สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า

IMPROVEMENT OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN TEXTILE DYEING/PRINTING INDUSTRY

T108566

นภาพร แสงมณี

นันทวรรณ ประทีปพวงรัตน

พรศิริ แจ่มจำรัส

วพ. 26197 ก 2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 108566
วัน,เดือน,ปี - 5 ก.ค. 2553

b 12224960
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT OF WASTEWATER TREATMENT PLANT IN TEXTILE DYEING/PRINTING INDUSTRY

NAPHAPORN SANGMANEE
NANTHAWAN PRATHEEPPOUNGRATANA
PORNSIRI JAMJUMRUS

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL RESOURCE CHEMISTRY
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า Improvement of Wastewater Treatment Plant in Textile Dyeing/Printing Industry
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนภาพร แสงมณี นางสาวนันทวรรณ ประทีปพวงรัตน นางสาวพรศิริ แจ่มจำรัส
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2551

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์	
ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์	

.....

(ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)

ปฏิบัติหน้าที่ประธานสาขาวิชา

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า

ชื่อนักศึกษา นางสาวนภาพร แสงมณี
นางสาวนันทวรรณ ประทีปพวงรัตน
นางสาวพรศิริ แจ่มจำรัส

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
ปีการศึกษา 2551
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาและสำรวจโรงงานที่ทำการศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าพบว่าน้ำทิ้งยังคงมีความเข้มสีสูง ค่า BOD, COD, TSS, FOG และ TKN ของน้ำทิ้งมีค่าเกินมาตรฐาน ดังนั้นในโครงงานพิเศษนี้จึงทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงาน โดยทำการศึกษากระบวนการบำบัด 3 ประเภท ได้แก่ กระบวนการรวมตะกอนทางเคมี, กระบวนการโอโซเนชัน และกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ โดยกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีเลือกใช้สารรวมตะกอน 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$, เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) พบว่า การใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ค่าพีเอช 9 ให้ ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยสูงสุดถึงร้อยละ 96 การบำบัดด้วยกระบวนการโอโซเนชันซึ่งมีอัตราการผลิตโอโซนเท่ากับ 15.36 กรัมต่อชั่วโมง ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 สามารถบำบัด COD ในช่วง 5 นาทีแรกได้ร้อยละ 86 และในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ โดยระบบเอสบีอาร์ที่มีการควบคุมปริมาณความเข้มข้นของตะกอนที่ 1500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดเบื้องต้นด้วยกระบวนการรวมตะกอนต่อด้วยกระบวนการโอโซเนชันให้ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD และ COD รวมสูงสุดถึงร้อยละ 92 และ 89 ตามลำดับ การใช้กระบวนการบำบัดทั้งสามกระบวนการต่อเนื่องกันสามารถลดค่า BOD, COD, TSS และความเข้มสี ให้อยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งได้

คำสำคัญ : การบำบัดทางชีวภาพ, การรวมตะกอนทางเคมี, พิมพ์ผ้า, ฟอกย้อม, โอโซเนชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Improvement of Wastewater Treatment Plant in Textile Dyeing/Printing Industry

Name Ms. Naphaporn Sangmanee
Ms. Nanthawan Pratheeppuongratana
Ms. Pornsiri Jamjumrus

Degree Bachelor of Science

Major Enviromental Resource Chemistry

Academic Year 2008

Advisor Asst.Prof.Dr.Chalor Jarusutthirak

ABSTRACT

According to site survey of a textile dyeing/printing factory, it was found that the effluent employed high strength of color and higher levels of BOD, COD, TSS, FOG, and TKN, than the effluent standard. Therefore, this special project focused on an improvement of the performance of wastewater treatment plant in the factory. The experiments studied 3 treatment processes, including coagulation, ozonation, and biological processes. The coagulants used in coagulation process included aluminium sulfate ($Al_2(SO_4)_3$), ferric chloride ($FeCl_3$), and polyaluminium chloride (PACl). The results indicated that PACl with a concentration of 500 mg/L and pH of 9 provided the highest efficiency in total suspended solid removal, upto 96%. Ozonation process with ozone generation rate of 15.36 g/hr. at pH of 9 could remove COD upto 86% within 5 minutes. Biological processes using sequencing batch reactor (SBR) with MLSS of 1500 mg/L at hydraulic retention time of 8 hours exhibited the best performance in BOD and COD removal for treatment of the wastewater pretreated by coagulation combined with ozonation. The BOD and COD removal efficiencies were found to be 92 and 89%, respectively. A process train of coagulation, ozonation, followed by biological process could treat BOD, COD, TSS, and color to reach the criteria required by the effluent standard.

Keywords : Biological process, Coagulation, Printing, Dyeing, Ozonation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจแก้รูปเล่มโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์, ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย, ผศ.พรรษวรรณ ศรีนาค และ ผศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะนำ และช่วยตรวจสอบเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวก ในการทำโครงงานพิเศษให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท พี.เอส.ซี.เทรดดิ้งแอนด์ดีเวลล๊อปเม้นท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องโอโซนและถังปฏิกิริยา เพื่อใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ โรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่ทำการศึกษาในโครงงานพิเศษฉบับนี้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ กรมควบคุมมลพิษที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในโครงงานพิเศษฉบับนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดารวมทั้งเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดในการทำโครงงานพิเศษ

นางสาวนภาพร แสงมณี
นางสาวนันทวรรณ ประทีปพวงรัตน
นางสาวพรศิริ แจ่มจำรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า	3
2.2 ประเภทของสีย้อม	10
2.3 ประเภทของเสียจากอุตสาหกรรมสีย้อม/พิมพ์ผ้า	15
2.4 การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสีย้อม/พิมพ์ผ้า	22
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	37
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	38
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การศึกษาและสำรวจข้อมูลโรงงานที่ทำการศึกษา	44
4.2 การศึกษากระบวนการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย	47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก ก	63
ภาคผนวก ข	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสีย้อมที่เหมาะสมกับเส้นใยชนิดต่างๆ 14

ตารางที่ 2.2 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์ 21

ตารางที่ 2.3 ตัวออกซิไดซ์ทางเคมีชนิดต่าง ๆ 25

ตารางที่ 2.4 พามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานและการออกแบบตะกอนเร่ง 34

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย 43

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงงานที่ทำการศึกษา 46

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ทำการศึกษา 49

ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียเมื่อผ่านกระบวนการบำบัดประเภทต่าง ๆ 57

ตารางที่ ก-1.1 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ แปรค่าความเข้มข้น 64

ตารางที่ ก-1.2 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วย อลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช 64

ตารางที่ ก-1.3 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) แปรค่าความเข้มข้น 65

ตารางที่ ก-1.4 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช 65

ตารางที่ ก-1.5 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) แปรค่าความเข้มข้น 66

ตารางที่ ก-1.6 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช 66

ตารางที่ ก-2.1 ผลการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโอโซน 67

ตารางที่ ก-2.2 ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนเปรียบเทียบระหว่างน้ำเสียที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี 68

ตารางที่ ก-3.1 ผลการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์ในน้ำเสียทั้ง 4 ประเภท 69

ตารางที่ ข-1.1 ปริมาณการเติมสารละลายกลูโคสในถังปฏิกรณ์ 73

ตารางที่ ข-1.2 ปริมาณสารอาหารที่เติมเข้าไปในระบบบำบัดทางชีวภาพแบบเอสบีอาร์ 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม 4
รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเตรียมสกรีนเพื่อใช้ในการพิมพ์ผ้า 9
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมแต่ละชนิด 13
รูปที่ 2.4 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ 17
รูปที่ 2.5 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย 18
รูปที่ 2.6 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก 19
รูปที่ 2.7 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการพิมพ์ผ้า 20
รูปที่ 2.8 หลักการพื้นฐานในการผลิตโอโซน 25
รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน 26
รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาของโอโซนในสารละลาย 27
รูปที่ 2.11 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ต่อเนื่อง 29
รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของระบบ SBR 30
รูปที่ 3.1 การดำเนินงานวิจัย 39
รูปที่ 3.2 การติดตั้งระบบโอโซเนชัน 41
รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า 45
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยสารรวมตะกอนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ 47
รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยสารรวมตะกอนที่พีเอชต่าง ๆ 48
รูปที่ 4.4 ผลการกำจัด COD ในน้ำเสียที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีด้วยกระบวนการโอโซ-เนชัน 49
รูปที่ 4.5 ผลการกำจัดสีในน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน 50
รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัด COD ในน้ำเสียที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีด้วยกระบวนการโอโซเนชัน 51
รูปที่ 4.7 ความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 การกำจัด COD ด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบ SBR ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง 53

รูปที่ 4.9 การกำจัด BOD ด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบ SBR ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง 55

รูปที่ 4.10 ปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดต่าง ๆ 56

รูปที่ 4.11 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานที่ทำการศึกษา 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางในสิ่งทอทั้งระบบซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนวัสดุสิ่งทอในรูปที่ยังเป็นวัตถุดิบ คือ เส้นด้ายดิบหรือผ้าดิบ ให้เป็นวัสดุสำเร็จที่สามารถจำหน่ายให้กับผู้บริโภคได้โดยตรงหรือนำไปใช้ทำเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมขั้นปลายได้ กระบวนการในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางเคมีที่อาศัยการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของเส้นใย ซึ่งแต่ละกระบวนการก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียจากอุตสาหกรรมในปริมาณมากโดยลักษณะของน้ำเสียจะมีสารอินทรีย์ สี และเกลือปนเปื้อนอยู่มาก

ในขณะนี้ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กมีระบบบำบัดน้ำเสียที่ไม่ได้มาตรฐานเพียงพอทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งการเดินระบบที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงก่อให้เกิดปัญหาการปล่อยน้ำทิ้งที่ไม่ได้มาตรฐานลงสู่แหล่งน้ำ ทั้งนี้อาจเกิดจากการขาดความรู้ การขาดแคลนเงินทุนในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและการติดตามตรวจสอบ

ดังนั้นเพื่อเสริมการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและสามารถบำบัดน้ำเสียจนได้น้ำทิ้งที่มีลักษณะตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาและสำรวจถึงกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า โดยศึกษาถึงลักษณะของน้ำเสีย กระบวนการบำบัดและสภาพระบบบำบัด พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดที่มีอยู่ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาวิธีการและแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัด โดยทำการศึกษาการรวมตะกอนด้วยสารเคมี (Coagulation and Flocculation) กระบวนการโอโซเนชัน (Ozonation) และกระบวนการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor; SBR) เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมให้ดียิ่งขึ้น จนทำให้คุณภาพของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาเป็นไปตามมาตรฐานและลดการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ และประเมินลักษณะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าจากโรงงานที่ทำการศึกษา

2. เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าจากโรงงานที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. โรงงานที่ทำการศึกษา ได้แก่ โรงงานฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า จำนวน 1 โรงงาน

2. ศึกษาแหล่งกำเนิดของน้ำเสียจากแผนผังขั้นตอนการผลิต รวมถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม รวมถึงข้อมูลทั่วไปของโรงงานที่ทำการศึกษา

3. ศึกษาลักษณะของน้ำเสียที่เป็นอยู่ รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อหาแนวทางในการบำบัดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4. ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อม โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์ได้แก่ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ทีเคเอ็น พีเอช อัลคาไลนิตี และสีของน้ำเสีย

5. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมโดยใช้กระบวนการรวมตะกอนทางเคมี การบำบัดด้วยโอโซน และการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบแอกติเว็ดเต็ดสลัดจ์แบบ SBR

6. นำเสนอแนวทางการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้เป็นแนวทางในการกำจัดสารอินทรีย์และสีที่มีอยู่ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

2. น้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดทางเคมีและทางกายภาพแล้วมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนด และสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำได้อย่างปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

3. สามารถนำแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมประเภทอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการฟอกย้อม /พิมพ์ผ้า

สีย้อมเป็นสารเคมีที่สกัดจากน้ำมันปิโตรเลียม หรือถ่านหิน เมื่อผ่านการสกัดจะได้สารไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว เช่น เบนซีน ไซลีน แอนทราซีน โทลูอีน แนพทาลีน และพาราฟิน ซึ่งสารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นสีย้อมด้วยเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งสีย้อมที่ผลิตขึ้นมามีหลายชนิดขึ้นอยู่กับ ความเหมาะสมกับเส้นใย และกระบวนการย้อมที่มีลักษณะแตกต่างกันไป การที่จะนำสีย้อมลักษณะใด ๆ มาย้อมให้ได้ผลดีนั้น ขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีกับเส้นใย ซึ่งต้องมีอำนาจมากกว่าน้ำ ในการที่จะทำให้เกิดสภาวะเช่นนี้ได้ต่อเมื่อโมเลกุลของสีย้อมมีหมู่อะตอมที่จัดเรียงตัวกันในลักษณะที่ทำให้เกิดการดูดติดเส้นใยได้เอง (substantivity) แล้วเกิดพันธะยึดกันแน่น ซึ่งเกิดจากอิทธิพลเชิงเคมี 4 ชนิดด้วยกันที่ทำให้สีดูดติดเส้นใย คือ พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond), แรงวัลเดอร์วัลส์ (VanderWaals' force), แรงไอออน (ionic force) และพันธะโควาเลนท์ (Covalent bond) ซึ่งในการดูดติดกันระหว่างโมเลกุลของสีย้อมกับโมเลกุลของเส้นใยจะต้องประกอบไปด้วยอะตอม 2 ชนิดขึ้นไป บางครั้งก็อาจเกิดแรงทั้ง 4 ผสมผสานกัน (ราตรี และคณะ, 2543) โดยกระบวนการฟอกย้อมประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

2.1.1 การเตรียมผ้า (Preparation)

