดโซเดียมเอทิลีนไดอะมีน เทตระอะเซเตต ไดไฮเดรต (EDTA) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เมอร์คิวรีไอโอไดด์ (HgI_2) โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)	บีไอดี	แคลเซียมคลอไรด์แอนไฮดรัส ($CaCl_2$) เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) บัฟเฟอร์ฟอสเฟต pH 7.2 : $KH_2PO_4, K_2HPO_4, Na_2HPO_4, NH_4Cl$ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) โซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S)
ทีเคเอ็น	โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) เมอร์คิวรี(II)ซัลเฟต ($HgSO_4$) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) เมอร์คิวรีออกไซด์ (HgO) โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ฟีนอล์ฟทาลิน กรดบอริก	อาหารเลี้ยงเชื้อกะกอน	ซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) แคลเซียมคลอไรด์แอนไฮดรัส ($CaCl_2$) บัฟเฟอร์ฟอสเฟต pH 7.2 : $KH_2PO_4, K_2HPO_4, NH_4Cl$ แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ไอร์ออน(II)ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) ซิงค์ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4 \cdot 7H_2O$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1. ถังอะคริลิกขนาด 10 ลิตร
2. เครื่องให้อากาศ
3. เครื่องสูบน้ำ
4. เครื่องตั้งเวลาควบคุมอัตโนมัติ
5. ไขพัด
6. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์
7. เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO meter)
8. เครื่องให้ความร้อน
9. ชุดกรองลดความดัน
10. เทอร์โมมิเตอร์

3.3 การดำเนินการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

การศึกษานี้แบ่งน้ำเสียสังเคราะห์ออกเป็น 2 ประเภท

1. น้ำที่ไม่ได้ปนเปื้อนสีย้อม ซึ่งมีค่าซีไอดี 300 มก./ล. มีส่วนประกอบดังตารางที่ 3.2
2. น้ำที่ปนเปื้อน สีย้อมรีเอกทีฟ Remazol Brilliant Blue R. มีส่วนประกอบดังตารางที่ 3.2 โดยแปรค่าความเข้มข้นของสีให้มีค่าซีไอดี 0 50 และ 100 มก./ล.

3.3.2 การเลี้ยงเชื้อตะกอน

นำเชื้อตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานยูนิเจนอุตสาหกรรมสิ่งทอจำกัด(มหาชน) เลี้ยงด้วยอาหารซึ่งประกอบไปด้วยสารอาหารและจุลินทรีย์ จนเชื้อตะกอนเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จึงลดปริมาณสารอาหารและจุลินทรีย์ลงพร้อมกับการเติมน้ำเสียสังเคราะห์ลงไปในส่วนที่เท่ากัน จนกระทั่งสัดส่วนของน้ำเสียสังเคราะห์ที่เติมลงไปเป็น 100% ส่วนประกอบของอาหารแสดงดังตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนี้ใช้ถังอะคริลิกขนาด 10 ลิตรใส่น้ำ 8 ลิตร เหลือเป็นพื้นที่ว่างเหนือผิวน้ำ 2 ลิตร ภายในถังประกอบด้วยใบพัดปั่นกวนที่ควบคุมด้วยอุปกรณ์ตั้งเวลาอัตโนมัติ มีการให้อากาศแบบ ฟองอากาศ (Bubble) ซึ่งควบคุมด้วยอุปกรณ์ตั้งเวลาอัตโนมัติเช่นเดียวกัน น้ำเสียสังเคราะห์จากถัง เก็บน้ำเสียถูกสูบเข้าสู่ภายในถังด้วยปั๊มซึ่งระยะเวลาที่กำหนดควบคุมด้วยอุปกรณ์ตั้งเวลาอัตโนมัติ เมื่อน้ำเสียถูกสูบเข้าถังครบตามปริมาณแล้ว ปั๊มให้อากาศ และใบพัดปั่นกวนเริ่มทำงานกระทั่งจน เมื่อให้อากาศจนครบเวลาที่กำหนดแล้ว ปั๊มให้อากาศและใบพัดปั่นกวนจะหยุดทำงาน ปล่อยให้เกิดการตกตะกอน หลังจากนั้นปั๊มสูบน้ำใส จะเริ่มทำงานเพื่อสูบน้ำที่บำบัดแล้วออกเป็นจำนวน ครั้งหนึ่งก่อนที่จะสูบน้ำ เข้าสู่รอบการบำบัดรอบต่อไป ในการเริ่มดำเนินระบบจะใช้ตะกอน จุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ มาใช้ในการสร้างเชื้อจุลินทรีย์ โดยอาหารที่ใช้เลี้ยง เชื้อตะกอน ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.3.2 จนกระทั่งระบบเริ่มเข้าสู่สภาวะคงตัวจึงเริ่มมีการเติมน้ำ เสียสังเคราะห์ที่มีสีย้อมปนเปื้อนเข้าไปทีละน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าเชื้อจุลินทรีย์มีการปรับตัวเพื่อรับ กับสภาวะใหม่

2) ขั้นตอนการบำบัด

ขั้นแรกศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ได้ปนเปื้อนสีย้อม ซึ่งมีค่าซีโอดี 300 มก./ล. จนประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีมีค่าคงที่ จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย สังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีย้อมและผลของปัจจัยซีโอดี จากค่าซีโอดีของสีย้อมเป็น 50 และ 100 มก./ล. โดยขั้นตอนการบำบัดตลอดการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนและช่วงระยะเวลาดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ขั้นตอนการบำบัดและระยะเวลาที่ใช้

เริ่มขั้นตอนการบำบัด	ระยะเวลาต่อรอบ
FILL	15 นาที
REACT	6 ชั่วโมง
SETTLE	1 ชั่วโมง 30 นาที
DECANT	15 นาที
รวม	8 ชั่วโมง

ในการเดินระบบเอสบีอาร์ ปัจจัยหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของ ระบบได้แก่ อายุตะกอนสลัดจ์ (Sludge Retention Time; SRT) ซึ่งในการทดลองนี้มีการควบคุม ปัจจัยดังกล่าวไว้คงที่คือ 10 วัน (Kargi and Uygur ,2002) ในการควบคุมอายุตะกอนนี้สามารถทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้โดยการกำหนดอัตราการระบายตะกอนส่วนเกินในแต่ละวัน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1(Grady et al.,1980)

$$\theta_c = (V \cdot X_m) / (F_w \cdot X_{mw}) \quad \dots\dots\dots 3.1$$

เมื่อ θ_c = เวลาในการกักเก็บตะกอน (SRT) (วัน) = 10 วัน

V = ปริมาตรน้ำในระบบ (ลิตร) = 8 ลิตร

X_m = ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ในระบบ SBR (มก./ล.)

X_{mw} = ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่ตกตะกอน (มก./ล.)

F_w = อัตราการระบายตะกอนส่วนเกิน (ลิตร/วัน)

การบำบัดน้ำเสียทั้ง 4 ขั้นตอน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 8 ชั่วโมงต่อรอบ มีอัตราการเติมน้ำเสีย 12 ลิตรต่อวัน และกำหนดค่าระยะเวลาในการเก็บตะกอนหรืออายุตะกอนสลัดจ์ (SRT) ปริมาณตะกอนที่ต้องทำการระบายออกทำในขณะที่มีการปั่นกววนน้ำและตะกอนทำให้ $X_m = X_{mw}$ ดังนั้นสามารถคำนวณได้จาก

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} \theta_c &= V/F_w \\ F_w &= V/\theta_c \\ &= 8/10 \\ &= 0.8 \text{ ลิตรต่อวัน} \end{aligned}$$

ดังนั้น ในแต่ละวันจะต้องทำการระบายน้ำเสียในระบบขณะที่กำลังปั่นกววนออกในปริมาณ 0.8 ลิตร

3.3.4 วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแสดงในตารางที่ 3.4 (AWWA,1989)

ตารางที่ 3.4 วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
ซีโอดี	รีฟลักซ์แบบปิด
บีโอดี	การเจือจางน้ำตัวอย่างวัดซีโอด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์
ทีเคเอ็น	ย่อยสลายและการกลั่น
แอมโมเนีย	เนสเตอร์ไลเซชัน
ไนเตรด	บลูซัน
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	การกรองและการชั่งน้ำหนัก
คลอรีน	สเปกโตรโฟโตเมตรี
ฟิเอช	วัดด้วยฟิเอชมิเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยระบบเอสบีอาร์ ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้อากาศ และศึกษาถึงผลของปัจจัยซีโอดีที่มีต่อการทำงานของระบบดังกล่าว โดยน้ำเสียสังเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็นน้ำเสีย 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ น้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ไม่ปนเปื้อนด้วยสีย้อมและกลุ่มที่ปนเปื้อนสีย้อม สีย้อมที่ใช้ได้แก่สี Remazol Brilliant Blue R. ซึ่งเป็นสีย้อมในกลุ่มรีแอกทีฟ โดยทำการทดลองที่ความเข้มข้นของสีและภาระสารอินทรีย์ต่างๆ กัน โดยการทดลองนี้ใช้น้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนของน้ำเสียทั้ง 2 กลุ่ม

4.1 คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์

น้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนเพียงอย่างเดียว ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 560 มก./ล.
2. น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 560 มก./ล. และสีย้อมที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้
 - ก. สีย้อม ความเข้มข้น 36 มก./ล.
 - ข. สีย้อม ความเข้มข้น 73 มก./ล.