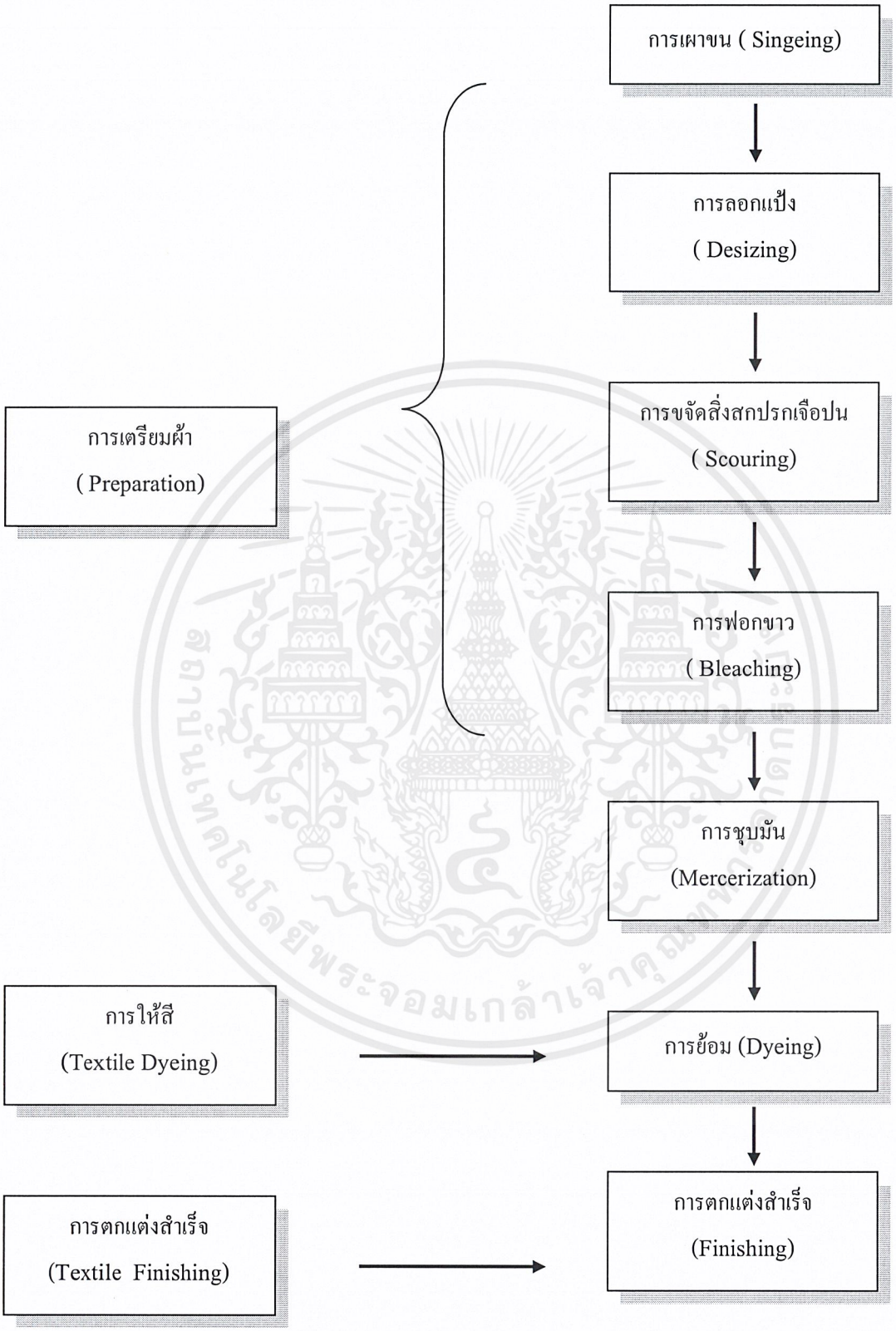
ขั้นตอนนี้เป็นการนำเส้นด้ายหรือผ้าดิบออกจากโรงปั่นหรือทอ มาผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อเตรียมเส้นด้ายหรือผ้านั้นให้อยู่ในสภาพที่สามารถนำไปย้อมฟอกสีหรือตกแต่งสำเร็จได้เป็นอย่างดี โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้ เพื่อขจัดสิ่งสกปรกเจือปนในเส้นใย ทำให้เส้นใยดูดติดสีย้อมและสารเคมีต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ และให้เส้นใยมีความคงรูป ไม่เสียรูปไปในระหว่างขั้นตอนการตกแต่งอื่น ๆ

สำหรับกระบวนการที่ใช้ในการเตรียมสิ่งทอ มีอยู่หลายประการที่สำคัญดังนี้

- การเผาขน (Singeing)

ในเส้นด้ายที่ปั่นจากเส้นใยสั้นที่เรียกว่าเส้นด้ายสปันนั้น มักจะมีปลายเส้นใยโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นผิวของเส้นด้ายเป็นจำนวนมาก ปลายเส้นใยที่โผล่ขึ้นเหนือผิวเส้นด้ายก็จะมีมากขึ้นสืบเนื่องจากการเสียดสีที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอ จึงควรกำจัดเส้นใยที่โผล่ผิวเส้นใยดังกล่าวนี้เสียด้วยการใช้ความร้อนเผาทำลาย กระบวนการนี้จึงมีชื่อเรียกว่า การเผาขน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การลอกแป้ง (Desizing)

การลงแป้ง เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นสำหรับผ้าทอ เนื่องจากในการทอจะต้องมีการลงแป้งเส้นด้ายยืน เพื่อให้การทอดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่เมื่อนำผ้าทอเสร็จแล้วไปทำการฟอกย้อม แป้งที่เคลือบอยู่บนเส้นด้ายจะมีผลกระทบต่อคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำและสารเคมีของเส้นใย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการขจัดออกไปสามารถทำได้ 4 วิธีดังนี้

1. การหมัก (Rot steeping) โดยการจุ่มผ้าให้เปียกแล้วหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องปล่อยให้แบคทีเรียในน้ำและอากาศย่อยสลาย ต้องใช้เวลานานมาก (ประมาณ 30 ชั่วโมง)

2. การใช้กรด (Acid steeping) จะใช้กรดทำปฏิกิริยากับแป้ง ความแรงของกรด ความเข้มข้น และอุณหภูมิเป็นตัวแปรในการทำปฏิกิริยาของกรด กรดสามารถย่อยสลายเส้นใยได้โดยเฉพาะเส้นใยฝ้าย ดังนั้นเวลาใช้กรดกำจัดแป้งให้ระวังเรื่องการทำลายเส้นใย

3. การใช้เอนไซม์ (Enzymatic desizing) เอนไซม์เป็นสารชีวเคมีที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ดังนั้นเวลาเกิดปฏิกิริยากับสารจะเกิดกับสารเฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น เอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งเรียกชื่อว่า amylase จะเกิดปฏิกิริยากับแป้งเพียงอย่างเดียวไม่เกิดกับเส้นใยจึงไม่ทำลายเส้นใย

4. การกำจัดแป้งด้วยสารออกซิไดซิง (Oxidative desizing) สารออกซิไดซิงที่ใช้ได้แก่ สารประกอบเปอร์ซัลเฟต หรือเปอร์ออกไซด์ เช่น โซเดียมเปอร์ซัลเฟต ($Na_2S_2O_8$) โปแตสเซียมเปอร์-ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ข้อดีของการใช้สารกลุ่มนี้คือ จะได้ผ้าที่ขาวกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากสารกลุ่มนี้เกิดการฟอกขาว (bleach) ด้วยนอกจากการกำจัดแป้งส่วนข้อเสียมีเช่นกันคือ การทำลายเส้นใยถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปหรือสภาวะรุนแรงเกินไป

- การขจัดสิ่งสกปรก (Scouring)

การขจัดสิ่งสกปรก หมายถึง การกำจัดไขมันและสารปนเปื้อนต่าง ๆ เช่น สารประกอบเกลือทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ สิ่งสกปรกเจือปนเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกไปเพื่อให้เส้นใยดูดซึมน้ำได้ดี และสามารถดูดติดสีและสารเคมีอย่างสม่ำเสมอ การขจัดสิ่งสกปรกเจือปนในใยฝ้ายต้องใช้วิธีต้มฝ้ายในสารละลายโซดาไฟ สิ่งสกปรกเจือปนจึงถูกทำลายและละลายน้ำหลุดออกมา การตรวจสอบประสิทธิภาพในการขจัดสิ่งสกปรกจากฝ้ายนี้ สามารถกระทำได้ด้วยการตรวจดูคุณสมบัติในด้านการดูดซึมน้ำของผ้า การตรวจดูความขาว เป็นต้น

- การฟอกขาว (Bleaching)

การกำจัดสารมีสีในธรรมชาติที่ติดมากับวัสดุสิ่งทอ โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีทำให้เส้นใยมีความขาวขึ้น เป็นขั้นตอนที่จำเป็นโดยเฉพาะกับผ้าที่จะนำไปทำเป็นผ้าขาว สำหรับผ้าที่จะนำไปย้อมสีเข้มไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนนี้ การฟอกขาวแบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. สารออกซิไดซ์ ได้แก่ สารประกอบเปอร์ออกไซด์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) โซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) สารประกอบไฮโปคลอไรท์ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) และแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ [$Ca(OCl)_2$]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สารรีดิวซ์ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_4$) โซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_3$) การฟอกขาวด้วยสารกลุ่มนี้จะได้ความขาวที่ไม่ถาวรเรียกว่า temporary white

- การชุบมัน (Mercerization)

การที่นำฝ้ายไปผ่านสารละลายความเข้มข้นโซเดียมไฮดรอกไซด์สูง ทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำและสีย้อมดีขึ้น การชุบมันจะไปช่วยสกัดขี้ผึ้งและไขมันในฝ้ายออกและทำให้เส้นใยฝ้ายพองตัว โดยปกติแล้วเส้นใยโพลีเอสเตอร์จะถูกทำลายด้วยด่างความเข้มข้นสูง ณ ที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน แต่ปฏิกิริยาของการชุบมันเกิดขึ้นในเวลาสั้น ๆ ที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่า โพลีเอสเตอร์ในผ้าเส้นใยผสมจึงไม่ถูกทำลายในกระบวนการชุบมัน

2.1.2 การย้อมสี (Textile Dyeing)

วัสดุสิ่งทอส่วนใหญ่จะต้องมีการนำไปให้สีก่อนการใช้งาน หลักการย้อมสี คือ การใช้วิธีการที่เหมาะสมให้สารประกอบเคมีที่ละลายเป็นสารละลายหรือกระจายอยู่ในสารละลาย (Dispersion) ไปทำให้เกิดสีบนวัสดุที่จะย้อม (Substrates) เช่น เส้นใย ผ้า ฝ้าย ฯลฯ แล้วทำให้เกิดสีบนวัสดุที่จะย้อมอย่างถาวร การเกิดสีบนวัสดุที่จะย้อมไม่เพียงแต่เกิดบนผิวหน้าเท่านั้น แต่จะสามารถซึมให้เกิดสีตลอด (Uniformly) บนผิวรอบผ้าตัดขวางของวัสดุที่จะย้อมด้วยขั้นตอนการย้อมผ้ามีส่วนประกอบสำคัญที่มีผลต่อการย้อม คือ

- ชนิดของเส้นใย

เส้นใยที่นำมาถักหรือทอเป็นผืน สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fibers) เช่น ฝ้าย ขนสัตว์ ไหม เป็นต้น

2. เส้นใยประดิษฐ์ (Man-Made Fibers) เช่น เรยอง ไนลอน อะคริลิค และโพลีโพรโพลีน เป็นต้น

เส้นธรรมชาติย้อมง่ายกว่าเส้นใยประดิษฐ์ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติดูดซึมน้ำได้ดี และเมื่อเปียกน้ำจะมีการพองตัว ทำให้สีย้อมซึ่งละลายอยู่ในน้ำแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยได้ง่าย ส่วนเส้นใยประดิษฐ์ เช่น โพลีเอสเตอร์ ดูดซึมน้ำได้น้อย เพราะโครงสร้างของเส้นใยแน่นมาก สีย้อมแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยได้ยาก ทำให้การย้อมเกิดขึ้นยากกว่า การย้อมเส้นใยประดิษฐ์จึงต้องเลือกสีย้อมให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเส้นใยประดิษฐ์นั้น ๆ

- สีย้อม

สีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยมีหลายชนิด การย้อมที่จะให้ผลดีนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจการรวมตัวของสีย้อมกับเส้นใยจะต้องมีมากกว่าอำนาจการรวมตัวของสีย้อมกับน้ำ สีย้อมส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่เป็นผลิตภัณฑ์มาจากน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเป็นสารไฮโดรคาร์บอนพวก Aliphatic และ Aromatic การจำแนกสีย้อมสามารถแบ่งประเภทสีย้อมออกได้หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากจะจำแนกตามลักษณะการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การตกแต่งสำเร็จ (Textile Finishing)

การตกแต่งสำเร็จเป็นกระบวนการหนึ่งในการตกแต่งสิ่งทอ ซึ่งมักกระทำเป็นขั้นตอนสุดท้ายต่อจากการเตรียมและการให้สีสิ่งทอ สามารถจำแนกประเภทของการตกแต่งสำเร็จเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- การจำแนกตามกรรมวิธีการตกแต่ง

1. การตกแต่งด้วยวิธีทางเชิงกล (Mechanical Finishing) เป็นการตกแต่งสิ่งทอโดยใช้เครื่องจักรในการผลิตทำให้สิ่งทอมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น การตกแต่งเพื่อควบคุมการหดตัวของผ้า การตกแต่งเพื่อให้ผ้ามีความเงามัน เรียบลื่น การตกแต่งเพื่อให้นุ่ม

2. การตกแต่งสำเร็จด้วยสารเคมี (Chemical Finishing) เป็นการตกแต่งสิ่งทอด้วยสารเคมีเพื่อให้สิ่งทอมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ สารเคมีที่ใช้มีทั้งที่เป็นธรรมชาติ เช่น แป้ง หรือสารสังเคราะห์ เช่น โพลีเอทิลีน พีวีเอซี เรซิน ออกไซด์ของอลูมิเนียมและซีลีเนียม ซิลิโคน สารกันน้ำ สารตกแต่งผ้านุ่ม ลาเท็กซ์ เมลามีน ฟอร์มาลดีไฮด์ กรดไขมัน อนุพันธ์กรดไขมัน

- การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการตกแต่ง

1. ประโยชน์การใช้งาน โดยที่จะพิจารณาถึงประโยชน์การใช้งานเป็นหลัก เช่น การตกแต่งผ้าให้แข็ง (Stiffening Finishing) และการตกแต่งให้ผ้ามีคุณสมบัติการคืนตัวต่อรอยยับได้ดี และมีความนุ่มของเสื้อผ้าพอสมควร (Wash &Wear Finishing)

2. การตกแต่งผ้าที่ใช้ที่เน้นในเรื่องของการบำรุงรักษาให้ใช้ได้ดี และสวยงามตลอด (Protection Finishing) การตกแต่งเพื่อให้สามารถซักล้างสิ่งสกปรกออกจากเนื้อผ้าได้ง่ายเป็นการตกแต่งด้วยวิธี Soil Release ซึ่งหมายถึงผ้าที่ผ่านกระบวนการตกแต่งด้วยวิธีนี้เมื่อเกิดรอยเปื้อนขึ้น

3. การตกแต่งที่เน้นในเรื่องของความปลอดภัยของการใช้ผ้าเป็นหลัก เช่น การตกแต่งเพื่อไม่ให้ติดไฟง่ายและสามารถหยุดการลุกลามต่อเนื่องในผ้า (Flame Retardant) เช่น ในผ้าฝ้าย ผ้าโพลีเอสเตอร์ และการตกแต่งกันแบคทีเรียและเชื้อรา

2.1.4 กระบวนการพิมพ์ผ้า

1) การเตรียมผ้า

เป็นการทำผ้าให้สะอาดเพื่อให้สีในแป้งพิมพ์สามารถซึมทะลุไปภายในเส้นใยในเนื้อผ้าให้มากที่สุดที่จะทำได้ ผ้าที่จะพิมพ์ได้ผลดีมีคุณสมบัติดังนี้

1.1 วัสดุเจือปนตามธรรมชาติของฝ้ายและวัสดุเจือปนอื่น ต้องเอาออกอย่างสม่ำเสมอ

1.2 ความขาวของผ้าต้องเท่ากันตลอดทั้งผืนและสม่ำเสมอ ขาวมากพอที่จะพิมพ์สีอ่อน ถ้าพิมพ์สีเข้มไม่ต้องขาวมากนักก็ได้

1.3 ระดับการดูดซึมสีต้องสม่ำเสมอตลอด

1.4 ผ้าที่นำมาพิมพ์ต้องไม่มีรอยย่นยับ และความชื้นคงเหลือในผ้าต้องมีความสม่ำเสมอกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเตรียมสีพิมพ์

สีที่ใช้พิมพ์ผ้าต้องผสมสารข้น เพื่อให้สีติดอยู่เฉพาะส่วนที่ต้องการ พร้อมทั้งสารเคมีอื่น ๆ ที่ช่วยให้สีติดคงอยู่บนผ้าและพิมพ์ได้สะดวกงดงาม สารเหล่านี้รวมเรียกว่า สารช่วยพิมพ์ (Printing Auxiliary) ส่วนผสมของแป้งพิมพ์ประกอบด้วย สีหรือพิกเมนต์, สารข้น, สารยึดติด, สารละลายสี, สารกระจายตัว และสารช่วยดูดความชื้น

การพิมพ์ผ้าต้องมีการเตรียมแม่พิมพ์หรือสกรีนสำหรับใช้ในการพิมพ์ผ้าจริงโดยมีวิธีการเตรียมแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการพิมพ์ผ้า ดังรูปที่ 2.2

3) เทคนิคการพิมพ์ผ้า

1.การพิมพ์โดยตรง (Direct Printing) เป็นการพิมพ์แป้งพิมพ์ลงบนผ้าขาวหรือผ้าสี สีพื้นจะถูกปกคลุมด้วยสีที่พิมพ์ลงไป

2. การพิมพ์ดิสชาร์จ (Discharge Printing) เป็นการพิมพ์ให้เกิดลวดลายลงบนผ้าสี (พิมพ์กัดสีพื้นออก)

3.การพิมพ์รีซีสต์ (Resist Printing) เป็นการพิมพ์ให้เกิดลวดลายด้วยการพิมพ์ด้วยสารกันสี ส่วนสีพื้นทำโดยวิธีทำจุ่มอัดหรือวิธีพิมพ์แบบเบอร์นเอ๊าท์ (Burn-Out Printing) เป็นการพิมพ์ผ้าให้เกิดลวดลายบนผ้าใยผสม โดยทำลายเส้นใยชนิดหนึ่ง ทำให้เหลือเส้นใยเพียงชนิดเดียว ลวดลายที่ได้จะโปร่ง

5.พิมพ์รูปลอก (Transfer Printing) เป็นการพิมพ์โดยใช้กระดาษที่มีลวดลาย พิมพ์อัดบนผ้าด้วยความร้อนสูง ทำให้เกิดลวดลายพิมพ์บนผ้า ได้แก่ ผ้าตัดชุดแข่งกีฬาจักรยาน สกี เป็นต้น

6.การพิมพ์ย่นด้วยสารเคมี (Chemical Crepe) เป็นการพิมพ์ด้วยสารเคมีให้เกิดรอยย่นเฉพาะที่ เป็นผลให้เกิดการหยักบนบริเวณที่ไม่ได้พิมพ์

7.การพิมพ์ด้วยฟล็อค (Flock Printing) เป็นการพิมพ์หรือเคลือบกาวบนผ้าก่อนแล้วยิงด้วยกลุ่มเส้นใยสั้น ๆ ซึ่งจะจับติดแน่นในแนวตั้งฉากกับผ้า โดยผ้าที่ได้ลักษณะคล้ายกำมะหยี่

ขั้นตอนการเตรียมสกรีนเพื่อใช้ในการพิมพ์ผ้า สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการเตรียมสกรีนเพื่อใช้ในการพิมพ์ผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประเภทของสีย้อม

สีย้อมสามารถจำแนกออกได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามโครงสร้างทางเคมี จำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสีตามลักษณะการใช้งาน จำแนกตามลักษณะทางกายภาพ ตามลักษณะการใช้งาน และจำแนกตามวิธีการย้อม (นันทิยาและคณะ, 2547)

2.2.1 จำแนกตามโครงสร้างทางเคมี

1. สีย้อมอะโซ (Azo dyes) คือสีย้อมที่มีกลุ่มอะโซ (-N=N-) อยู่ในโครงสร้างโมเลกุล สีย้อมกลุ่มนี้เป็นกลุ่มใหญ่และมีความสำคัญมากที่สุด โดยมีปริมาณมากถึงร้อยละ 50 ของสีที่ใช้งานกันอยู่ ลักษณะที่สำคัญของสีย้อมกลุ่มนี้คือ มีสีให้เลือกครบทุกโทนสี แต่โดยทั่วไปจะมีความสำคัญโดยเฉพาะในช่วงของสีเหลือง แสด แดง น้ำตาล และดำ มีกรรมวิธีการสังเคราะห์ค่อนข้างง่าย มีความสว่างสดใส และคงทนต่อแสงในเกณฑ์ปานกลางถึงดี และราคาไม่แพง

2. สีย้อมแอนทราควิโนน (Anthraquinone) เป็นสีย้อมที่มีโครงสร้างของแอนทราควิโนนเป็นโครงสร้างหลักของโมเลกุล และส่วนใหญ่จะสังเคราะห์ได้โดยอาศัยแอนทราควิโนนเป็นสารเริ่มต้น โดยครอบคลุมร้อยละ 25 ของสีย้อมทั้งหมด สีที่มีความสำคัญคือ ม่วง ฟ้า เขียว และแดงแสด เป็นสีที่มีความสว่างสดใสดี แต่ความเข้มข้นของสีน้อยกว่าสีอะโซและยังมีราคาแพงอีกด้วย

3. สีย้อมซัลเฟอร์ (Sulphur dyes) เป็นสีย้อมที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของโมเลกุล สีกลุ่มนี้เป็นสีที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดในบรรดาสีย้อมทั้งหมด เนื่องจากเป็นสีย้อมที่มีราคาถูก นิยมใช้สีย้อมทึบ ๆ ที่ต้องการความเข้มข้นสูง เช่น สีดำ น้ำตาล และน้ำเงิน สีกลุ่มนี้มีให้เลือกไม่มากนัก ส่วนมากจะเป็นสีทึบไม่สดใส

4. สีย้อมอินดิกอยด์ (Indigoid dyes) เป็นสีย้อมที่มีโครงสร้างของอินดิโกติน ซึ่งเป็นโครงสร้างของสีอินดิโกอยู่ในโมเลกุล

2.2.2 การจำแนกตามชนิดของเส้นใยที่นำไปย้อมสี

1. สีย้อมฝ้าย ได้แก่ สีไดเรคท์ สีรีแอกทีฟ สีแว็ต สีซัลเฟอร์
2. สีย้อมโพลีเอสเตอร์ ได้แก่ สีดิสเพอร์ส
3. สีย้อมไนลอน ไหม และขนแกะ ได้แก่ สีแอสิด สีเมทัลคอมเล็กซ์
4. สีย้อมอะคริลิก ได้แก่ สีเบสิค

2.2.3 การจำแนกตามลักษณะกายภาพ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. สีชนิดที่ละลายน้ำได้

สีแอสิค

สีเบสิค

สีไดเรคท์

สีรีแอคทีฟ

สีมอร์แดนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สีชนิดที่ละลายน้ำไม่ได้

สีอะโซ

สีดิสเพอร์ส

สีแว็ต

สีซัลเฟอร์

สีเมทัลคอมเพล็กซ์

2.2.4 การจำแนกตามลักษณะการใช้งาน

1. สีแอสิด (Acid dyes) ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนในน้ำย้อมซึ่งมีสภาพเป็นกรดเจือจาง อาจจะนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสที่ไม่ใช่เส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ด้วย เช่น ปอ ป่าน และใยพอลี-เอไมด์ ตัวสีย้อมเกิดจากสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำได้ ส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน มีโครงสร้างเป็นไอออนลบในส่วนสารประกอบที่ให้สี กลุ่มเคมีของสีแอสิคนี้ประกอบด้วยสีกลุ่มอะ-โซ

2. สีเบสิค (Basic dyes) สีประเภทนี้ใช้ย้อมขนสัตว์และไหมบางชนิด ย้อมติดเส้นใยเซลลูโลสได้เพียงเล็กน้อยหรือไม่ติดเลย ตัวสีย้อมเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครโมฟอร์ให้แคทอิออน บางครั้งเรียกสีย้อมชนิดนี้ว่าสีแคทอิออน ย้อมติดเส้นใยได้โดยประจุบวกของโมเลกุลสี ซึ่งจะจับกับประจุลบของเส้นใย

3. สีไดเรกท์ (Direct dyes) เป็นสีละลายน้ำใช้ได้โดยตรงกับเส้นใยเซลลูโลส แต่บางครั้งใช้ย้อมเส้นใยขนสัตว์ได้ สีกลุ่มนี้เป็นสีย้อมที่ซีดง่าย และซีดจางในการซัก หากในขณะย้อมใช้เกลือช่วยในการย้อมจะช่วยให้สีเข้มขึ้นและไม่ซีดจาง การใช้สีย้อมประเภทนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้ดีที่อุณหภูมิต่ำโดยเฉพาะในงานบาติก

4. สีรีแอคทีฟ (Reactive dyes) เป็นสีย้อมที่ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสที่ดีที่สุด สามารถละลายน้ำได้ดีมีคุณสมบัติเป็นแอนอิออน โมเลกุลของสีจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกไซด์ในเซลลูโลสและเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ กลายเป็นสารประกอบชนิดใหม่กับเซลลูโลส มีคุณสมบัติการละลายและการดูดติดเส้นใยของตัวสีจะทำให้ตัวสีเข้าไปอยู่ภายในของเส้นใยได้และเมื่อเกิดปฏิกิริยาตัวสีก็จะติดกับเส้นใย

5. สีมอร์แดนท์ (Mordant dyes) หรือสีโครม เป็นสีที่นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ตัวสีย้อมนี้อยู่ในกลุ่มสีย้อมแอสิคที่สามารถก่อรูปเป็นสารประกอบโครออร์ดิเนตใหม่ที่ถาวรขึ้นกับโลหะบางชนิดได้ เช่น โครเมียม อลูมิเนียม เป็นต้น สารโครออดิเนตใหม่นี้จะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า จึงทำให้ความคงทนต่อแสงและน้ำได้เพิ่มขึ้น สีประเภทนี้ใช้เป็นสีแอสิคไม่ได้เพราะว่าถ้ายังไม่ให้ตัวสีทำปฏิกิริยากับโครเมียมสีจะไม่คงทนต่อด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สีอะโซอิก (Azoic dyes) สีย้อมกลุ่มนี้นิยมใช้ย้อมกับเส้นใยเซลลูโลสเท่านั้น ตัวย้อมชนิดนี้เป็นสารประกอบอะโซเท่านั้น แต่ว่าตัวสีไม่ละลายน้ำ สีอะโซอิกดายส์ได้แก่ สีเหลือง ส้ม แดง น้ำตาล นอกจากนี้ยังใช้สีของอะโซอิกดายส์ร่วมกับสีแว็ตดายส์ ทำให้ได้สีสดใสงดงาม

7. สีดิสเพอร์ส (Dispersed dyes) เป็นสีที่มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ สีชนิดนี้จะดูดซึมติดเส้นใยที่ไม่ชอบน้ำเท่านั้น เช่น เส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยอาซิเตท สีประเภทนี้เมื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตจะต้องผสมตัวช่วยและบดสีให้เป็นผงละเอียด เพื่อให้สีสามารถกระจายตัวในน้ำ ดังนั้นในการย้อมสีชนิดนี้จะต้องเติมสารช่วยกระจายในปริมาณที่พอเหมาะลงไปในการย้อมเพื่อช่วยให้สีชนิดนี้ไม่ตกตะกอนในการย้อม

8. สีแว้ต (Vat dyes) นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสโดยเฉพาะใยฝ้าย สีย้อมชนิดนี้ไม่ละลายน้ำจึงต้องใช้ตัวรับอิเล็กตรอนที่เหมาะสมมาทำให้ละลาย สารที่รับอิเล็กตรอนที่นิยมใช้ทั่วไป ได้แก่ โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ หลังจากนั้นจะสูญเสียอิเล็กตรอนกลับเป็นสีย้อมแว้ตที่ไม่ละลายน้ำดังเดิม ทำให้เกิดการติดทนกับถาวรกับเส้นใยได้ดี โครงสร้างของสีย้อมประเภทนี้แตกต่างกันมาก สารประกอบเชิงซ้อนของสีทุกตัวจะต้องมีหมู่คาร์บอนิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่รวมอยู่ด้วยเสมอ

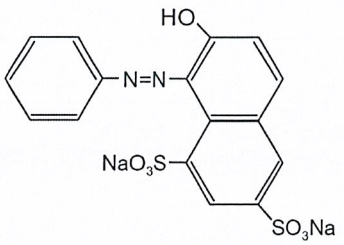
9. สีซัลเฟอร์ (Sulphur dyes) เตรียมได้จากการหลอมละลายกำมะถัน หรือโซเดียมซัลไฟด์กับกรดอะมิโนและสารประกอบไนโตรเจน ใช้ย้อมผ้าฝ้ายโดยเฉพาะ สีที่ย้อมได้จะไม่ค่อยสดใส ตามปกติแล้วสีย้อมชนิดนี้จะไม่ละลายน้ำ แต่ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสีย้อมชนิดนี้ขึ้นมาใหม่ โดยนำสีย้อมไปทำการรีดิวซ์ ทำให้สีชนิดนี้ละลายน้ำได้ดี สีพวกนี้มักจะเป็นสีที่มีความคงทนต่อการซักและการต้ม สีพวกนี้มักจะเป็นสีที่ทึบ ๆ หนัก ๆ เช่นสีแดงก่ำ

10. สีเมทัลคอมเพล็กซ์ (Metal complex dyes) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ ใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสและให้สีต่าง ๆ กัน เมื่อย้อมแล้วต้องทำให้สารนี้ตกตะกอนภายในเส้นใยด้วย

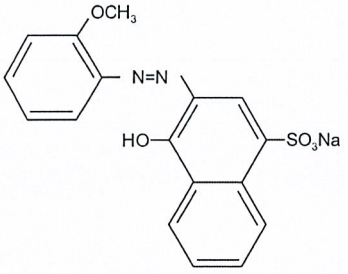
ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมแต่ละชนิด สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3

สีย้อมแต่ละชนิดมีความเหมาะสมกับเส้นใยแต่ละชนิด แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.1 และขึ้นอยู่กับวิธีการย้อม คุณลักษณะของสีย้อมที่ดีควรมีลักษณะคือ มีความเข้มสูง ละลายน้ำได้หรือเปลี่ยนให้อยู่ในรูปละลายน้ำได้ มีแรงดึงดูดหรือมีแรงยึดกับเส้นใย คงทนต่อการซัก และการใช้งาน คงทนต่อกระบวนการผลิตขั้นต่อไป ให้ความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และมีราคาเหมาะสม (อุตสาหกรรมย้อมผ้า, 2537)

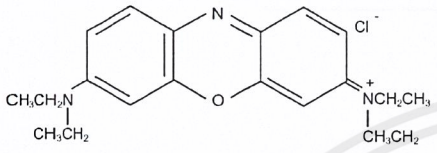
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



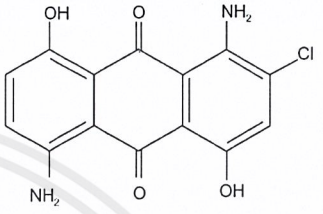
Acid orange 10



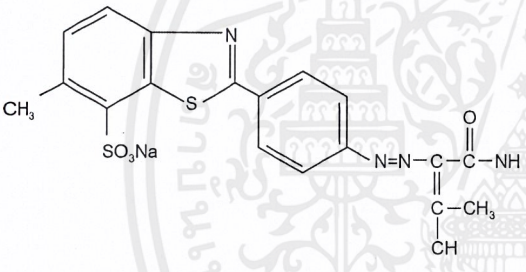
Acid red 4



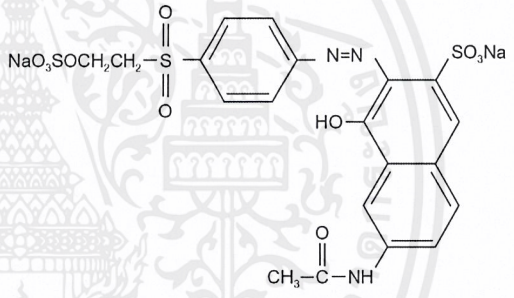
Basic blue 3



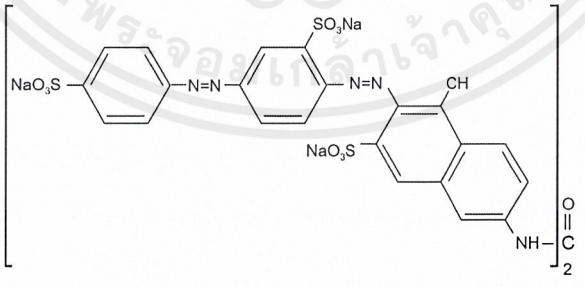
Disperse blue 56



Direct yellow 8



Reactive orange 16



Direct red 80

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสีย้อมที่เหมาะสมกับเส้นใยชนิดต่าง ๆ