โดยทั้งน้ำตาลซูโครส และ สีย้อมล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อค่าปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์ทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งสามารถวัดได้ในรูปของค่า ซีโอดี และบีโอดี ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ในกลุ่มต่าง ๆ สามารถแสดงในตารางที่ 4.1

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าซีโอดีและบีโอดีในน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 ซึ่งมีเพียงน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวมีค่าประมาณ 315 มก./ล. 284 มก./ล. ตามลำดับซึ่งถือว่าเป็นความเข้มข้นพื้นฐานของน้ำเสียสังเคราะห์ในกลุ่มที่ 2ก และ 2ข เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมเข้าไปในน้ำเสียกลุ่มที่ 2ก และ 2ข พบว่า ปริมาณสีย้อมส่งผลให้ค่าซีโอดีและบีโอดีเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนระหว่างบีโอดีและซีโอดีสามารถบ่งชี้ถึงความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ ซึ่งน้ำเสียที่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย อัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดีที่สูงกว่าน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายยาก โดยที่อัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดีโดยส่วนใหญ่ มีค่าไม่เกิน 1 (เกรียงศักดิ์,2539)ในน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 1 มีอัตราส่วนบีโอดีต่อซีโอดี เท่ากับ 0.9 น้ำเสียกลุ่มที่ 2ก และ 2ข พบว่าค่าอัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดีลดลงเหลือประมาณ 0.5 ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในการวิเคราะห์บีโอดีนั้นมีค่าต่ำกว่า การออกซิไดส์ด้วยสารเคมีในการวิเคราะห์ซีโอดี

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบ

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียกลุ่มที่ 1	น้ำเสียกลุ่มที่ 2ก	น้ำเสียกลุ่มที่ 2ข
1. ลักษณะทางกายภาพ	-	ใสไม่มีสี	สีน้ำเงิน	สีน้ำเงินเข้ม
2. ปริมาณซูโครส	มิลลิกรัม/ ลิตร	560	560	560
3. ปริมาณซีอิ้ว	มิลลิกรัม/ ลิตร	-	36	73
4. ซีโอดี	มิลลิกรัม/ ลิตร	314.59 (15)	405.14 (9.6)	487.72 (10.9)
5. บีโอดี	มิลลิกรัม/ ลิตร	284 (7)	218.5 (10)	222.5 (4.9)
6. UV ₂₅₄	cm ⁻¹	0.267	0.382	0.537
7. บีโอดี/ซีโอดี	-	0.9	0.54	0.46
8. ทีเคเอ็น	มก. ใน โตรเจน/ลิตร	22.83 (7)	12.6 (0)	22.4 (0)
9. แอมโมเนีย	มก. ใน โตรเจน/ลิตร	34.483 (14)	3.405 (1.6)	8.645 (6.9)
10. ไนเตรด	มก. ใน โตรเจน/ลิตร	0.425 (0.4)	0.18(0.09)	0.725 (1.02)
11. ทีเอสเอส	มิลลิกรัม/ลิตร	0.174	0.551	0.034
12. pH	-	7.2	7.2	7.2

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

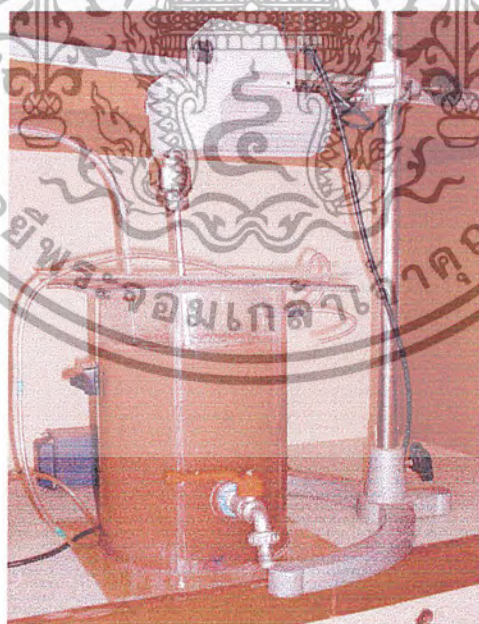
สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดในน้ำและน้ำเสีย เช่น ลิกนิน สารประกอบอะโรมาติก สามารถดูดกลืนรังสียูวีได้ โดยช่วงการดูดกลืนแสงที่ใช้นั้นเป็นค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงพันธะคู่ในโครงสร้างโมเลกุลของสารได้ (เกรียงศักดิ์, 2539) จากผลการทดลองพบว่าน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 มีค่า UV₂₅₄ = 0.267 ส่วนน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 2 มีค่า UV₂₅₄ = 0.382 จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงกว่าน้ำเสียในกลุ่มที่ 1 เนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่โครงสร้างโมเลกุลไม่มีพันธะคู่ของสารคาร์บอน แตกต่างจากโครงสร้างโมเลกุลของซีอิ้วหรือแอลกอฮอล์ ซึ่งมีพันธะคู่ของคาร์บอนอยู่ในโมเลกุลดังแสดงในหัวข้อที่ 2.3 อย่างไรก็ตามค่า UV₂₅₄ ที่พบในน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 อาจมีผลมาจากปริมาณสารอินทรีย์ทางธรรมชาติ (Natural Organic Matters) ซึ่งมีอยู่ในน้ำประปาที่ใช้เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่เคเอ็น แอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรคไนโตรเจน เป็นผลมาจากการสังเคราะห์น้ำเสียซึ่งในน้ำเสียสังเคราะห์นี้มีการเติมสารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งค่าที่เคเอ็น หมายถึง ผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจน การหาค่าที่เคเอ็นทำได้โดยการเปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้มาอยู่ในรูปแอมโมเนียก่อนแล้วจึงวัดปริมาณแอมโมเนียทั้งหมด (กรองแก้ว และ พิสมัย,2539) ในการทดลองน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 ไม่มีการเติมสารอินทรีย์ไนโตรเจน มีเพียงสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เท่านั้น ค่าที่เคเอ็นที่ได้จึงมาจากแอมโมเนียที่เติมเพียงอย่างเดียว จากการเปรียบเทียบค่าที่เคเอ็น และแอมโมเนียในน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 พบว่าค่าที่เคเอ็นและแอมโมเนียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจึงสามารถใช้ค่าที่เคเอ็นในการอนุมานค่าแอมโมเนียของน้ำเสียกลุ่มที่ 2ก และ 2ขได้ เนื่องจากปัญหาในการวิเคราะห์ค่าแอมโมเนีย และไนเตรคของน้ำเสียกลุ่มที่ 2 โดยวิธีเนสเลอร์ไลเซชันและบลูซัน ตามลำดับ มีการรบกวนจากตัวอย่างที่มีผลทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อน

4.2 การศึกษาการดำเนินการของระบบเอสบีอาร์

ระบบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นระบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (lab-scale) ซึ่งมีขนาดดังแสดงในหัวข้อที่ 3.2 การติดตั้งระบบเป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การติดตั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์ ที่ผ่านการบำบัดแล้วแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์ของน้ำออกจากระบบ

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียกลุ่มที่ 1	น้ำเสียกลุ่มที่ 2ก	น้ำเสียกลุ่มที่ 2ข
1. ลักษณะทางกายภาพ	-	ใสไม่มีสี	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลเข้ม
2. ปริมาณซูโครส	มิลลิกรัม/ ลิตร	560	560	560
3. ปริมาณซีซีเอ็ม	มิลลิกรัม/ ลิตร	-	36	73
4. ซีไอดี	มิลลิกรัม/ ลิตร	28.6(2.6)	97.9	169(16)
5. บีไอดี	มิลลิกรัม/ ลิตร	23.9(0.99)	24.8(0.28)	27.5(0.99)
6. UV ₂₅₄	cm ⁻¹	0.267	0.2185	0.384
7. บีไอดี/ซีไอดี	-	0.84	0.25	0.16
8. ทีเคเอ็น	มก.ไนโตรเจน/ลิตร	6.5(1.7)	1.23(0.04)	5.6(4)
9. แอมโมเนีย	มก.ไนโตรเจน/ลิตร	7.15(10.4)	0.66(0.45)	2.29(0.6)
10.ไนเตรท	มก.ไนโตรเจน/ลิตร	1.29(1.7)	0.18(0.2)	0.085(0.04)
11. ทีเอสเอส	มิลลิกรัม/ลิตร	0.186	0.043	0.064
12. pH	-	6.78	6.64	6.59

หมายเหตุ ค่าในวงเล็บ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คุณลักษณะทางเคมีของน้ำเสียสังเคราะห์หลังจากผ่านการบำบัด แสดงดังตารางที่ 4.2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนเข้าระบบบำบัด ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เห็นได้ว่าซีไอดีลดลง เพราะจุลินทรีย์มีการย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียทั้ง 2 กลุ่ม และค่า UV₂₅₄ ที่แสดงถึงพันธะคูในโครงสร้างโมเลกุลของสารในน้ำเสียกลุ่มที่ 2 มีค่าลดลง นั่นแสดงว่าในระบบมีปริมาณซีซีเอ็มลดลง

หลังจากดำเนินระบบจนเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) แล้วมีการตรวจสอบประสิทธิภาพ การทำงานดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ในถังเตรียมน้ำมีค่าโดยประมาณ 600 มก./ล.เมื่อน้ำเสียสังเคราะห์ถูกสูบเข้าถังบำบัดและเริ่มจับเวลาที่ 0 ชั่วโมง พบว่าค่าซีไอดีของน้ำในระบบลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของค่าซีไอดีในน้ำเสียสังเคราะห์ตั้งต้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเจือจาง (Dilution Effect) ของน้ำที่เข้าระบบต่อน้ำที่เหลืออยู่ในระบบเท่ากับ 1:1

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าซีไอดีจากเวลาเริ่มต้นลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงแรกการ

ลดลงของสารอินทรีย์นี้ เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

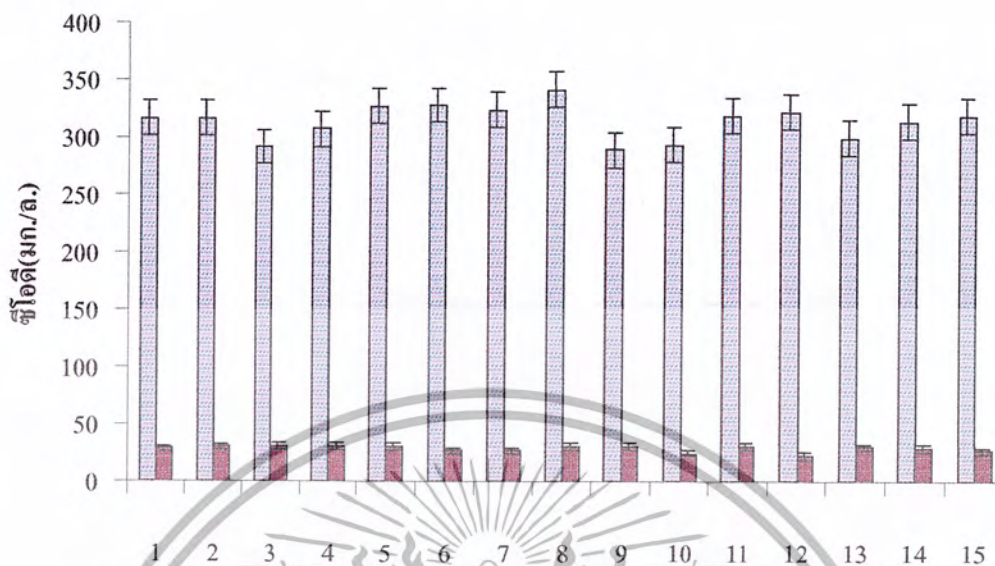
ได้ง่าย หลังจากนั้นค่าซีโอดีเริ่มลดลงอย่างช้าๆจนกระทั่งมีค่าคงที่ เนื่องจากสารอินทรีย์คาร์บอนจากน้ำตาสดจุลินทรีย์ย่อยสลายจนหมด และเปลี่ยนสภาพโมเลกุลเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทอื่น (Jarusutthirak, 2002) ปริมาณซีโอดีที่คงที่ของระบบหลังจากผ่านการบำบัด 1 ชั่วโมงนั้น อาจเป็นผลมาจากสารอินทรีย์ที่ถูกเปลี่ยนสภาพและสารอินทรีย์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ (Soluble Microbial Product ;SMP) (Grady *et al.*, 1999) ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะ Endogenous phase จากผลการทดลองได้ค่าซีโอดีของน้ำที่เข้าและออกจากระบบดังรูปที่ 4.3 ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วงร้อยละ 91



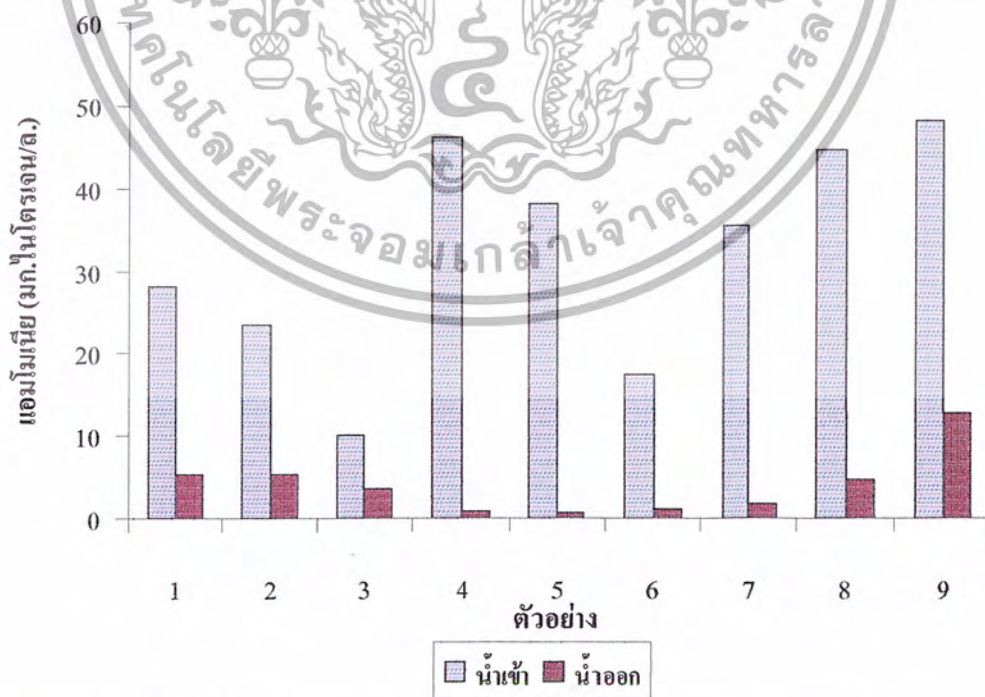
รูปที่ 4.2 ค่าซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 ใน 1 รอบการทำงานของระบบเอสบีอาร์

ในการทดลองพบว่าระบบเอสบีอาร์ สามารถกำจัดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$) ได้โดยปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนจากน้ำเสียสังเคราะห์ตั้งต้นมีค่าลดลงเมื่อผ่านกระบวนการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียอยู่ในช่วงร้อยละ 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ค่าซีโอดีของน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบเอสปีอาร์ของน้ำเสียกลุ่มที่ 1



รูปที่ 4.4 ค่าแอมโมเนียน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบ ของน้ำเสียกลุ่มที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

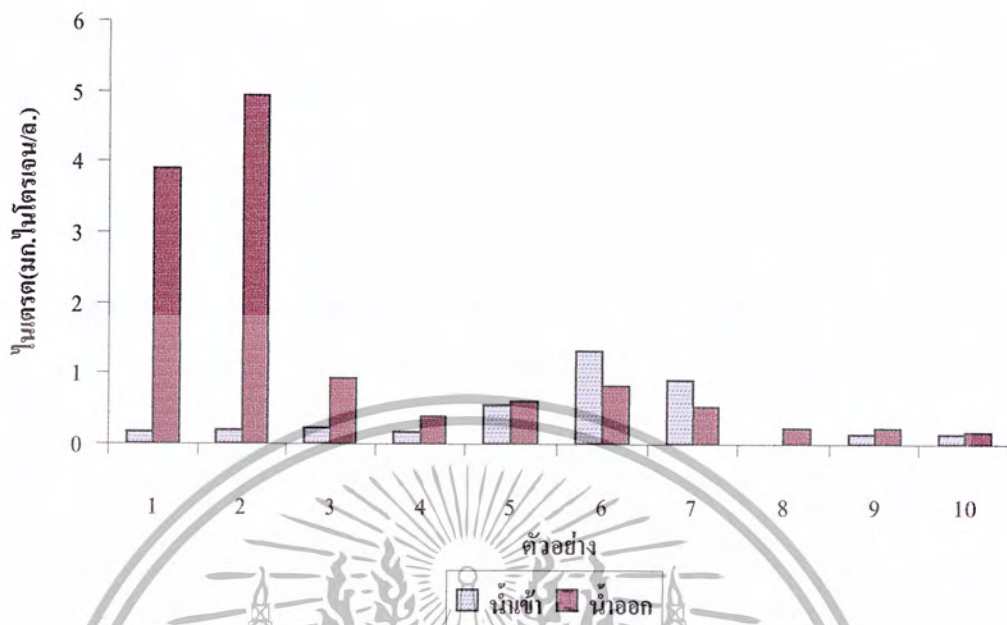
จากรูปที่ 4.4 ค่าแอมโมเนียในน้ำเสียกลุ่มที่ 1 หลังจากผ่านการบำบัดมีค่าลดลง เนื่องจากกระบวนการแอสซิมิลเลชัน (Assimilation) โดยที่แบคทีเรียใช้แอมโมเนียในโตรเจนในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต โดยมีปริมาณไนโตรเจนประมาณร้อยละ 12-13 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง (อ่ำพล, 2541) แต่การกำจัดแอมโมเนียโดยกระบวนการแอสซิมิลเลชันมีประสิทธิภาพในการกำจัดต่ำเพราะการกำจัดแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับปริมาณแบคทีเรียในระบบ ซึ่งขึ้นกับปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เมื่อเซลล์ตายแอมโมเนียบางส่วนในเซลล์จะกลับคืนสู่สภาพแวดล้อม โดยกระบวนการไลซิส (Lysis) (อ่ำพล, 2541) และซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการหลักในการบำบัดแอมโมเนียในโตรเจน แสดงดังสมการที่ 4.1 และ 4.2 (ธงชัย, 2542)



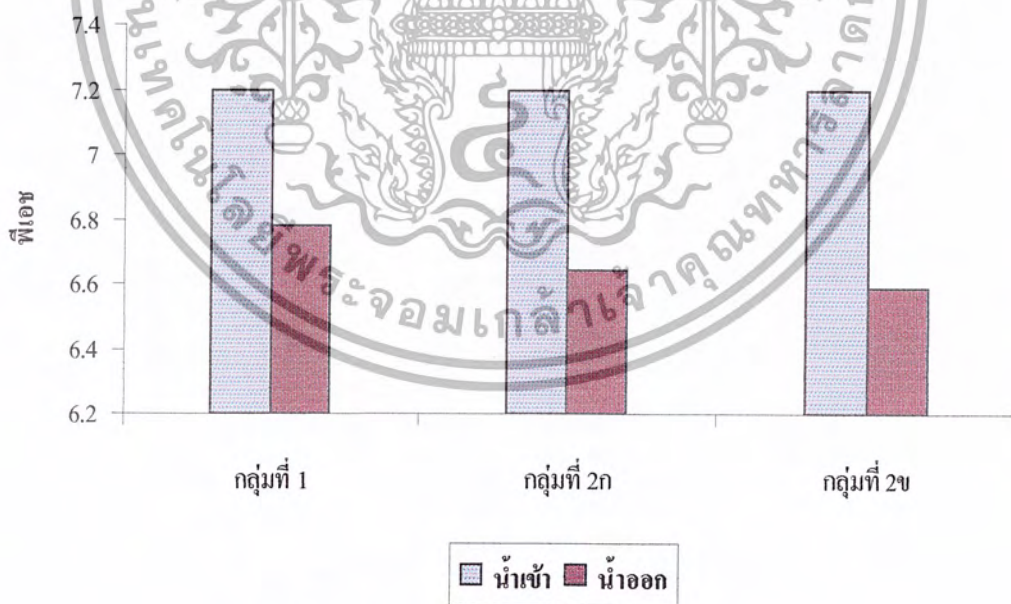
กระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปจากแอมโมเนียในโตรเจนไปสู่รูปไนไตรต์ในโตรเจน และจากรูปไนไตรต์ในโตรเจนไปสู่รูปไนเตรตในโตรเจน โดยแบคทีเรียไนโตรโซฟายอิง (Nitrosifying Bacteria) และแบคทีเรียไนตริฟายอิง (Nitrifying Bacteria) ตามลำดับ ผลการทดลองปริมาณแอมโมเนียที่ถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตแสดงดังรูปที่ 4.5 ซึ่งพบว่า ค่าไนเตรตของน้ำที่ออกจากระบบจะมีค่าสูงกว่าน้ำที่เข้าระบบ แสดงได้ว่าเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในระบบบำบัด เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณไนเตรตในโตรเจนของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง พบว่ามีค่าต่ำกว่าซึ่งอนุญาตให้มีไนเตรตได้ไม่เกิน 10 มก./ล. ดังนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดสามารถปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ (ธงชัย, 2542)

ฟีเอชเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินระบบเอสบีอาร์ เนื่องจากค่าฟีเอชส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์ในระบบแอโรบิกสามารถเจริญเติบโตได้ดี คือ ที่ค่าฟีเอช ระหว่าง 6.5- 8.5 (คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม .2537) ถ้าฟีเอชมีค่าต่ำกว่า 6.5 รา (Fungi) จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าแบคทีเรียทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดต่ำลง และตะกอนเร่งตกตะกอนได้ไม่ดี แต่ถ้าฟีเอชมีค่าต่ำมากหรือสูงเกินไปแบคทีเรียจะตายหมดและไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งการทดลองครั้งนี้ใช้ฟอสเฟตบัพเฟออร์ในการรักษาระดับฟีเอชให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบ ค่าฟีเอชของน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบแสดงได้ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ปริมาณไนเตรตของน้ำเข้า-น้ำออกจากระบบของน้ำเสี้ยวกลุ่มที่ 1

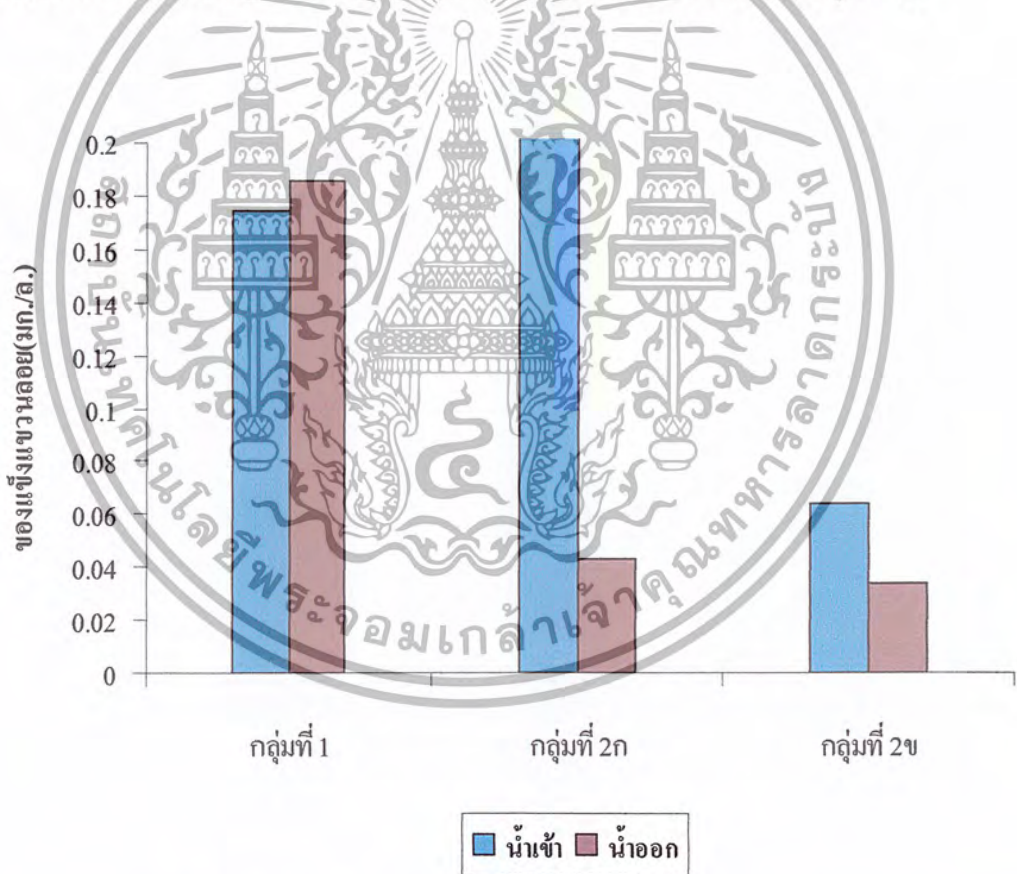


รูปที่ 4.6 พีเอชของน้ำเข้า - น้ำออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ค่าพีเอชของน้ำที่ออกจากระบบมีค่าลดลงเป็น 6.8-7.0 ของน้ำเสียทั้ง 2 กลุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากการหมักของจุลินทรีย์ในน้ำสังเคราะห์ในถังเตรียมน้ำก่อนสูบเข้าสู่ระบบบำบัดทำให้เกิดกรดไพรูวิก กรดอะซิติก กรดแลคติก เป็นต้น และจากสมการไนตริฟิเคชัน จะเห็นได้ว่าการปล่อย H^+ ออกมาซึ่งมีผลต่อค่าพีเอชทำให้ระดับพีเอชในระบบลดลง ถ้าบัพเฟอร์ภายในถังบำบัดมีไม่เพียงพอ ระบบอาจล้มเหลวได้เนื่องจากภายในถังมีพีเอชต่ำจนจุลินทรีย์ไม่สามารถทำงานได้จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าพีเอชลดลงเหลือ 6.5 – 6.8 แต่ยังคงเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบ

ในการดำเนินการของระบบมีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อตรวจสอบระบบบำบัดแบบเอสปีอาร์ถึงค่าประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด แสดงได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า - น้ำออกจากระบบ

จากรูปค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำก่อนและหลังผ่านกระบวนการบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันในน้ำเสียทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.03 – 0.96 มก./ล. เนื่องมาจากระบบบำบัดแบบเอสปีอาร์มี

การตกตะกอนแยกชั้นกันระหว่างชั้นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกับตะกอนจุลินทรีย์ในช่วงตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปอย่างสมบูรณ์ และตะกอนส่วนเกินที่เกิดขึ้นในระบบมีจำนวนน้อยมากและไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 มก./ล.

4.3 การทดสอบการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมด้วยระบบเอสบีอาร์

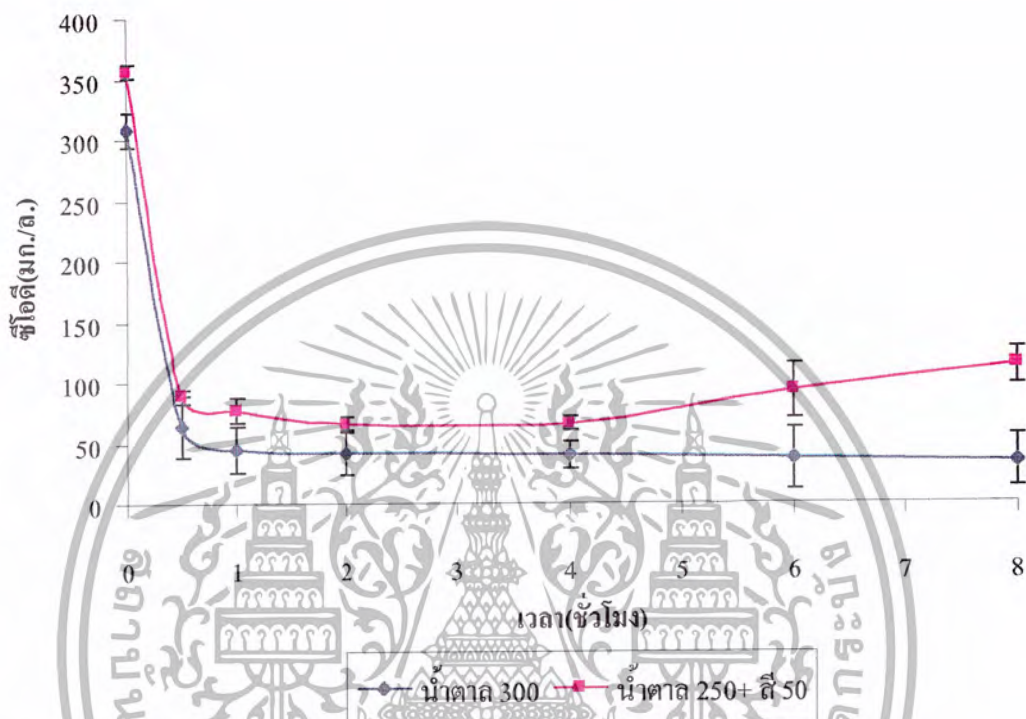
หลังจากที่ระบบเอสบีอาร์ถูกใช้ในการทดสอบด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ในกลุ่มที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาชชูโครสเพียงอย่างเดียว จนเข้าสู่ภาวะคงตัวแล้วในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบความสามารถของระบบการบำบัดสีย้อมที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งก่อนที่จะทำการศึกษาค้นคว้าจำเป็นต้องทำการปรับสภาพของจุลินทรีย์ในระบบให้สามารถปรับตัว (Acclimatization) กับสถานะใหม่โดยในการศึกษานี้เริ่มใส่สีในขั้นต้น 14.5 มก./ล. และ 29 มก./ล. ในน้ำเสียที่มีค่าซีไอดีจากสี 50 มก./ล. และ 100 มก./ล. คิดเป็น 40% ของปริมาณสีที่ศึกษาแล้วจึงค่อยๆ เพิ่มความเข้มข้นสีขึ้นเรื่อยๆ จนครบ 100% จนกระทั่งระบบเข้าสู่ภาวะคงตัว โดยการควบคุมการทำงานของถังเหมือนระยะควบคุมและทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบจนลงที่ จากค่าซีไอดีที่ผ่านการบำบัดและค่าซีไอดีที่ระยะเวลาต่างๆ ของ หนึ่งรอบการบำบัด

เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมค่อนข้างซับซ้อนยากต่อการย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ ดังนั้น ในการศึกษานี้ จึงเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้การผสมระหว่างน้ำตาชชูโครสและสีย้อม โดยควบคุมค่าซีไอดีของน้ำเสียให้เท่ากับค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์กลุ่มที่ 1 นั่นคือ 300 มก./ล. โดยประมาณ น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีย้อมปนเปื้อนเตรียมจากการผสมน้ำตาชชูโครสซึ่งให้ค่าซีไอดีเท่ากับ 250 มก./ล. กับสีย้อม Remazol Brilliant Blue R. ในปริมาณที่ให้ค่าซีไอดีประมาณ 50 มก./ล. ดังนั้น น้ำเสียสังเคราะห์ที่ผสมระหว่างน้ำตาชชูโครสและสี Remazol Brilliant Blue R. นี้ ให้ค่าซีไอดีโดยประมาณ 300 มก./ล. เช่นเดียวกัน หลังจากทำการเติมน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสีย้อมปนเปื้อนดังกล่าวในระบบแล้วทำการเก็บตัวอย่างเป็นระยะๆ ตั้งแต่ เวลาเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดรอบของการทำงาน เปรียบเทียบการบำบัดที่เวลาต่างๆ กับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ใช้น้ำตาชชูโครสเป็นแหล่งอาหารคาร์บอนเพียงพอยังเดียวได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8

จากรูปพบว่า ในช่วงแรก ค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ทั้ง 2 กลุ่มลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน หลังจากนั้นค่าซีไอดีเริ่มลดลงอย่างช้าๆ แต่จะเห็นได้ว่า ค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีย้อม มีค่าสูงกว่าค่าซีไอดีของน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาชชูโครสเพียงอย่างเดียวโดยคิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีได้ 91 % และ 81% ตามลำดับ จากการทดสอบค่าสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงของสี Remazol Brilliant Blue R. ดังรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่ามีค่าซีไอดีที่เหลือสะสมอยู่ในระบบ ค่าสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-800 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

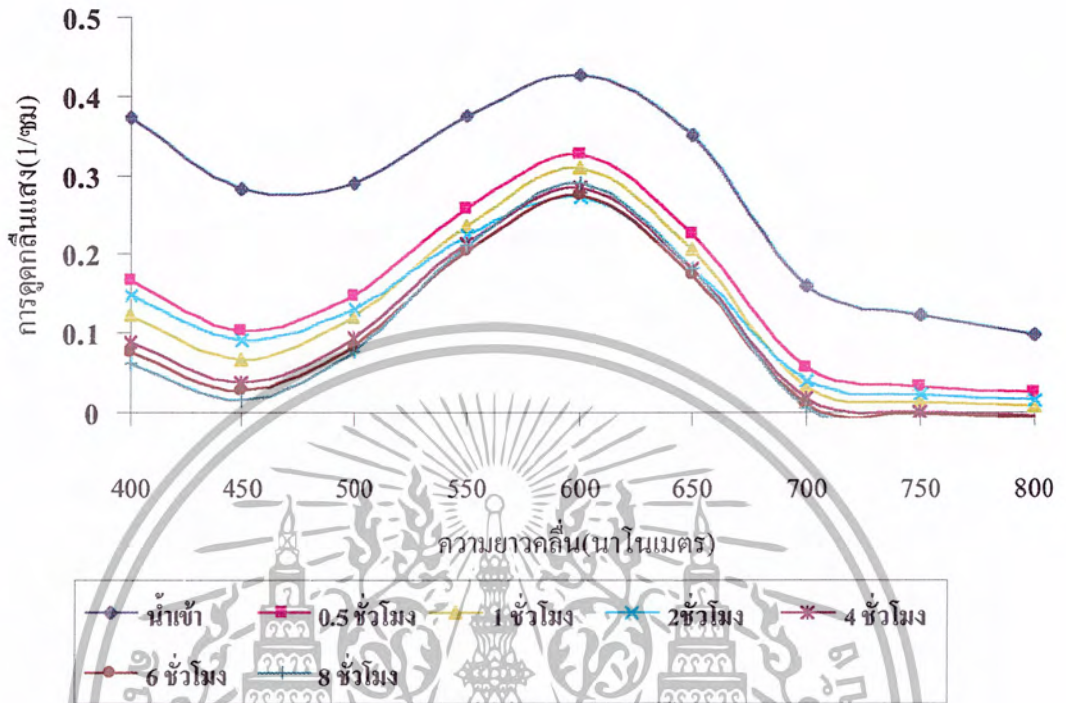
จุดสูงสุดในแต่ละสเปกตรัมแสดงค่าความยาวคลื่นที่สีข้อมดुकกลืนได้มากที่สุดในการทดลองนี้ใช้สีข้อมริแอกทีฟสีน้ำเงิน ซึ่งดुकกลืนแสงได้มากที่สุดความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร



รูปที่ 4.8 ค่าซีไอดี 300 มก./ล. ของน้ำเสียที่ระยะเวลาต่างๆ ใน 1 รอบการบำบัด

จากรูปที่ 4.9 แสดงค่าสเปกตรัมของตัวอย่างที่เก็บจากช่วงเวลาต่างๆ ในรอบการทำงาน ของระบบเอสบีอาร์ตั้งแต่ 0-8 ชั่วโมงพบว่า ที่เวลาเริ่มต้น 0 จนถึง 1 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงมีค่า ลดลงในระดับหนึ่งบ่งชี้ได้ว่าสีข้อม Remazol Brilliant Blue R. ถูกบำบัดได้ในชั่วโมงแรก จากนั้น สเปกตรัมของการดูดกลืนแสงไม่เปลี่ยนแปลงแสดงให้เห็นว่า ยังคงมีปริมาณของสีข้อมซึ่งไม่ถูก บำบัดตกค้างอยู่ในระบบร่วมกับน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้ค่าซีไอดีมีค่าสูงกว่าน้ำทิ้ง (Effluent) จากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียว การบำบัดสี Remazol Brilliant Blue R. ในระบบเอสบีอาร์นี้เกิดจากกลไกการดูดซับสึบนฟล็อก โดยไม่มีการทำลายโครงสร้างสี หรือแตกพันธะของสี (ธงชัย, 2542) ซีไอดีของน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสีข้อมมีค่าเท่ากับ 96 มก./ล. ซึ่ง ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดค่าไม่เกิน 120 มก./ล. ปริมาณสี ข้อมที่สามารถบำบัดได้ในระยะเวลาต่างๆแสดงดังรูปที่ 4.10 และพบว่าค่าซีไอดีที่ 0 ชั่วโมงของ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีข้อม พบว่ามีค่าซีไอดีเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการสะสมของค่าซีไอดีจาก สีข้อมที่ไม่สามารถบำบัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สเปกตรัมของน้ำเสีย ค่าซีโอดีจากน้ำตาล 250+ สีเข้ม 50 มก./ล.

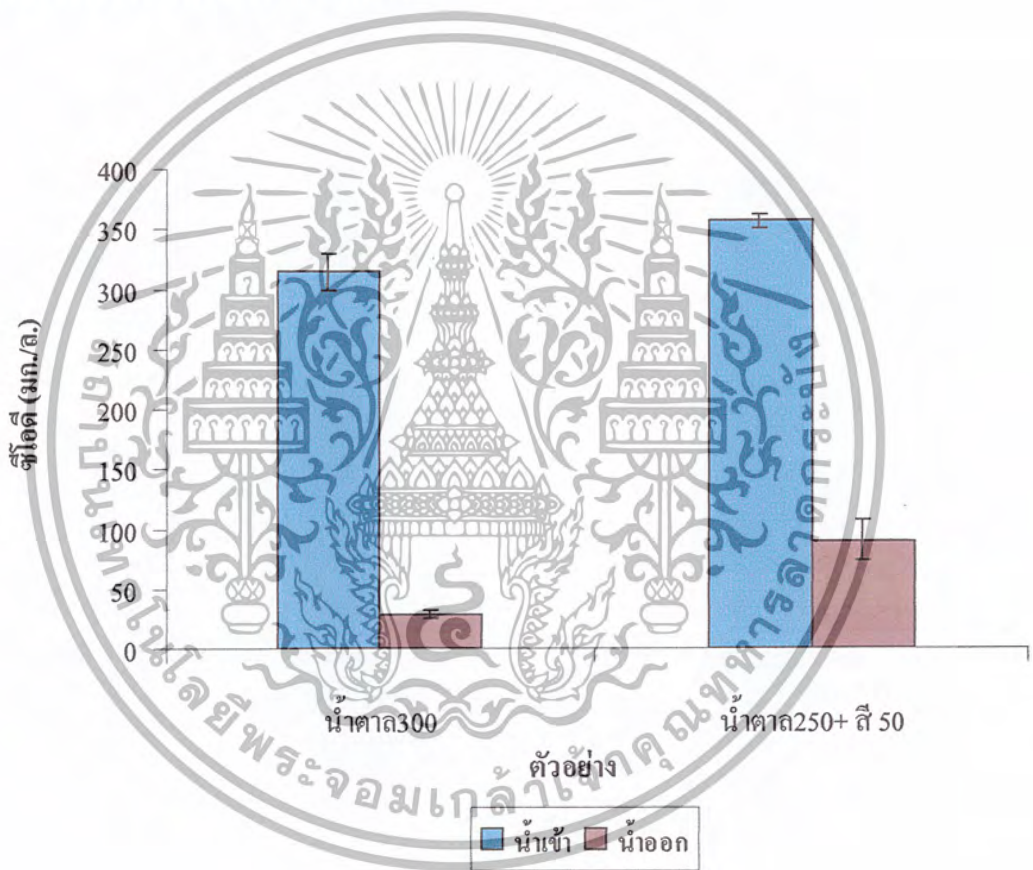


รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นสีของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีจากน้ำตาล 250 และสี 50 มก./ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.10 น้ำที่เข้าระบบมีความเข้มข้น 36.5 มก./ล.และลดลงอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงแรกจนกระทั่งถึง น้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าความเข้มข้น 30 มก./ล.โดยประมาณ แสดงว่าสีข้อมถูกบำบัดได้บางส่วนใน 1 ชั่วโมง ทำให้สีข้อมตกค้างอยู่ในระบบส่งผลให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งมีค่าสูงซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยสเปกตรัมดังรูปที่ 4.9

การทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อน และไม่ปนเปื้อนสีข้อมที่เข้าและออกจากระบบแสดงได้ดังรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีข้อมที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าซีโอดีสูงกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ปนเปื้อนสีข้อม