เส้นใย	ประเภทของสีย้อม									
	สีแอสิด	สีเบสิค	สีไดเรคท์	สีรีแอคทีฟ	สีมอร์แดนท์	สีอะโซอิค	สีดิสเพิร์ส	สีแว้ต	สีซัลเฟอร์	สีเมทัลคอมเพล็กซ์
เซลลูโลส (ฝ้าย,วิสโคส,ลินิน)		+	+	+		+		+	+	
เส้นใยจากพืชประเภท เฮมิ-เซลลูโลส (ปอกระเจา,ป่าน,ปอ,ใย มะพร้าว,ป่านศรนารายณ์)	S	+	S							
เส้นใยโปรตีน (ขนสัตว์,ขนแกะ)	+	S	S	+	+			S		+
เส้นใยโปรตีน (ไหม)	+	S	S	+	+					+
เซลลูโลส ไดอะซิเตตและไตรอะซิเตต						S	+	+		
โพลีเอไมด์ ไนลอน 66 และ 6	+		+	+	S		+			S
โพลีเอสเตอร์						S	+	S		
โพลีอะคริลิค		+		S			+			

หมายเหตุ : S = ใช้ได้บ้าง + = ใช้ได้หมด

(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประเภทของเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า

ของเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่เกิดขึ้นแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 ประเภทดังนี้

2.3.1 อากาศเสีย (Air Pollution)

กระบวนการในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าสามารถก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศได้ไม่ว่าจะเป็นฝุ่น ควัน ก๊าซพิษ หรือไอระเหยของสารเคมี มลพิษทางอากาศจัดเป็นมลพิษที่มีความยุ่งยากในการวัดปริมาตรการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ทดสอบในทางปฏิบัติ แหล่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่สำคัญ ได้แก่ หม้อไอน้ำ มลพิษเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงาน จะเกิดควัน ไอน้ำ และก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) เป็นต้น

2.3.2 น้ำเสีย (Water Pollution)

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า ส่วนใหญ่เกิดจากการทิ้งน้ำเสีย น้ำเสียจากการฟอกย้อมมีแหล่งกำเนิดในเกือบทุกขั้นตอนจากการฟอกย้อม โดยเฉพาะในกระบวนการชำระล้างทำความสะอาดของแต่ละขั้นตอนจะมีการใช้น้ำในอัตราที่สูงมาก ซึ่งสิ่งที่สามารถพบได้ในน้ำเสียเสมอ ได้แก่ เศษเส้นใย เศษผ้า สารเคมี กรดด่าง ไขมัน สบู่ และสีย้อม ซึ่งน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้ามีที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ

ก. น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการดำเนินการฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า น้ำใช้ในส่วนนี้อาจมีการระเหยไปบ้างในระหว่างขั้นตอนการผลิต แต่ส่วนใหญ่จะถูกปล่อยออกมาเป็นน้ำเสียภายหลังการผลิต น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตนี้ยังอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ น้ำที่ใช้ในขั้นตอนการฟอกย้อมหรือน้ำที่ใช้ล้างแม่พิมพ์หลังการพิมพ์ผ้า ซึ่งจะมีปริมาณไม่มากนัก แต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนที่ค่อนข้างสูงและน้ำที่ใช้ในการซักล้างภายหลังการฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า จะมีปริมาณมากแต่มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกเจือปนโดยส่วนรวมแล้วต่ำกว่าน้ำเสียในประเภทแรก

ข. น้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ

ในกระบวนการฟอกย้อม มักจะมีการอาศัยไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำที่ใช้ในกระบวนการและเป็นตัวให้ความร้อนในตู้อบไอน้ำ ถ้าไอน้ำที่ใช้ถูกปล่อยให้เย็นลงและกลั่นตัวในท่อไอน้ำก็จะได้น้ำที่สะอาดสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าไอน้ำถูกส่งเข้าไปให้ความร้อนแก่สารละลายสีย้อมโดยตรง ก็จะเป็นการเพิ่มปริมาตรของสารละลายสีย้อม และจะถูกรวมเป็นน้ำเสียที่สกปรกที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น

ในกระบวนการฟอกย้อม มีบ่อยครั้งที่ทางโรงงานจำเป็นต้องลดอุณหภูมิของสารละลายสีย้อมลงในเวลาอันสั้น ซึ่งจะทำได้ก็โดยอาศัยการใช้น้ำหล่อเย็น น้ำหล่อเย็นนี้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำสะอาดสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้

ง. น้ำที่ใช้ในการล้างเครื่องจักรและทำความสะอาดโรงงาน

น้ำส่วนนี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า และในบางกรณีเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกมากด้วย เช่น น้ำล้างถังเตรียมสีย้อม เป็นต้น

จ. น้ำจากแหล่งอื่น

นอกจากน้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว โรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้ายังอาจมีน้ำเสียจากแหล่งอื่น ๆ อีก เช่น น้ำใช้ของคนงาน หรือน้ำฝน เป็นต้น

2.3.3 ของเสียที่เป็นของแข็ง (Solid Wastes)

ปริมาณของเสียที่เกิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ขนาดและประเภทของโรงงาน ลักษณะของเสีย ประสิทธิภาพของเครื่องจักรและระดับการดูแลเอาใจใส่ต่อปัญหาเรื่องของเสียและเทคนิคการจัดการ โรงงาน

2.3.4 ของเสียที่เป็นพิษ (Hazardous Wastes)

สารเร่งปฏิกิริยา ตัวทำละลายอินทรีย์ น้ำยาซักแห้ง สารเคมีที่ใช้ในการทำความสะอาด และสารช่วยย้อมบางประเภทสามารถทำให้เกิดของเสียที่เป็นพิษได้ ซึ่งของเสียกลุ่มนี้จัดว่าเป็นกลุ่มที่ทำลายยาก หรือกำจัดยาก เนื่องจากความเป็นพิษของสารเหล่านี้จะมีผลต่อสิ่งแวดล้อม

ของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมสามารถจำแนกได้ตามประเภทของผลิตภัณฑ์ดังนี้

1) กระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ (แสดงดังรูปที่ 2.4)

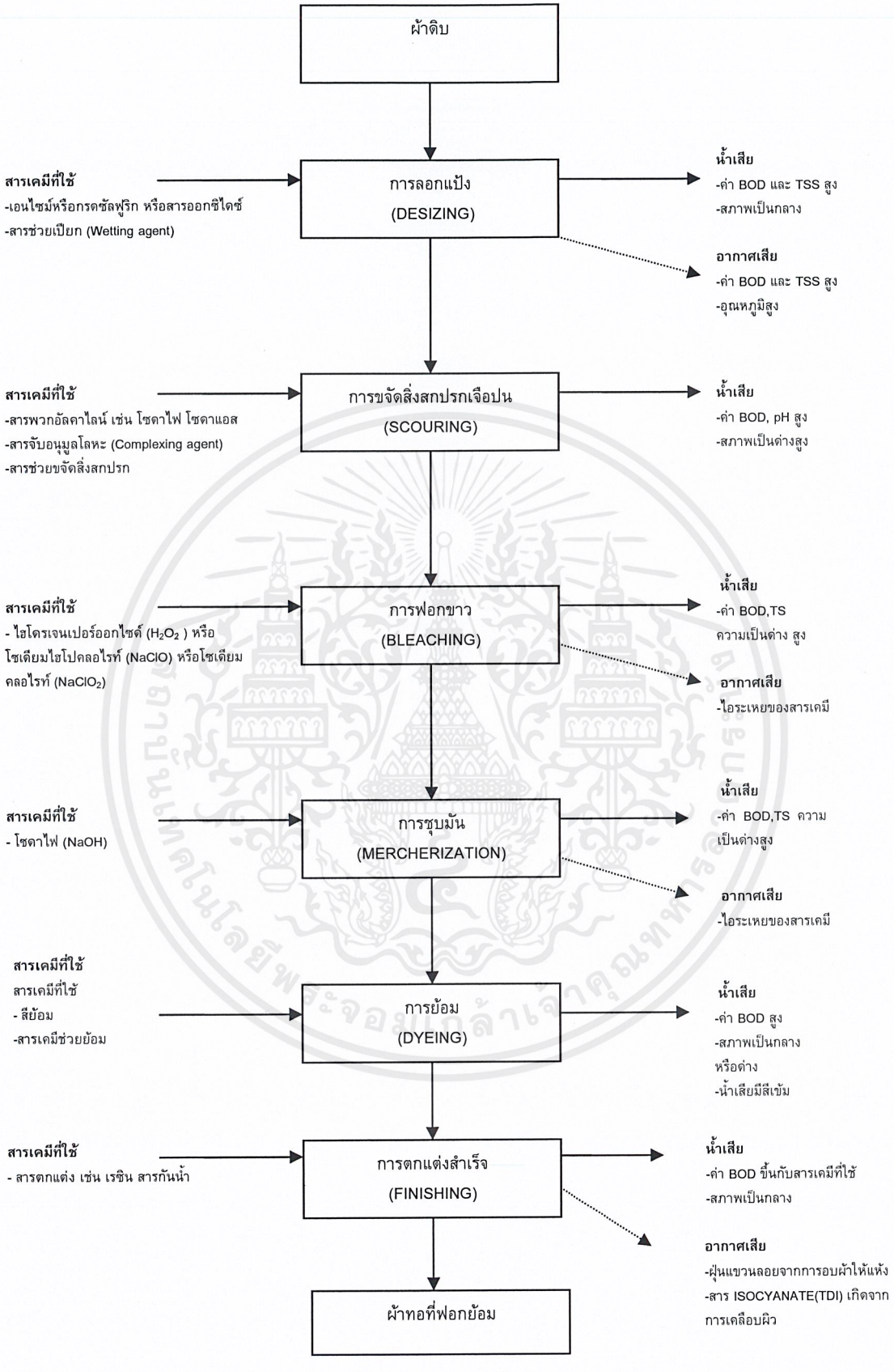
2) กระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย (แสดงดังรูปที่ 2.5)

3) กระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก (แสดงดังรูปที่ 2.6)

4) กระบวนการพิมพ์ผ้า (แสดงดังรูปที่ 2.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

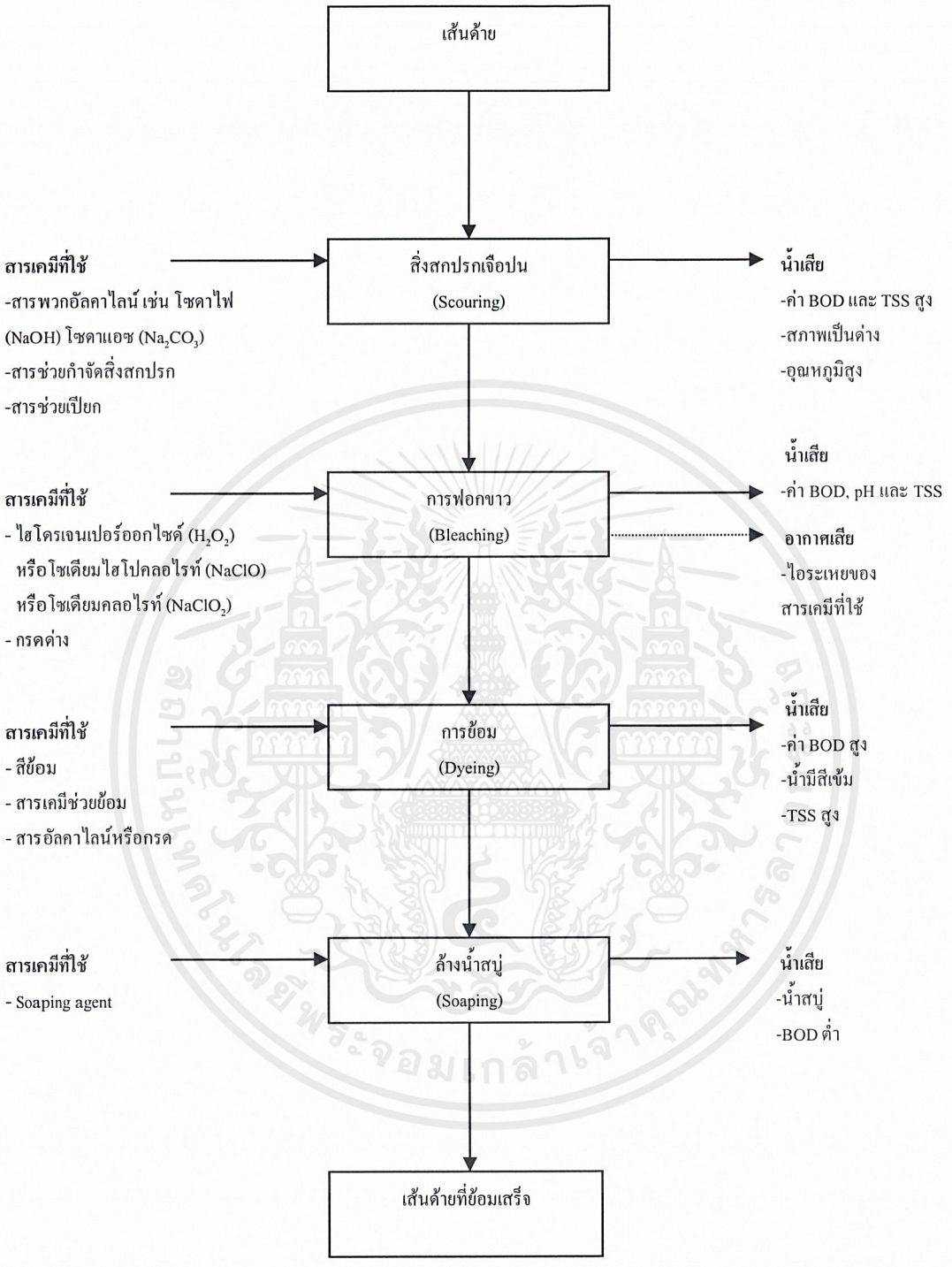
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.4 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าทอ (ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

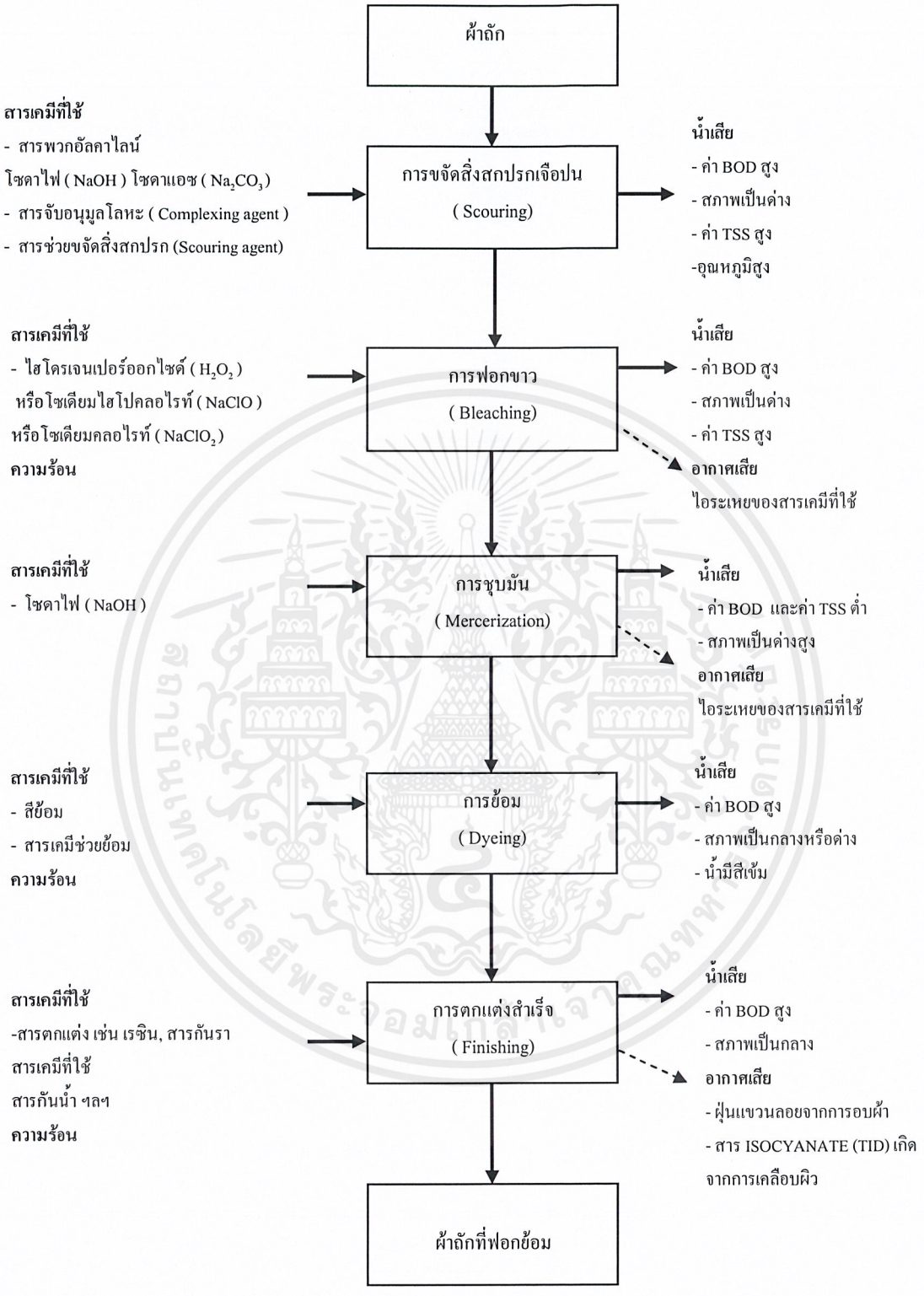
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

108566



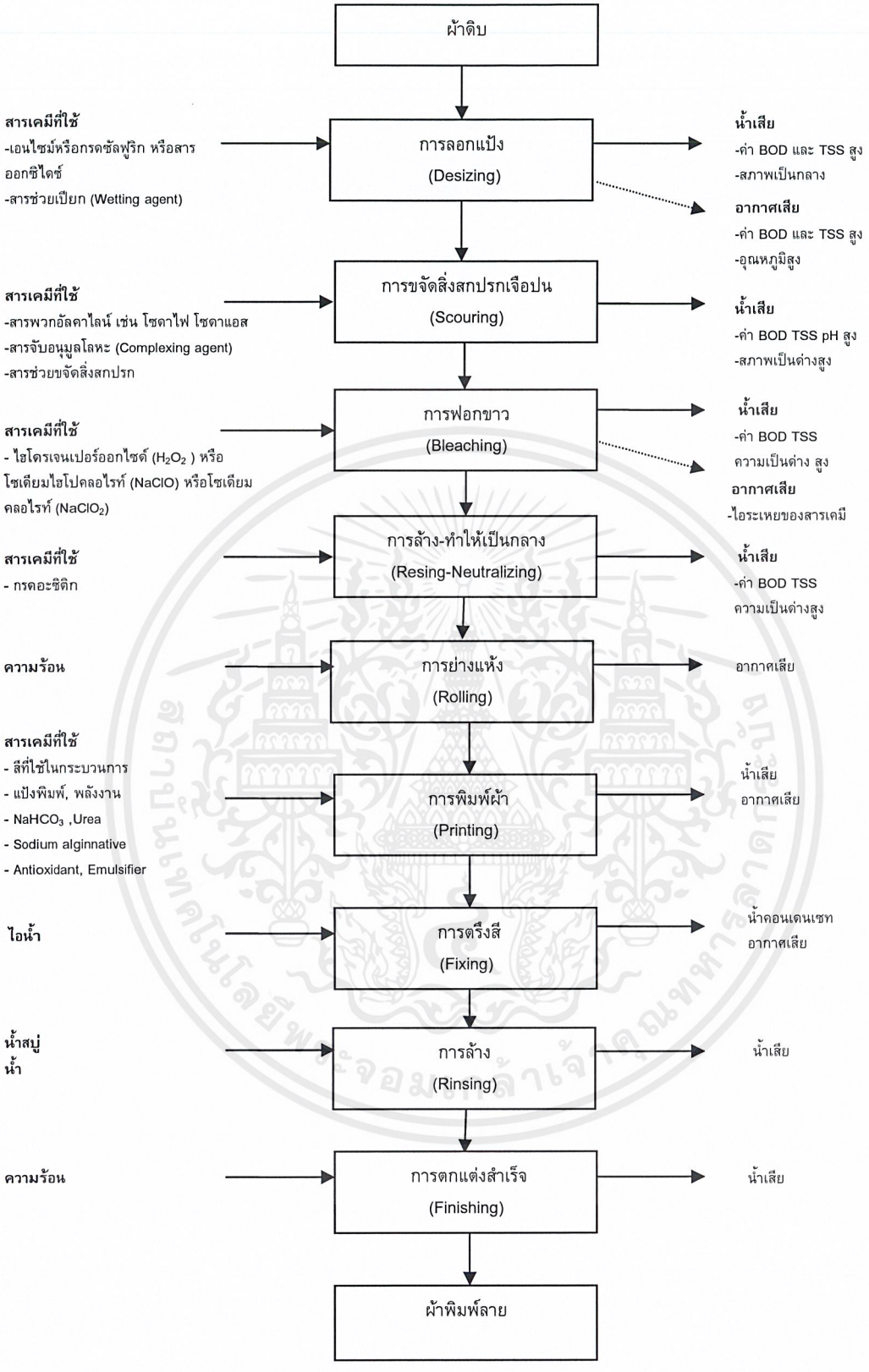
รูปที่ 2.5 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมเส้นด้าย (ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก
(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 สารเคมีที่ใช้และของเสียที่ออกมาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการพิมพ์ผ้า (ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า

น้ำเสียที่มาจากโรงงานต่าง ๆ จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของเส้นใยที่นำมาย้อม และกระบวนการย้อมที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมแบ่งตามผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่ฟอกย้อม	ลักษณะของน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด				
	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	สี (หน่วย Pt Co)
ฟอกย้อมด้าย	8.2	120	300	43	450
ฟอกย้อมผ้าถัก	9.0	110	370	50	570
ฟอกย้อมผ้าทอ	8.6	400	1200	140	670
ฟอกย้อมด้ายและผ้า หรืออื่น ๆ	9.1	230	713	65	400

(ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2542)

จากตารางแสดงลักษณะน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าพบว่า

1. มีปริมาณสารอินทรีย์สูงเนื่องจากมีค่า BOD COD สูง ปริมาณสารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการฟอกย้อม ได้แก่ แป้ง สีย้อม เส้นใย และด้ายที่ปนออกมาจากกระบวนการย้อมและตกแต่ง

2. มีความเป็นด่างสูง สารที่ทำให้น้ำมีลักษณะเป็นด่างคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมคาร์บอเนต ซึ่งมีการใช้ในขั้นตอนการขจัดสิ่งสกปรกเจือปน (Scouring)

3. มีอุณหภูมิสูงประมาณ 50 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะในขั้นตอนที่มีการใช้ความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ขั้นตอนการขจัดสิ่งสกปรกเจือปน ขั้นตอนการย้อม และขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จ

4. มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมาจากเกลือโซเดียมและกรดต่าง ๆ

5. มีสีเข้มมาก มาจากสีที่ใช้ย้อมผ้า

6. มีโลหะเจือปน มาจากสีที่ใช้ย้อมผ้า โดยส่วนใหญ่เป็นโลหะพวกทองแดง โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี

7. มีปริมาณทีเอสเอส หรือของแข็งแขวนลอยทั้งหมดสูง โดยเฉพาะเศษเส้นใยที่หลุดออกมา ซึ่งเส้นใยนี้หากมีปริมาณมาก อาจทำให้เกิดปัญหาการอุดตันของน้ำเสียในเครื่องย้อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. มีการปนเปื้อนของสารเคมี ซึ่งมีอยู่หลายประเภทตามชนิดที่เลือกใช้ ส่วนใหญ่จะมีคงเหลืออยู่ในสารละลายสีย้อมหรือน้ำยาซักล้าง และจะถูกปล่อยปนออกมากับน้ำเสีย

2.3.6 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า

โดยทั่วไปมลภาวะที่เกิดจากน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อมมีดังนี้

1. ความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ น้ำเสียจากการย้อมผ้ามักมีสารพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และจุลินทรีย์ในการบำบัดทางชีววิทยา เช่น สารประกอบอะนีลีน

2. การลดลงของออกซิเจนในแหล่งน้ำ น้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง เนื่องจากถูกนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ และใช้ทำปฏิกิริยากับสารประกอบไฮโดรเจนซัลเฟต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสีย้อมบางประเภท

3.ทำให้สภาวะทางกายภาพของแหล่งน้ำเสื่อมลง น้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมเมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ จะก่อให้เกิดความรู้สึกน่ารังเกียจต่อผู้พบเห็น นอกจากนี้สีย้อมที่มีความเข้มข้นสูงจะขัดขวางการเดินทางของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำนั้น

2.4 การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม /พิมพ์ผ้า

2.4.1 การรวมตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical Coagulation)

โคแอกกูเลชันหรือการสร้างตะกอนเคมี ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ ขั้นตอนการเติมสารเคมีพวกสารสร้างตะกอน (Coagulation) ซึ่งได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก สารโพลีอิเล็กโทรไลต์ เป็นต้น ผสมกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเล็ก ๆ ขั้นตอนที่สอง คือ การกวนช้าเพื่อให้เกิดสภาพรวมตะกอน (Flocculation) ซึ่งได้มีการเกาะกันระหว่างตะกอนแขวนลอยเล็ก ๆ กับสารสร้างตะกอน จนได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่จนสามารถตกตะกอนได้ สาเหตุที่ต้องทำการกวนอย่างช้า เพราะป้องกันสภาพการเกาะรวมตัวกันเกิดการแตกหลุดจากกันของตะกอนเล็ก ๆ เหล่านั้น การหาปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้จำเป็นต้องทำการทดลอง เรียกว่า จาร์เทสต์ (Jar Test)

วัตถุประสงค์ในการบำบัดด้วยวิธีทางเคมีมีดังนี้

1. ปรับสภาพของน้ำเสียให้เหมาะสมกับความต้องการ เช่น ปรับค่าความเป็นกรด หรือเป็นด่าง เติมสารอาหารให้เหมาะสม (Nutrients) เพื่อให้สามารถทำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. สร้างตะกอนเล็ก ๆ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถตกตะกอนได้ง่าย (Coagulation and Flocculation)

3.ทำให้มลสารที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย เช่น โลหะหนัก เป็นมลสารที่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า การตกตะกอนผลึก (Precipitation)

4.ทำให้เกิดการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ในน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.เพื่อสะดวกในการบำบัดตะกอนในขั้นตอนต่อไป

การตกตะกอนผลึกให้ได้ดีต้องพิจารณาค่าพีเอช หลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว โดยทั่วไปต้องมีค่าพีเอชสูงกว่า 7 จึงจะได้ผลดี

ในกระบวนการกำจัดสีย้อมด้วยการตกตะกอนทางเคมีนั้น มีสารเคมีสร้างตะกอนให้เลือกหลายชนิด การนำสารสร้างตะกอนชนิดใดไปใช้นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โดยดูปัจจัยด้านประสิทธิภาพค่าใช้จ่าย วัตถุประสงค์ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างของสารสร้างตะกอนมีดังนี้ (ศนิชา และคณะ, 2540)

1) สารอลูมินัมซัลเฟต (Aluminum Sulfate)

เป็นสารสร้างตะกอนเคมีที่นิยมใช้กันมากที่สุด มีสูตรเคมีคือ $Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 666.7 จะมีทั้งที่อยู่ในสภาพเป็นผงก้อน หรือเป็นของเหลว เมื่อสารส้มทำปฏิกิริยากับน้ำเสียที่มีสภาพเป็นด่าง จะเกิดตะกอนวุ้นรูปร่างคล้ายหัวเข็มหมุดของอลูมินัมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ดังแสดงในสมการที่ 2-1 คือ เมื่อสารส้ม 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับน้ำเสียจะลดปริมาณด่าง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียมคาร์บอเนต และเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

$$Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{pH = 5.5\text{-}8.0} 2Al(OH)_3\downarrow + 3CaSO_4 + 18\ H_2O + 6CO_2 \qquad (2\text{-}1)$$

ถ้าน้ำเสียไม่มีสภาพด่างอยู่จำเป็นต้องเติมด่างผสมลงไป เพื่อเพิ่มสภาพด่างในน้ำเสีย เช่น เติมปูนขาว หรือโซดาแอช (Na_2CO_3) ดังแสดงในสมการที่ 2-2 และ 2-3

$$Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3CaSO_4 + 18\ H_2O \qquad (2\text{-}2)$$

$$Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4 + 3CO_2 + 18H_2O \qquad (2\text{-}3)$$

2) เฟอร์รัสซัลเฟต

สารเฟอร์รัสซัลเฟต หรือเรียกว่า Copperas มีลักษณะผลึกสีเขียวแห้งสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำเสียที่มีสภาพด่างได้แต่ค่อนข้างช้ามาก ทำให้จำเป็นต้องใช้ปูนขาวเติมผสมลงมาเพื่อเพิ่มค่าพีเอชขึ้น จนเกิดตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric Hydroxide) ดังแสดงในสมการที่ 2-4 และ 2-5

$$2FeSO_4 .7H_2O + 2Ca(HCO_3)_2 + 0.5O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 2CaSO_4 + 4CO_2 + 13H_2O \qquad (2\text{-}4)$$

$$2FeSO_4 .7H_2O + 2Ca(OH)_3 + 0.5O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 2CaSO_4 + 4CO_2 + 13H_2O \qquad (2\text{-}5)$$

ถ้านำสารเฟอร์รัสซัลเฟต มาผสมกับคลอรีนจะทำให้ได้สารเฟอร์ริกซัลเฟต และสารเฟอร์ริกคลอไรด์ หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำเสียที่มีสภาพด่างอยู่แล้วหรือมีปูนขาวผสมลงไปช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อเพิ่มค่าสภาพด่าง ซึ่งจะได้ตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric Hydroxide) ดังแสดงในสมการ 2-6, 2-7 และ 2-8

$$3FeSO_4 .7H_2O + 1.5Cl_2 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3 + 21H_2O \quad (2\text{-}6)$$

$$2FeCl_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 2CaCl_2 + 6CO_2 \quad (2\text{-}7)$$

$$2FeCl_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CaCl_2 \quad (2\text{-}8)$$

3) โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl)

สารเคมีช่วยเร่งการตกตะกอนเป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อลดแรงผลักระหว่างอนุภาค ซึ่งถ้าเกิดเพียงเล็กน้อยจะทำให้อนุภาคแตะกัน ซึ่งแรงดูดอนุภาคให้ติดกันทำให้เกิดการจับตัวเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้นเรียกว่า ฟล็อก (Floc) เมื่อฟล็อกรวมตัวใหญ่ขึ้นก็จะตกตะกอน แต่ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารเคมีช่วยเร่งการตกตะกอนขึ้นใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่า คือ Polyaluminum Chloride (PACl) PACl เป็นเกลือสังเคราะห์ของอลูมินัมคลอไรด์ ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นเป็นพิเศษเพื่อใช้ในกระบวนการตกตะกอน มีคุณสมบัติดีกว่าของอลูมินัมและเหล็ก เมื่อละลายน้ำจะให้สารมีฤทธิ์เป็นด่างและมีเปอร์เซ็นต์ของ Active Al_2O_3 สูงถึง 30 % PACl นี้ใช้ได้ดีกับน้ำในแม่น้ำ น้ำผิวดิน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