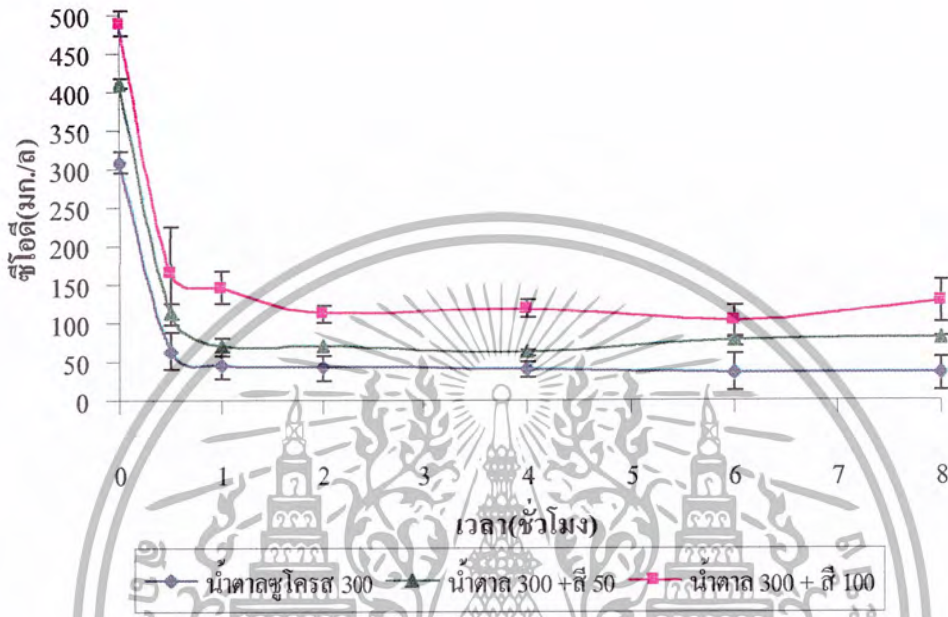
รูปที่ 4.11 ค่าซีโอดีน้ำเข้า-น้ำออกของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดีจากน้ำตาลซูโครส 250 มก./ล.และสี 50 มก./ล.

4.4 ผลของซีโอดีต่อการทำงานของระบบเอสบีอาร์

ในการทดสอบผลของค่าซีโอดีต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอสบีอาร์ทำ โดยการแปรค่าซีโอดีเป็น 300 350 และ 400 มก./ล. โดยควบคุมซีโอดีจากน้ำตาลซูโครสเป็น 300 มก./ล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

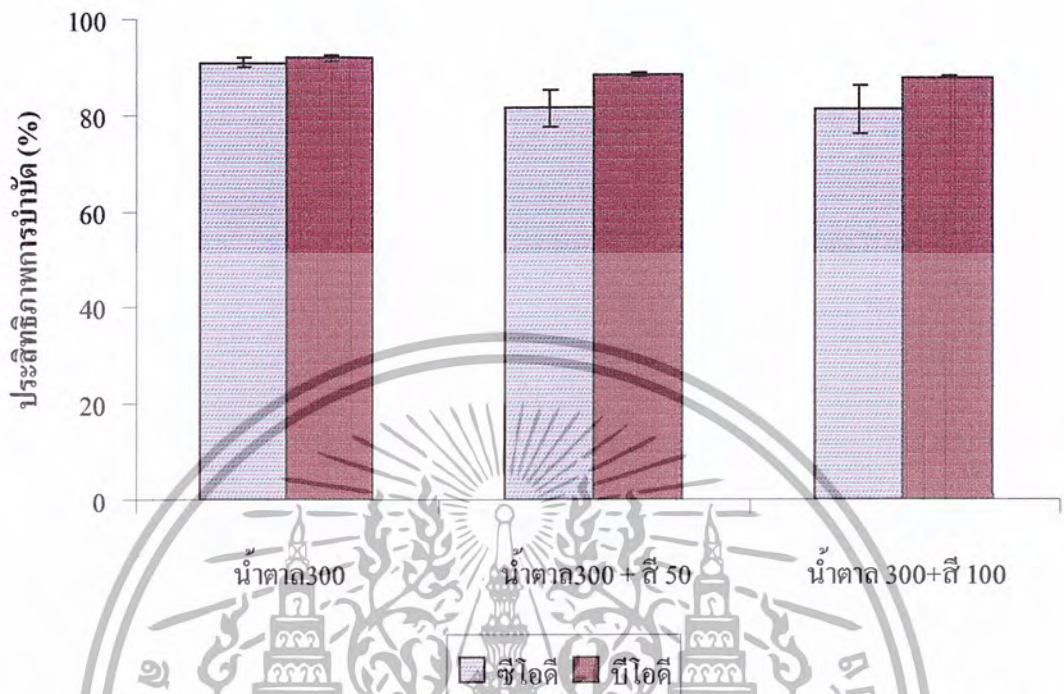
ในทุกตัวอย่างและแปรค่าปริมาณสีย้อมที่ให้ค่าซีไอดีเป็น 0 50 และ 100 มก./ล. เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วทำการวิเคราะห์ค่าซีไอดีเป็นระยะๆ จนสิ้นสุดการบำบัด 1 รอบ แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ค่าซีไอดี ของน้ำเสีย 300 350 และ 400 มก./ล. ใน 1 รอบ

จากรูปที่ 4.12 ซีไอดีของน้ำทิ้งลดลงภายใน 1 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน จากนั้นเริ่มมีค่าคงที่จนถึงสิ้นสุดกระบวนการบำบัดใน 1 รอบ ปริมาณซีไอดีที่คงที่ อาจเป็นผลมาจากอัตราการสลายสารอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกับอัตราการเกิดของสารอินทรีย์ ซึ่งการเกิดได้จากการแตกของเซลล์ (Lysis) ของจุลินทรีย์ เนื่องจากความเป็นพิษของสี ที่ก่อให้เกิดอะโรมาติกามีนซึ่งเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในระบบบำบัดและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากจุลินทรีย์ (Soluble Microbial Product) ค่าซีไอดีที่เหลือหลังผ่านการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 400 มก./ล. มีค่าสูงถึง 169 มก./ล. ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดให้มีค่าซีไอดีในน้ำไม่เกิน 120 มก./ล. ประสิทธิภาพในการบำบัดของน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีค่าซีไอดี 300 350 และ 400 มก./ล. มีค่าร้อยละ 91 71 และ 65 ตามลำดับ แสดงได้ดังรูปที่ 4.13 เห็นได้ว่าการเพิ่มค่าซีไอดีอันเนื่องมาจากสีย้อม ทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์จากน้ำตาลซูโครสลดลง เนื่องจากสีย้อมเป็นตัวขัดขวางการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (จินตนา, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



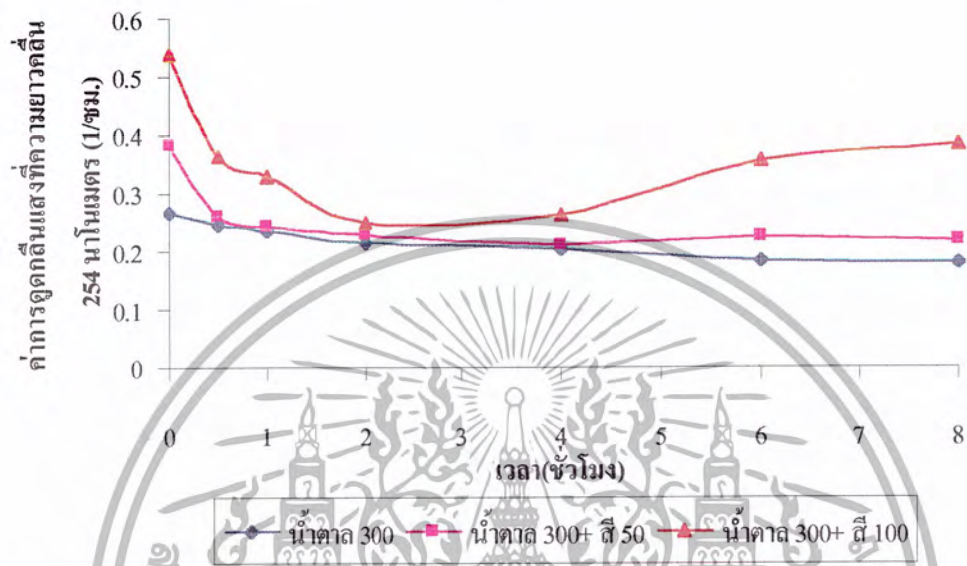
รูปที่ 4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดคลอโรฟิลล์เอและบีของน้ำเสียซีโอดี 300 350 และ 400 มก./ล.

สำหรับการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำด้วย UV_{254} บ่งชี้ได้ว่าในน้ำเสียสังเคราะห์มีพันธะคู่ของคาร์บอนซึ่งเป็นพันธะที่ย่อยสลายได้ยากกว่าพันธะเดี่ยว ให้ผลที่สอดคล้องกับผลของค่าซีโอดี แสดงได้ดังรูปที่ 4.14 จากรูป ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 มีค่าสูงสุดที่ค่าซีโอดี 400 และลดลงที่ค่า ซีโอดี 350 และ 300 มก./ล. ตามลำดับ นั่นคือในน้ำเสียมีปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนพันธะคู่อยู่มาก ทำให้กราฟค่าซีโอดีในรูปที่ 4.12 สูงตามไปด้วย ในค่าที่ซีโอดี 400 มก./ล. และลดลงเมื่อซีโอดีเป็น 350 และ 300 มก./ล.ตามลำดับ แสดงว่าค่าซีโอดีที่สูงขึ้นนั้น เนื่องมาจากพันธะคู่ของสารอินทรีย์คาร์บอน ที่มาจากโครงสร้างของสีย้อมที่อยู่ในน้ำเสียสังเคราะห์ โครงสร้างดังแสดงในหัวข้อที่ 2.3