2.4.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน (Ozone Treatment)

1) คุณสมบัติและปฏิกิริยาเคมีของโอโซน

โอโซนเป็นอัญรูปหนึ่งของออกซิเจน โมเลกุลประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม เป็นก๊าซสีฟ้า (bluish) มีคุณสมบัติเป็นออกซิไดซ์ที่แรง มีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูงในบรรยากาศทั่วไปที่มีความเข้มข้นต่ำ มักไม่มีสี เมื่ออยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งจะมีสีน้ำเงินเข้ม (dark blue) และระเบิดได้ง่าย มีกลิ่นฉุนแสบจมูกคล้ายกระเทียม ระคายเคืองดวงตา ลำคอ และระบบทางเดินหายใจ มาตรฐานขีดจำกัดของโอโซนในปัจจุบันเท่ากับ 0.1 พีพีเอ็ม สำหรับการปฏิบัติงาน 8 ชั่วโมง / วัน

2) การทำปฏิกิริยาเคมีกับสารต่าง ๆ

ก๊าซโอโซนมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาทั้งในน้ำ สารละลาย และอากาศ โดยตัวเองทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์ (Oxidizer) อย่างแรง ในบรรดาตัวออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมายนับว่าโมเลกุลของโอโซนมีความสามารถสูงเป็นอันดับสอง รองจากโมเลกุลของก๊าซฟลูออรีน (Fluorine) และเป็นอันดับสี่ถ้านับรวมอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) และอะตอมเดี่ยวของออกซิเจน (Oxygen atom) โดยมีค่าศักย์ไฟฟ้า 2.08 โวลต์ สูงกว่าก๊าซคลอรีนดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวออกซิไดซ์ทางเคมีชนิดต่าง ๆ

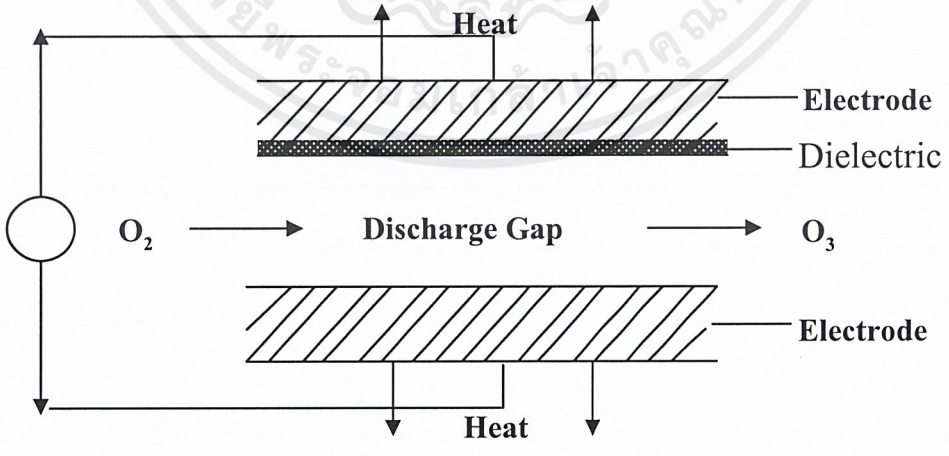
ตัวออกซิไดซ์	EOP(โวลต์)	เทียบกับคลอรีน(เท่า)
ก๊าซฟลูออรีน (F_2)	3.06	2.25
อนุมูลไฮดรอกซิล ($OH^{\cdot}$)	2.80	2.05
อะตอมของออกซิเจน (O)	2.42	1.78
โอโซน (O_3)	2.08	1.52
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)	1.49	1.30
ก๊าซคลอรีน(Cl_2)	1.36	1.00
ก๊าซออกซิเจน(O_2)	1.23	0.90

(ที่มา : สุรพล, 2543)

3) การผลิตโอโซน

เนื่องจากโอโซนเป็นสารเคมีที่ไม่เสถียรเพราะมันสามารถเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วหลังจากที่ผลิตขึ้น ดังนั้นจึงต้องผลิตโอโซนและใช้งานทันที วิธีผลิตโอโซนในปัจจุบันคือการใช้ Electrical corona discharge (มานนท์, 2545)

เครื่องมือที่ออกแบบมาในการผลิตโอโซนโดยใช้ Corona discharge แสดงได้ดังรูปที่ 2.8 แสดงการย่อยสลายโอโซนจะขึ้นอยู่กับความร้อน และความเข้มข้นของโอโซนที่เพิ่มขึ้นเพราะอิเล็กตรอนในช่องว่างจะสัมผัสกับโมเลกุลของโอโซนดีพอ ๆ กับสัมผัสกับโมเลกุลของออกซิเจน ดังนั้น จะต้องผ่านอากาศหรือออกซิเจนเข้าไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้โอโซนที่เกิดขึ้นแล้วออกไป

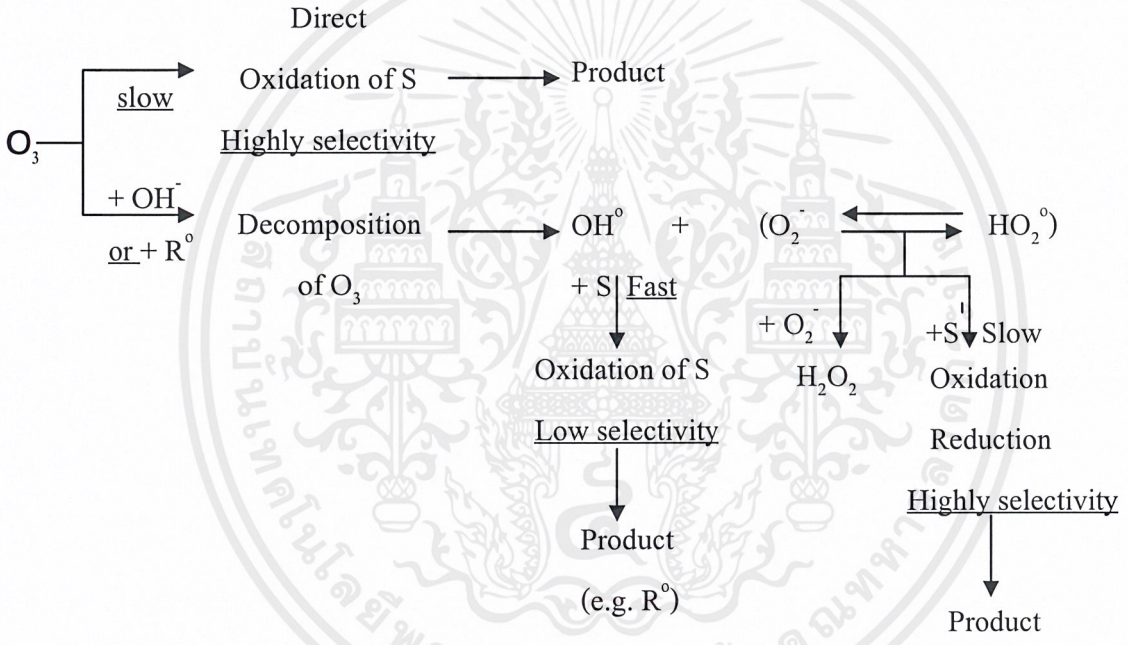


รูปที่ 2.8 หลักการพื้นฐานในการผลิตโอโซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การเกิดปฏิกิริยาของโอโซนในน้ำ

การเกิดปฏิกิริยาของโอโซนโดยทั่วไปมีด้วยกัน 2 ทาง ทางแรกโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาได้โดยตรงกับสารอินทรีย์ และ การเกิดปฏิกิริยาทางอ้อมโดยอยู่ในรูปของอนุมูลอิสระ เช่น $OH^{\cdot}$ และ $OH_2^{\cdot}$ การเกิดปฏิกิริยาทางตรงนี้มีความจำเพาะสูง ในทางกลับกันปฏิกิริยาทางอ้อมนั้นไม่จำเพาะเจาะจงและมีแนวโน้มว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าปฏิกิริยาของโอโซนในทางตรงในการกำจัดสารอินทรีย์ โดยรูปที่ 2.9 แสดงระบบการเกิดปฏิกิริยาโอโซนในสารละลาย และรูปที่ 2.10 แสดงการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโอโซนและสารตั้งต้นโดยที่สารอินทรีย์ เช่น อะลิฟาติกแอซิค อัลดีไฮด์ คีโตน และ พวกอะโรมาติกที่ไม่ว่องไวจะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ กับโมเลกุลของโอโซนและโอกาสที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระสูง



รูปที่ 2.9 ปฏิกิริยาของสารตั้งต้นกับโอโซนและปฏิกิริยาการย่อยสลายโอโซน

5) ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของโอโซน

1. ลักษณะของถังปฏิกิริยา

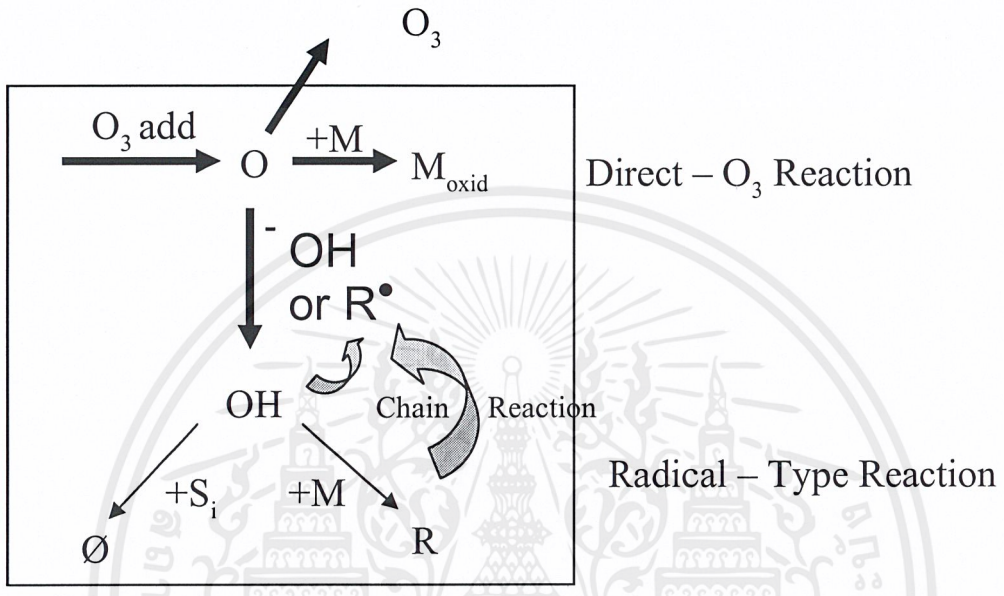
- Fine bubble diffusers ให้โมเลกุลที่เป็นฟองอากาศละเอียดมาก ๆ เพื่อสามารถที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยาต่อไปได้ แต่ถ้าฟองอากาศมีขนาดใหญ่นั้น จะหลุดออกไปและไม่สามารถที่จะทำปฏิกิริยาต่อได้

- Turbine ในขณะที่ผ่านโอโซนเข้าไปทำปฏิกิริยานั้นหากมีการปั่นกวนเพื่อให้ใบพัดตีนั้นจะสามารถทำให้โอโซนกระจายตัวได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pack column ใช้การกระจายตัวผ่าน media ซึ่งเป็นวัสดุที่ป้องกันการออกซิไดซ์จากโอโซน เช่น เม็ดเซรามิก เม็ดแก้ว เป็นต้น

- Side stream ขนาดของท่อนั้นส่งผลต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน โดยน้ำเสียที่ไหลผ่านอุปกรณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อทันทีนั้น ความแตกต่างของท่อจะทำให้เกิดสูญญากาศ ซึ่งจะทำให้น้ำเสียนั้นทำปฏิกิริยากับโอโซนภายในเส้นท่อ



รูปที่ 2.10 ปฏิกิริยาของโอโซนในสารละลาย

2. คุณสมบัติของโอโซน

- ปริมาณโอโซนที่ใช้ ปริมาณโอโซนที่มากนั้นจะสามารถทำให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโอโซนมากพอที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยา

- ความเข้มข้นของก๊าซโอโซน ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนที่มากนั้นจะสามารถทำให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องมาจากมีปริมาณโอโซนมากพอที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยา

- ขนาดของฟองก๊าซ โดยที่ขนาดของฟองก๊าซที่เล็กกว่าจะทำให้การละลายของโอโซนดีมากยิ่งขึ้น

3. คุณสมบัติของน้ำ

- อุณหภูมิ มีผลต่อโอโซนโดยที่อุณหภูมิสูงนั้นจะทำให้โอโซนสลายตัว ส่งผลให้การละลายในน้ำได้ลดลง

- ค่า pH โดยที่ค่า pH ต่ำ ๆ จะเกิดเป็น direct ซึ่งเกิดช้า แต่ที่ค่า pH สูงนั้นจะเกิดได้เร็วและไม่เฉพาะเจาะจง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ozone reactive material เช่น สารประกอบอินทรีย์, Fe, Mn ซึ่งสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโอโซนได้ค่อนข้างเร็วและโอโซนจะทำปฏิกิริยากับสารเหล่านี้ก่อนจะไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการ

2.4.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบ Sequencing Batch Reactor (SBR)

การบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ใช้หลักการของกระบวนการตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพที่อาศัยสิ่งมีชีวิตได้แก่ พวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการกิน ทำลาย ย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกลดลง การทำงานของระบบจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน การควบคุมให้ระบบทำงานได้ดีที่สุด จึงต้องเข้าใจความต้องการของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รวมถึงสภาวะแวดล้อม และลักษณะกายภาพต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต (ธีระ, 2539)

1) กลไกการทำงาน

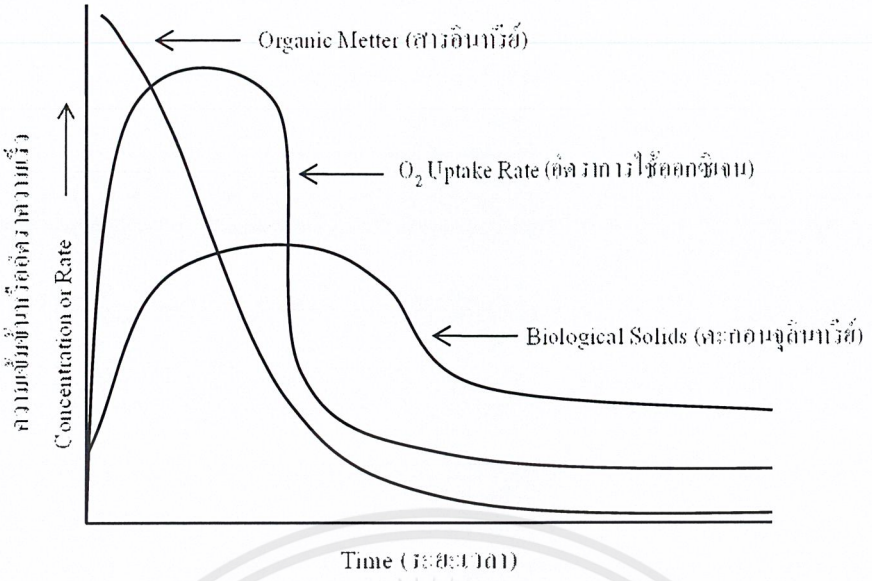
กระบวนการตะกอนเร่งประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมายหลายชนิด ที่ถูกควบคุมให้เจริญเติบโตอยู่ในน้ำซึ่งมีออกซิเจนอิสระละลายอยู่ และจะต้องมีสารอินทรีย์ที่สามารถใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้อีกด้วย ปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 2-9

$$\text{มลสารอินทรีย์} + \text{จุลินทรีย์} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow{\text{ออกซิเจน}} \text{จุลินทรีย์} + \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{พลังงาน} \qquad (2\text{-}9)$$