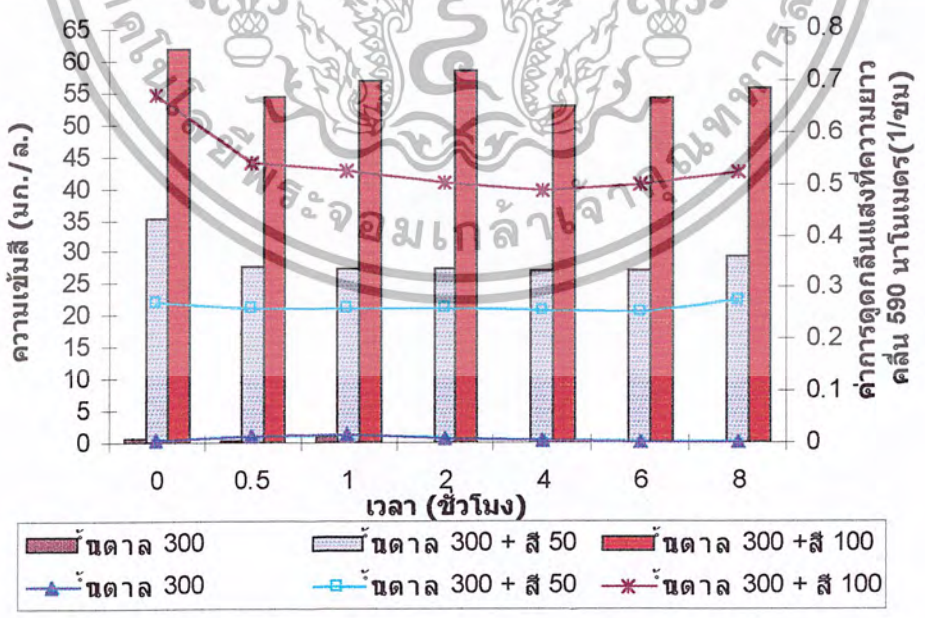
จากการวัดปริมาณความเข้มสีและค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 4.15 เห็นได้ชัดที่ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าสูงสุดที่เวลา 0 ชั่วโมง ของน้ำเสียที่มีค่าซีโอดี 400 มก./ล. และลดต่ำลงในค่าซีโอดี 350 และ 300 มก./ล.ตามลำดับ แสดงได้ว่าที่ความเข้มข้นซีโอดี 400 มก./ล. มีค่าความเข้มสีมากกว่าที่ค่าอื่น เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาอื่นๆ ค่าซีโอดีที่ 400 มก./ล. ก็ยังคงมีค่าการดูดกลืนแสงสูงกว่าที่ค่าอื่นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ

ผลของความเข้มสีที่ระยะเวลาต่างๆ นั้นแสดงว่าระบบไม่สามารถบำบัดสีย้อมได้หมด เนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเขียวมีโครงสร้างและโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ย่อยสลายได้ยาก ค่าการดูดกลืนแสงจึงไม่ลดลง ทำให้มีสีน้ำเงินเหลืออยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก ปริมาณความเข้มข้นที่เหลือคิดเป็น 55.6 และ 29 มก./ล. โดยประมาณ ของน้ำเสียที่มีค่าซีไอดี 400 และ 350 มก./ล. ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ที่ระยะเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสีและการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง ระบบเอสบีอาร์ไม่เหมาะสมกับการบำบัดสี้อมรีแอกทีฟในปริมาณสูง เพราะปริมาณของสี้อมที่ค่าซีโอดี 50 มก./ล. (36 ppm) และ 100 มก./ล. (72 ppm) ทำให้ค่าซีโอดีของน้ำทิ้งที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ไม่สามารถยอมรับได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดให้มีค่าซีโอดีไม่เกิน 120 มก./ล. แต่หากจะเลือกใช้ระบบเอสบีอาร์ในการบำบัดสี้อม ควรทำการเตรียมน้ำที่จะบำบัดก่อน (pretreatment) ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การโอโซนเนชัน (ozonation) การใช้เมมเบรนเพื่อแยกโมเลกุลขนาดใหญ่ของสี้อมออกก่อน การออกซิเดชัน (oxidation) หรือใช้ระบบเอสบีอาร์ที่ใช้กระบวนการแอนแอโรบิกร่วมด้วย ซึ่งพบว่าสามารถบำบัดสี้อมได้(อภาพล,2541) เพื่อให้ระบบเอสบีอาร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบเอสบีอาร์เป็นระบบที่ใช้กระบวนการแอโรบิกและจุลินทรีย์ในการบำบัด โดยทำการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ปนเปื้อนและปนเปื้อนสีข้อม โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์ กับน้ำเสียสังเคราะห์ 2 กลุ่มคือ กลุ่มน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งคาร์บอนเพียงอย่างเดียว และกลุ่มน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำตาลซูโครสเข้มข้นและสีข้อมประเภทรีแอกทีฟที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของน้ำเสียดังกล่าว มีค่าสูงถึงร้อยละ 91 แต่ในกลุ่มที่ 2 ได้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดอยู่ในช่วงเพียง ร้อยละ 65-71 ค่าซีโอดีน้ำเสียสังเคราะห์จากการเดินระบบ 1 รอบพบว่าค่าซีโอดีจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงแรก การลดลงของสารอินทรีย์นี้เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ซึ่งสามารถย่อยสลายน้ำตาลซูโครสได้ง่าย และเริ่มคงที่ในน้ำเสียดังกล่าวที่มีเพียงน้ำตาลซูโครสเพียงอย่างเดียวและยังพบว่าระบบสามารถกำจัดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและทีเคเอ็น ได้ร้อยละ 78.7 และ 68.63 ตามลำดับ โดยที่แอมโมเนียและทีเคเอ็นจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชัน ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีได้ร้อยละ 92 และค่าอัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดีได้ 0.9 ซึ่งแสดงว่าน้ำเสียสังเคราะห์ในกลุ่มที่ 1 ซึ่งมีเพียงน้ำตาลอย่างเดียวมีความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี

เมื่อพิจารณาผลการทดลองร่วมกับการทดสอบพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (UV_{254}) อัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดีและค่าสเปกตรัมของการดูดกลืนแสง พบว่าพันธะคู่ของคาร์บอนที่มีอยู่ในโครงสร้างของสีข้อมรีแอกทีฟ เป็นผลให้โมเลกุลของสีข้อมย่อยสลายได้ยากกว่าโมเลกุลของน้ำตาลซูโครส ประกอบกับโมเลกุลของสีข้อมมีความเป็นพิษ และยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเอสบีอาร์มีค่าลดลง เมื่อมีปริมาณสีข้อมเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ในน้ำเสียที่ไม่ปนเปื้อนและปนเปื้อนสีข้อม โดยการปรับค่าซีโอดีเริ่มต้นให้มีค่าเท่ากันคือ 300 มก./ล. พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีมีค่า ร้อยละ 91 และร้อยละ 74 ตามลำดับ

เมื่อแปรค่าซีโอดีเป็น 300 350 และ 400 มก./ล. ด้วยการควบคุมค่าซีโอดีจากน้ำตาลซูโครสให้คงที่ แล้วแปรค่าซีโอดีจากสีข้อม พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของระบบเอสบีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 88% ตามลำดับ ซึ่งการลดลงนี้ขึ้นผลเนื่องมาจากการเพิ่มปริมาณสีย้อมรีแอ็กทีฟเข้าไปในระบบนั่นเอง

ระบบเอสบีอาร์สามารถบำบัดไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและทีเคเอ็นได้ โดยมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 79% และ 72% ตามลำดับในน้ำเสียน้ำเสียกลุ่มที่ 1 การลดแอมโมเนียไนโตรเจนและทีเคเอ็น เกิดขึ้นจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งผลจากกระบวนการนี้ทำให้ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนมีค่าสูงขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาสมมูลมวลสารของระบบเอสบีอาร์
- ควรมีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีอื่นก่อนการบำบัด ด้วยระบบเอสบีอาร์ (Pretreatment) เช่น การโอโซนชันด้วยโอโซน การออกซิเดชัน เป็นต้น
- ควรศึกษาการบำบัดสีย้อมชนิดอื่นด้วยระบบเอสบีอาร์ เช่น สีแอติก เป็นต้น
- ศึกษาความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของสีย้อมที่สภาวะอะน็อกซิก แอนแอโรบิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2542. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม โรงงานฟอกย้อม.
- กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และพิสมัย ชัยรัตน์อุทัย. 2544. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater treatment). มิตรนราการพิมพ์.
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย.
- จินตนา เป็นสุวรรณ. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถภาพของการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมระหว่างกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2542. การกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. สหาคัมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- ปรีชาวิทย์ รอดรัตน์. 2543. ผลของเวลาพักแอนแอโรบิกและความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟชนิดอะโซที่มีโครงสร้างทางเคมีต่างกันโดยกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มีชัย เรื่องชัยนิคม. 2545. ผลของการกวนในช่วงแอนออกซิกของระบบบำบัดเอสบีอาร์ต่อการกำจัดไนโตรเจน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรวิทย์ เหลืองดิลก. 2541. ผลของโครงสร้างทางเคมีของสีย้อมรีแอกทีฟต่อการลดสีโดยกระบวนการเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อัจฉรา จันทอรีย์. 2538. การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียโดยถังปฏิกริยาชนิดถังที่มีการเติมอากาศแบบไม่ต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำพล เตโชวานิชย์. 2541. ประสิทธิภาพการกำจัดสีของสีรีแอกทีฟชนิดอะโซโดยระบบเอสบีอาร์แบบแอโรบิกและแอนแอโรบิก-แอโรบิก ภายใต้ภาวะการปฏิบัติการที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- APHA, AWWA, and WPCF. 1989. **Standard Methods for Examination of water and wastewater**. 17th. New York: APHA.
- Fu,L.,Wen,X. ,Lu,Q. and Qian,Y. 2001. Treatment of dyeing wastewater in two SBR system.**Process biochemistry**. (36):1111-1118.
- Grady,C. P. L., Jr.,Daigger,G. T. and Lim,H. C. 1980. **Biological wastewater treatment second edition, revised and expanded**,10th. New York: Marcel Dekker,Inc.
- Jarusutthirak, C. 2002. **Fouling and flux decline of reverse osmosis (RO), nanofiltration (NF), and ultrafiltration (UF) membranes associated with effluent organic matter (EfOM) during wastewater reclamation/reuse**. Ph.D. Dissertation, Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering , University of Colorado.
- Kargi, F. and Uygur. 2003. Nutrient removal performance of five-step sequencing batch reactor as a function of wastewater composition. **Process biochemistry**. (38):1039-1045.
- Lourence,N. D.,Novais,J.M. and Pinheiro,H.M. 2001. Effect of some operational parameter on textile dye biodegradation in a sequential batch reactor. **Journal of biotechnology**. (89):163-174.
- Panswad,T. and Luangdilok,W. 2000. Decolorization of reactive dyes with different molecular structures under different environmental conditions. **Water Research**. (34): 4177-4184.
- Yu,H.O.,Gu,G.W. and Song,L.P. 1996. The effect of fill mode on the performance of sequencing batch reactor various wastewater. **Bioresourcetechnology**. (58):49-55.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลอง

1. น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไม่ปนเปื้อนสีย้อม (กลุ่มที่ 1)

ตารางที่ ก-1. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่าง	ซีโอดี (มก./ล.)		บีโอดี (มก./ล.)		แอมโมเนีย (มก./ล.)		ทีเคเอ็น (มก./ล.)		ไนเตรต (มก./ล.)	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	316.8	28.8	279	24.6	28	5.5	22.4	5.6	0.16	3.91
2	316.8	30.2	289	23.2	23.34	5.45	36.4	8.4	0.18	4.94
3	291.8	30.72			10.14	3.61	21	4.2	0.43	1.1
4	307.3	30.72			46.18	0.9	22.4	8.4	0.39	0.59
5	327.9	30.72			38.24	0.6	16.8	5.6	0.55	0.59
6	392.1	30.72			17.3	1.19	18	7	0.91	0.82
7	324.9	26.88			35.5	1.7			1.32	0.53
8	342.7	26.88			44.6	4.64			0.01	0.21
9	389.7	30.72			48.24	12.72			0.15	0.23
10	293.8	30.72							0.15	0.17
11	319.6	24.48								
12	323.3	30.72								
13	300.8	22.56								
14	314.9	30.08								
15	319.6	29.11								
ค่าเฉลี่ย	314.6	28.6	284	23.9	34.47	7.151	22.83	6.53	0.425	1.289
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.18	2.60	7.07	0.99	13.5	3.79	7.04	1.7	0.4	1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2. การบำบัดซีโอทีใน 1 รอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง							ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน
	1	2	3	4	5	6	7		
0	289.68	300.8	319.6	291.8	319.6	323.325	314.88	308.53	14.13
0.5	30.72	67.68	69.12	30.72	60.16	97.76	84.48	62.95	25.24
1	15.36	30.08	53.76	30.72	51.14	67.68	61.44	44.31	19.15
2	30.72	30.08	61.44	15.36	45.12	60.16	46.08	41.28	16.88
4	30.72	30.08	53.76	30.72	30.08	52.64	46.06	39.15	11.18
6	15.36	15.04	61.44	15.36	45.12	22.56	76.8	35.95	25.39
8	30.72	15.04	76.8	30.72	15.04	22.56	46.08	33.85	21.79

ตารางที่ ก-3. ค่า UV_{254} ใน 1 รอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	1	2		
0		0.269	0.267	0.0028
0.5	0.248	0.244	0.246	0.0028
1	0.236	0.23	0.233	0.0042
2	0.21	0.216	0.213	0.004
4	0.206	0.2	0.203	0.004
6	0.183	0.181	0.182	0.001
8	0.182	0.180	0.181	0.001

หมายเหตุ * ค่า UV_{254} ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-4. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตรใน 1 รอบการ
ทำงานของระบบ

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน
	1	2		
0*	0.016	0.012	0.016	0.0028
0.5	0.013	0.011	0.013	0.0014
1	0.016	0.016	0.016	0
2	0.008	0.01	0.008	0.0014
4	0.002	0.002	0.002	0
6	0.000	0.000	0.000	0
8*	0.000	0.000	0.000	0

หมายเหตุ * ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

2. น้ำเสียสังเคราะห์ที่ปนเปื้อนสีข้อม (กลุ่มที่ 2)

2ก สีข้อม 36 มก./ล.

ตารางที่ ก-5. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่าง	ซีไอดี (มก./ล.)		บีไอดี (มก./ล.)		แอมโมเนีย (มก./ล.)		ทีเคเอ็น (มก./ล.)		ไนเตรต (มก./ล.)	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	394.5	117.1	211	24.6	2.28	0.34	12.6	1.26	0.33	0.35
2	402.2	94.1	226	25	4.53	0.97	12.6	1.2	0.03	0.01
3	406.1	86.4								
4	417.6	94.1								
ค่าเฉลี่ย	405.1	97.9	218.5	24.8	3.41	0.655	12.6	1.23	0.18	0.18
ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน	10.61	0.08	1.59	0.45	0.	0.04	0	0.04	0.04	0.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-6. การบำบัดซีโอทีในหนึ่งรอบรอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
	1	2		
0	407.08	414.76	410.92	5.43
0.5	153.6	69.12	111.36	59.74
1	84.48	53.76	69.12	21.7
2	76.8	61.44	69.12	10.86
4	69.12	53.76	61.44	10.86
6	92.16	61.44	76.8	21.72
8	99.84	61.44	80.64	27.15

ตารางที่ ก-7. UV_{254} ใน 1 รอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน
	1	2		
	0*	0.496		
0.5	0.277	0.24	0.2585	0.026
1	0.246	0.238	0.242	0.057
2	0.22	0.235	0.2275	0.011
4	0.211	0.211	0.211	0
6	0.216	0.232	0.224	0.011
8*	0.242	0.195	0.2185	0.033

หมายเหตุ * ค่า UV_{254} ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-8. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตรใน 1 รอบการ

ทำงานของระบบ

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน
	1	2		
0*	0.311	0.347	0.496	0.025
0.5	0.258	0.263	0.277	0.0035
1	0.271	0.244	0.246	0.019
2	0.258	0.257	0.22	0.007
4	0.262	0.246	0.211	0.011
6	0.260	0.246	0.216	0.001
8*	0.269	0.269	0.242	0.195

หมายเหตุ * ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

2ข. สีย้อม 73 มก./ล.

ตารางที่ ก-9. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่าง	ซีไอดี (มก./ล.)		บีไอดี (มก./ล.)		แอมโมเนีย (มก./ล.)		ทีเคเอ็น (มก./ล.)		ไนเตรต (มก./ล.)	
	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก	น้ำเข้า	น้ำออก
1	495.4	180.5	219	26.8	2.29	1.85	22.4	2.8	0.07	0.06
2	480.0	157.5	226	28.2	15	2.73	22.4	8.4	1.38	0.11
ค่าเฉลี่ย	487.7	169.0	222.5	27.5	8.645	2.29	22.4	5.6	0.725	0.17
ส่วนเบี่ยง เบนมาตร ฐาน	10.89	6.24	.95	0.99	8.99	0.62	0	3.96	0.93	0.035

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-10. การบำบัดซีโอดีในหนึ่งรอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน
	1	2		
0	495.4	480.04	487.72	10.86
0.5	184.32	144.32	164.32	28.28
1	161.28	131.2	146.24	21.27
2	111.52	111.52	111.52	0
4	124.64	111.52	118.08	9.28
6	111.28	91.84	101.56	13.75
8	131.2	124.64	127.92	4.64

ตารางที่ ก-11. UV₂₅₄ ใน 1 รอบการทำงาน

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยง เบนมาตรฐาน
	1	2		
0*	0.548	0.525	0.5365	0.016
0.5	0.444	0.283	0.3635	0.114
1	0.399	0.254	0.3265	0.103
2	0.274	0.224	0.249	0.035
4	0.254	0.267	0.2605	0.0092
6	0.43	0.282	0.356	0.105
8*	0.4	0.368	0.384	0.023

หมายเหตุ * ค่า UV₂₅₄ ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

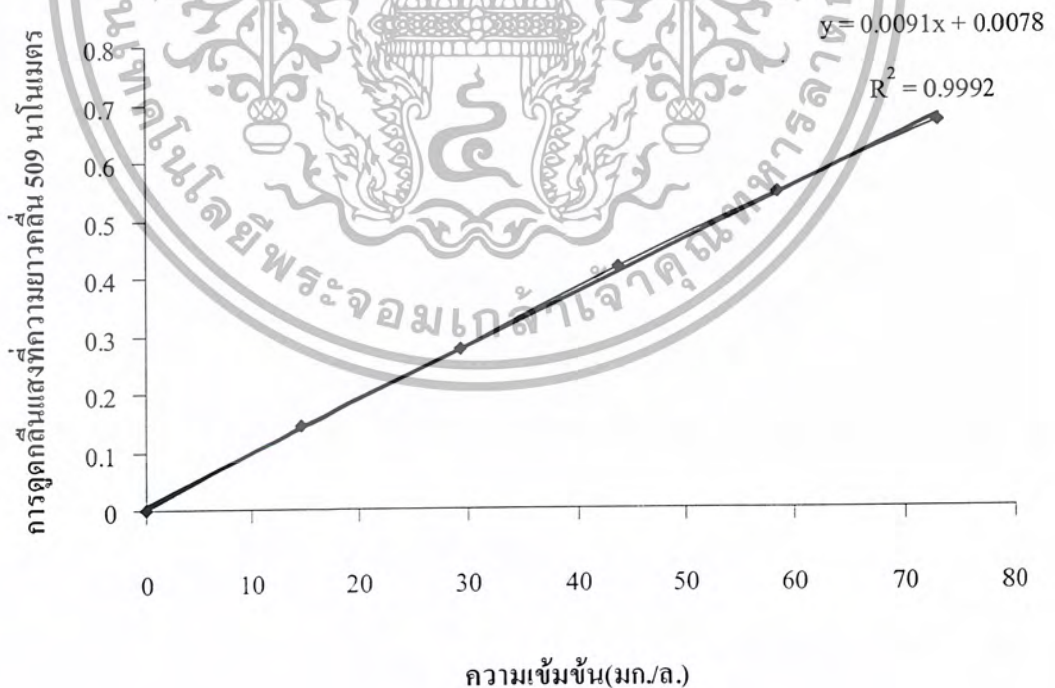
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-12. ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตรใน 1 รอบการทำงานของระบบ

เวลา (ชั่วโมง)	ตัวอย่าง		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	1	2		
0*	0.615	0.577	0.615	0.027
0.5	0.536	0.466	0.536	0.049
1	0.555	0.497	0.555	0.041
2	0.519	0.562	0.519	0.030
4	0.486	0.487	0.486	0.0007
6	0.511	0.486	0.511	0.018
8*	0.525	0.502	0.525	0.016

หมายเหตุ* ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

กราฟมาตรฐานความเข้มข้นสี(มก./ล.) ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้