มลสาร (Pollutant) ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ ส่วนน้ำจะผสมออกไปกับน้ำที่บำบัดแล้ว พลังงานก็จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีพ สรุปแล้วมลสารส่วนใหญ่ ได้แก่ สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนมาเป็นจุลินทรีย์ที่หนักกว่าน้ำ สามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน น้ำเสียที่ถูกนำสารอินทรีย์ต่าง ๆ มาใช้ ก็จะเป็นน้ำที่สะอาดพอที่จะปล่อยทิ้งได้โดยไม่เกิดการเน่าเหม็น

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ อาจจะมีการทำงานร่วมกันของจุลินรีย์หลายชนิดก็ได้จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งอาจจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ซับซ้อน (Complex organics) ก่อน จากนั้นก็จะมีชนิดอื่น ๆ ย่อยสลายส่วนที่เหลือ หรือมิฉะนั้นก็จะเป็นการนำเอาผลหรือของเสียที่เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ มาทำการย่อยสลายต่อจนเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้อีกต่อไป (End Product) ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในการทำงานของกระบวนการแบบเป็นครั้งคราว (Batch Process) สามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไม่ต่อเนื่อง

เมื่อเริ่มการทำงาน ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนจุลินทรีย์จะมีค่าความเข้มข้นต่ำและมีอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ก็จะเริ่มใช้ออกซิเจนมากขึ้นและเจริญเติบโต จึงทำให้จุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่เมื่ออาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราความต้องการออกซิเจนก็จะลดลงตามลำดับ

จุลินทรีย์ต้องนำออกซิเจนมาใช้ด้วยเหตุผล 3 ประการคือ

1. ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ตามสมการที่ 2-10

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{เอนไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{พลังงาน} \quad (2\text{-}10)$$

2. ใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ตามสมการที่ 2-11

$$\text{สารอินทรีย์} + \text{ฟอสฟอรัส} + \text{ไนโตรเจน} + \text{ไนโตรเจน} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{เอนไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{เซลล์ใหม่} + \text{น้ำ} + \text{คาร์บอนไดออกไซด์} \quad (2\text{-}11)$$

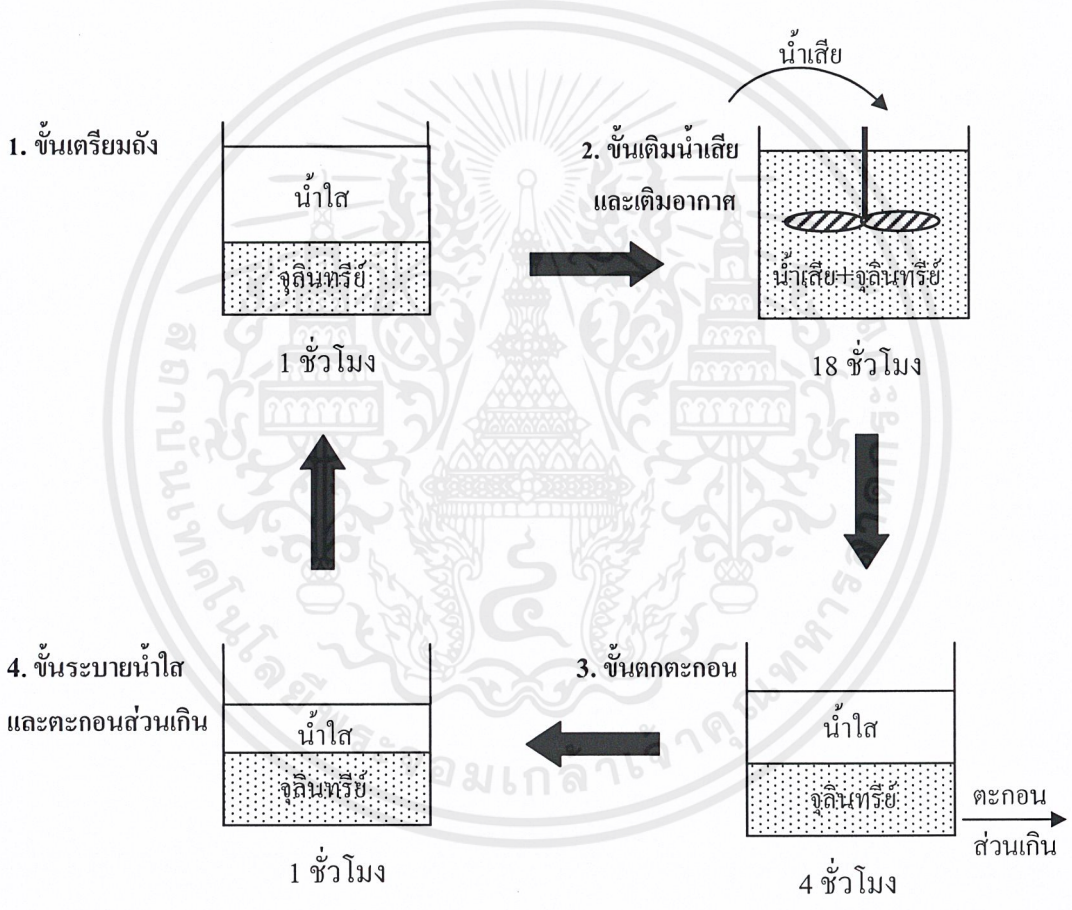
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ในการย่อยสลายจุลินทรีย์ตัวอื่นที่ตายแล้ว โดยจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว จะถูกใช้เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตัวอื่น ๆ ที่ยังมีชีวิตอยู่ ตามสมการที่ 2-12

$$\text{จุลินทรีย์ที่ตายแล้ว} + \text{ออกซิเจน} \xrightarrow[\text{เอนไซม์}]{\text{จุลินทรีย์}} \text{คาร์บอนไดออกไซด์} + \text{น้ำ} + \text{แอมโนเนีย หรือไนเตรท} + \text{พลังงาน} \qquad (2\text{-}12)$$

2) ขั้นตอนการเดินระบบ

ระบบ SBR เป็นระบบเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge) ชนิดหนึ่งที่มีการเติมอากาศและการตกตะกอนภายในถังเดียวกัน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานของระบบ แสดงดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการทำงานของระบบ SBR

การเดินระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ขั้นเตรียมถังเป็นการเตรียมความพร้อมของถังเพื่อใช้ทำหน้าที่เป็นถังเตรียมอากาศหรือถังปฏิกิริยากล่าวคือ ภายในถังจะต้องมีจุลินทรีย์ (ตะกอนเชื้อ) ที่พร้อมจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่จะเข้าสู่ถังอย่างเพียงพอ รวมทั้งจะต้องมีเครื่องเติมอากาศที่พร้อมจะให้ออกซิเจนละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการกวนได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ปริมาตรที่เหลือภายในถังจะต้องเพียงพอที่จะรับรองน้ำเสียที่จะเข้าสู่ถังในแต่ละ Batch ด้วย

- ขั้นเติมน้ำเสียและเติมอากาศ เป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ที่ปนอยู่ในน้ำเสียโดยใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ (DO) ช่วยในการย่อยสลาย และอาศัยการกวนเพื่อให้จุลินทรีย์มีโอกาสสัมผัสกับสารอินทรย์ที่ละลายอยู่น้ำได้อย่างทั่วถึง นอกจากนี้ระยะเวลาในช่วงการเติมอากาศต้องนานพอที่จะทำให้จุลินทรีย์ดูดซับสารอินทรีย์ได้ตามที่ต้องการ และจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นมีระดับขั้นการเติบโตที่สามารถรวมตัวกันเป็นกลุ่มตะกอน (Floc) ที่จะสามารถตกตะกอนได้ในขั้นตอนต่อไป

- ขั้นตกตะกอน เป็นขั้นตอนที่ใช้แยกตะกอน (จุลินทรีย์) ออกจากส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งมีคุณภาพดีแล้ว โดยการหยุดเครื่องเติมอากาศเพื่อให้เกิดสภาพนิ่งและให้ตะกอนลงสู่ก้นถัง ส่วนประสิทธิภาพการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มตะกอน (Floc) ที่เกิดขึ้น ความนิ่งของน้ำในถังและระยะเวลาในการตกตะกอน

- ขั้นระบายน้ำใสและตะกอนส่วนเกิน เป็นขั้นตอนการระบายน้ำส่วนใสหรือน้ำที่มีคุณภาพดีแล้วซึ่งอยู่ด้านบนของชั้นตะกอน การระบายน้ำส่วนใสนี้จะใช้วิธีใดก็ได้ที่จะไม่ทำให้มีตะกอนฟุ้งและหลุดออกไปกับน้ำส่วนใส นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการระบายน้ำก็ไม่ควรจะนานเกินไป เพราะจะทำให้ระยะเวลาการหยุดเครื่องเติมอากาศจนทำให้ค่า DO ต่ำลงถึงศูนย์นานเกินไป ซึ่งจะเป็นผลเสียต่อจุลินทรีย์ในถังและหากในน้ำตะกอนมีสารไนเตรท (NO^-_3) ปริมาณมากก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Denitrification ในอัตราสูงจนเป็นสาเหตุของตะกอนลอยได้

3. ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของระบบ SBR

1. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำเสียเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ ดังนั้นหากความเข้มข้นของสารอินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระบบ โดยทำให้อัตราส่วนของอาหารต่อจุลินทรีย์สูง (มีอาหารมาก) ทำให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะการเติบโตกระจายอยู่ทั่วไป (Dispersed growth) แทนที่จะรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนที่ดี (Floc) เป็นผลให้ตกตะกอนได้ไม่ดี น้ำมีลักษณะขุ่น และมีสารอินทรีย์หรือบีโอดีอยู่ค่อนข้างสูง

2. อาหารเสริม จุลินทรีย์ต้องการอาหารเสริม (Nutrient) ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็ก นอกเหนือจากสารอาหารต่าง ๆ ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงาน ปกติแร่ธาตุเหล่านี้อยู่ในน้ำเสียชุมชน (Domestic Wastewater) แต่จะมีไม่มากพอสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม การขาดสารอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสริมที่สำคัญเหล่านี้จะทำให้จุลินทรีย์สร้างฟลอกเติบโตได้ไม่ดี จนทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่เป็นเส้นใย (Filamentous) เจริญเติบโตได้มากกว่า นอกจากนั้น การที่จุลินทรีย์หลายชนิดเจริญเติบโตได้ไม่ดี จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่ำลงด้วย

3. ออกซิเจนละลายน้ำ ในถังปฏิกิริยาจะต้องมีค่าออกซิเจนละลายน้ำระหว่าง 1 ถึง 2 มก./ล. ซึ่งปริมาณของอากาศหรือออกซิเจนที่ใช้เพื่อรักษาค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ หากอุณหภูมิสูงจุลินทรีย์สามารถทำงานได้มากก็จะต้องการออกซิเจนมาก นอกจากนั้นที่อุณหภูมิสูง ออกซิเจนจะมีค่าการละลายน้ำอิ่มตัว (Saturation Value) ต่ำ จึงทำให้ต้องใช้ออกซิเจนมาก

4. ระยะเวลาในการบำบัดที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะต้องมีมากพอที่จุลินทรีย์จะใช้ในการย่อยสลายมลสารต่าง ๆ หากมีระยะเวลาต่ำจนเกินไปสารที่ย่อยสลายยาก จะทำให้ถูกย่อยไม่ถึงขั้นสุดท้าย ทำให้มีค่าบีโอดีหรือค่าซีโอดีเหลืออยู่ในน้ำเสียมาก

5. ค่าพีเอช (pH) เป็นค่าแสดงความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ค่าพีเอชเท่ากับ 7 ถือว่าเป็นกลาง ถ้าน้อยกว่า 7 ถือว่าเป็นกรดจะมีราเกิดขึ้นมาก และถ้ามากกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ช้า แบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ค่าพีเอช 6.5-8.5

6. สารเป็นพิษ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือพิษเฉียบพลัน (Acute Toxicity) ซึ่งจุลินทรีย์จะตายหมดภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมง และแบบพิษออกฤทธิ์ช้า (Chronic Toxicity) ซึ่งใช้เวลานานและค่อย ๆ ตาย การเกิดพิษเฉียบพลันสังเกตดูได้ง่าย เนื่องจากมีผลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สารพิษจำพวกนี้ได้แก่ ไซยาไนด์ อาร์เซนิค เป็นต้น สำหรับสารพิษออกฤทธิ์ช้า เช่น ทองแดง และโลหะหนักต่าง ๆ จุลินทรีย์จะสะสมเอาไว้ภายในเซลล์จนเกิดเป็นพิษและตายลงในที่สุด นอกจากนี้อาจเกิดจากสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น แอมโมเนียซึ่งมีค่าความเข้มข้นสูงเกิน 500 มก./ล.

7. อุณหภูมิ โดยทั่วไปการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นทุก 10 องศาเซลเซียส จะทำให้จุลินทรีย์เติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของน้ำในระบบทำได้ยาก ดังนั้นในการควบคุมระบบจึงต้องปรับค่าความเข้มข้นของตะกอนเร่งในถัง หรือ MLSS ให้มีค่าน้อย เมื่ออุณหภูมิของอากาศร้อน และเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ และในการเดินระบบควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

8. การกวนภายในถังจะต้องมีการกวนอย่างทั่วถึงในขั้นการเติมอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน และเพื่อให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียที่ส่งเข้ามาบำบัดโดยใช้เป็นอาหารและลดมลสารต่าง ๆ รวมทั้งจะได้จับตัวกันเป็นฟลอคที่ดี การกวนที่ถูกต้องจะป้องกันมิให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียไหลลัดวงจร และทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารสูง การกวนที่สมบูรณ์จะต้องมีค่า MLSS และค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายสม่ำเสมอกันทั่วถึง

9. อัตราการไหลของน้ำเสีย การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำเสีย ที่ส่งเข้ามาในระบบบำบัดมีผลโดยตรงต่อการทำงานของกระบวนการชีวภาพ หากน้ำเสียมีอัตราการไหลมากขึ้นก็จะทำให้มีระยะเวลาในการบำบัดน้อยลง มีค่าสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น และระยะเวลาในการตกตะกอนลดน้อยลงด้วย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดลง ส่วนอัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็มีผลเสียเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงควรมีการควบคุมให้มีการส่งน้ำเสียเข้ามาบำบัดอย่างสม่ำเสมอในอัตราที่ใกล้เคียงกับที่ได้ออกแบบเอาไว้

ค่าตัวแปรที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ต้องเลือกใช้ค่าต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับระบบตะกอนเร่งแต่ละกระบวนการ เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของจุลินทรีย์ ค่าตัวแปรดังกล่าวได้แก่ อายุตะกอนจุลินทรีย์ (SRT) อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M) ระยะเวลากักเก็บ (HRT) อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อปริมาตรถัง (Volumetric Loading Rate) ความเข้มข้นของตะกอนในถังเติมอากาศ (MLSS) และอัตราการสูบตะกอนกลับ (Q_r/Q) ค่าที่ใช้ควบคุมการทำงานและการออกแบบตะกอนเร่งแสดงไว้ดังตารางที่ 2.4

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- Panswad and Luangdilog (2000) ศึกษาการกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟ 4 กลุ่ม คือ Bisazo Vinylsulphonyl, Anthraquinone Vinylsulphonyl, Anthraquinone Monochlorotriazinyl และ Oxazie ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกัน โดยใช้การบำบัดทางชีวภาพแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าปริมาณสีย้อม 3 ชนิดแรกลดลงร้อยละ 63, 64 และ 66 ตามลำดับ ขณะที่สีย้อม Oxazie ไม่สามารถตรวจวัดได้ และระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนกำจัดสีย้อมได้ดีกว่าแบบใช้ออกซิเจน นอกจากนี้จะพบจุลินทรีย์กลุ่ม PAOs ในถังหมัก และที่อุณหภูมิสูง หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณสีได้

- Goloba et al. (2004) ศึกษากระบวนการรวมตะกอนและการตกตะกอนสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อมปนเปื้อน พบว่าอลูมิเนียมซัลเฟตและสารช่วยสร้างตะกอนมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่มีสีย้อมรีแอคทีฟและสีแอซิดที่เหลือจากการย้อมผ้าฝ้ายโดยกำจัดสีเกือบทั้งหมดและทำให้ค่า TOC, COD, AOX และ BOD ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานและการออกแบบตะกอนเร่ง

รูปแบบกระบวนการต่างๆ ของระบบตะกอนเร่ง	อายุตะกอน (วัน)	อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ ($วัน^{-1}$)	อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อปริมาตรถัง (กก. บีโอดี/$ม^3$-วัน)	ความเข้มข้นของตะกอน (มก./ล.)	อัตราสูบตะกอนกลับ (%)	ระยะเวลากักเก็บ (ชม.)
Conventional	5-15	0.2-0.4	0.3-0.6	1500-3000	025-0.75	4-8
High-Purity Oxygen	3-10	0.25-1.0	1.6-3.2	2000-5000	0.25-0.5	1-3
Completely-mix	5-15	0.2-0.6	0.8-1.9	2500-4000	0.25-1.0	3-5
Step Aeration	5-15	0.2-0.4	0.6-0.9	2000-3500	0.25-0.75	3-5
Modified Aeration	0.2-0.5	1.5-5.0	1.2-2.4	200-1000	0.05-0.25	1.5-3
Sequencing Batch Reactor	-	0.05-0.3	0.08-0.24	1500-5000	-	12-50
Extended Aeration	20-30	0.5-0.15	0.1-0.4	3000-6000	0.5-1.50	18-36
Oxidation Ditch	10-30	0.05-0.3	0.1-0.2	3000-6000	0.75-1.50	8-36

(ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

- Mo et al. (2005) พบว่าน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมและฟอกหนังประกอบด้วยสารอันตรายและสารก่อมะเร็ง ซึ่งทำให้เกิดมลพิษอย่างมาก ในการศึกษาการบำบัดใช้กระบวนการสร้างตะกอนร่วมกับเมมเบรน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสร้างและรวมตะกอนโดยสารชื่อ HOC-100A มีดังนี้ คือ ความเข้มข้น 2000 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 7 ส่วนอลูมิเนียมซัลเฟตความเข้มข้น 4000 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 7 และเฟอริกคลอไรด์ใช้ความเข้มข้น 1500 พีพีเอ็ม ที่ค่าพีเอช 10 โดยค่าการกำจัดสีย้อมซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer มีค่าร้อยละ 90 ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของค่าซีโอดี

- Selcuk (2005) ศึกษาการทำงานของการรวมตะกอนทางเคมีและการบำบัดด้วยโอโซนโดยใช้อลูมิเนียมซัลเฟตและเฟอร์รัสซัลเฟตเป็นสารรวมตะกอนที่ 1500 และ 1000 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดสีได้ 50-60% ลดค่าซีโอดีได้ 60% และลดความเป็นพิษได้ 70-80% และเมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมของการรวมตะกอนทางเคมีมาบำบัดด้วยโอโซนเป็นเวลา 20 นาที พบว่าสามารถกำจัดซีโอดีได้ 37% และสามารถลดสีได้ถึง 85%

- Julia et al. (2005) ศึกษาผลการใช้กระบวนการ photo-fenton ร่วมกับกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ พบว่าจุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดีขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการ photo-fenton และทำให้ค่าความเป็นพิษ (EC_{50}), สารอินทรีย์คาร์บอนละลายน้ำและสี ($Abs_{543.5}$) มีค่าลดลง โดยใช้ HRT เป็นเวลา 1 วันในระบบการบำบัดแบบชีวภาพ และใช้ 10 mg l^{-1} Fe(II) และ 125 mg l^{-1} H_2O_2 ในกระบวนการ photo-fenton

- Selcuk et al. (2006) ศึกษาผลของการใช้โอโซนในการบำบัดเบื้องต้น สำหรับการกำจัดความเป็นพิษที่รุนแรง และค่า COD ที่ย่อยสลายยาก ของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศตุรกี โดยน้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอนั้น มีค่าพีเอช 8.6-8.9 อุณหภูมิ 20±2 องศาเซลเซียส ปริมาณโอโซนที่ใช้ 18.5-24 มก./ล และมีการใช้ *Daphnia magna* ในการกำจัดความเป็นพิษที่รุนแรง พบว่าค่าความเป็นพิษของน้ำเสียลดลงร้อยละ 80-90 โดยการใช้ความเข้มข้นของโอโซนที่ส่งผ่าน 129-200 มก./ล และพบว่าค่าสี,COD ละลายน้ำ และ COD ทั้งหมด ลดลงร้อยละ 86-96, 33-39 และ 57-64 ตามลำดับ

- Salomé (2006) ศึกษากระบวนการโอโซเนชันของน้ำทิ้งจากสิ่งทอและสีย้อมภายใต้การปฏิบัติการที่ต่อเนื่องซึ่งศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ (ความเข้มสี ปริมาณโอโซนที่ใช้ ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า) โดยทำการศึกษาที่สภาวะอุณหภูมิห้องที่ความเข้มสี 50-100 มก./ล ความเข้มข้นของโอโซนที่ใช้ 30-60 g/(Nm^3) ค่าพีเอช 5-9 โดยพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสีจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปริมาณโอโซนมากขึ้น และที่ค่าพีเอช 5, 7 และ 9 ประสิทธิภาพการกำจัดสีจะแตกต่างกันโดยจะเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 92, 93 และ 93 ตามลำดับ สำหรับสารละลายที่ไม่มีบัฟเฟอร์และประสิทธิภาพลดลงที่ร้อยละ 90, 88 และ 82 ตามลำดับ สำหรับสารละลายที่มีบัฟเฟอร์ และประสิทธิภาพในการกำจัด TOC โดยใช้โอโซนนั้นให้ผลในการกำจัดน้อยโดยในสภาวะที่ทำการทดลองเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Erkan (2008) ศึกษาผลการใช้กระบวนการบำบัดแบบชีวภาพร่วมกับการกรองแบบนาโนในอุตสาหกรรมฟอกย้อม สามารถกำจัด COD ได้ 92±2% เมื่อใช้สัดส่วน COD:N:P ในอัตราส่วน 100:5:2 และระยะเวลาการกักเก็บ 8 วัน และเมื่อผ่านการบำบัดด้วยการกรองแบบนาโนพบว่า ค่าสีมีปริมาณลดลง 10 Pt-Co และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 1.98 และ 2.67 mS/cm

- Lu et al. (2008) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนสีที่ละลายน้ำได้ คือ สี Azo Brilliant Red X-38 โดยใช้กระบวนการ Ozonation และ Upflow Biological Aerated Filter Process (UBFA) พบว่าที่การใช้ความเข้มข้นของโอโซน 34.08 มล./ล. ที่พีเอช 11 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ค่าอัตราส่วนระหว่าง BOD_5/COD มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.102 เป็น 0.406 และค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีมีค่าร้อยละ 97 และ 90 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นเป็นการใช้กระบวนการ Ozonation ร่วมกับ UBFA ซึ่งสามารถใช้เป็นเทคนิคในการบำบัดน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสีละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษา

1. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
2. ซิลเวอร์ซัลเฟต ($AgSO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
3. เมอร์คิวรี (II) ซัลเฟต ($HgSO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Bakern Analyzed
4. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท J.T.Bater Neutrasorb
5. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
7. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
8. ฟีนอล์ฟทาลีน เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
9. กรดบอริก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
10. แคลเซียมคลอไรด์แอนไฮดรัส ($CaCl_2$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
11. บัฟเฟอร์ฟอสเฟต pH 7.2 (KH_2PO_4, K_2HPO_4, Na_2HPO_4, NH_4Cl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
12. แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
13. สารส้ม หรืออลูมิเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
14. โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) เกรดการค้า
15. เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
16. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
17. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
18. กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
19. แอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
20. เมธิลีนบลู เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
21. เมธิลเรด เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. เครื่องทดสอบการตกตะกอน(Jar-Test) รุ่น JLT-6
2. เครื่องกวนชนิดแม่เหล็ก Model HTS 1003
3. เครื่องผลิตโอโซนบริษัท พี.เอส.ซี. เทรดดิ้งแอนด์ดีเวลล์ล็อปเม็นท์ จำกัด
4. ถังปฏิกิริยา (Reactor)
5. ขวดสีชาขนาด 2.5 ลิตร
6. หัวกระจายก๊าซ (Gas Diffuser)
7. หลอดย่อยสลาย (Digestion Vessels)
8. ขวดบีโอดีพร้อมจุก ขนาดมาตรฐาน 300 มิลลิลิตร
9. UV-VIS Spectrophotometer รุ่น 6405 บริษัท Jenway จำกัด
10. เครื่องวัดค่าความเป็นด่าง (pH Meter) รุ่น Model 215 บริษัท Denver Instrument
11. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter) รุ่น LF 320 Best-Nr300243 บริษัท WTW
12. เครื่องวัดค่าการละลายออกซิเจน (DO Meter) บริษัท Jenway รุ่น 9300
13. ตู้บ่ม (Incubator) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20±1°C บริษัท Velp Scientific
14. ตู้อบ (Oven) บริษัท Fisher Scientific

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1 การศึกษาข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อมที่ทำการศึกษา

1. สำรวจโรงงานที่ทำการศึกษา เก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการผลิต วัตถุดิบที่ใช้ กำลังการผลิต ข้อมูลของระบบบำบัดน้ำเสีย และผลิตภัณฑ์ที่ได้

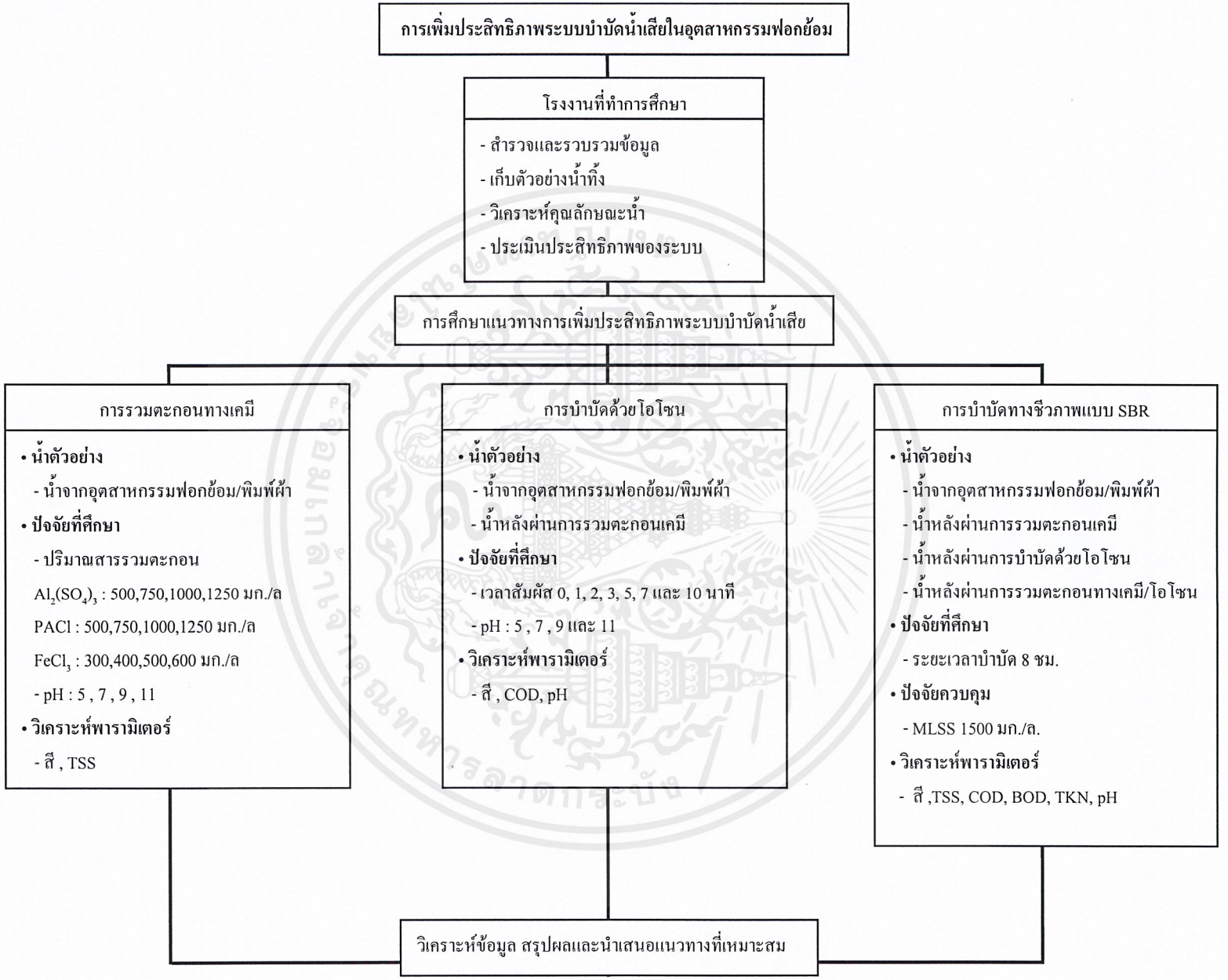
2. ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ทำการศึกษา พร้อมทั้งศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย และทำการประเมินความสามารถในการรองรับน้ำเสียจากโรงงานที่ทำการศึกษา

3. เก็บตัวอย่างจากบ่อรวบรวมน้ำเสีย และทำการรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ทีเคเอ็น พีเอช อัลคาไลนิตี และสี

3.2.2 การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ โดยศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม 3 กระบวนการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) การรวมตะกอนทางเคมี

1. เตรียมน้ำตัวอย่างจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่ทำการศึกษา

2. เตรียมสารรวมตะกอน ซึ่งประกอบไปด้วยสาร 3 ชนิดคือ สารส้ม $Al_2(SO_4)_3$ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) และเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)

3. ทำการทดลองหาปริมาณสารรวมตะกอนและค่าพีเอช (pH) ที่เหมาะสมด้วยวิธีจาร์เทสต์ โดยทำการแปรค่าปริมาณสารรวมตะกอนและค่าพีเอช ดังนี้

ปริมาณสารรวมตะกอน

- อลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ แปรค่าที่ 500, 750, 1000 และ 1250 มก./ล.
- โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) แปรค่าที่ 500, 750, 1000 และ 1250 มก./ล.
- เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) แปรค่าที่ 300, 400, 500 และ 600 มก./ล.

ค่าพีเอช

แปรค่าที่ 5, 7, 9, และ 11 โดยทำการปรับพีเอชด้วย กรดไฮโดรคลอริค (HCl) และ/หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

4. ทิ้งให้น้ำตัวอย่างตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำน้ำส่วนใสมาทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ คือ ค่าการดูดกลืนแสง และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่าลักษณะของน้ำเริ่มต้น

2) การบำบัดด้วยโอโซน

1. เตรียมน้ำตัวอย่าง โดยน้ำตัวอย่างสำหรับการบำบัดด้วยโอโซน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- น้ำตัวอย่างจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่ทำการศึกษา
- น้ำตัวอย่างหลังผ่านการรวมตะกอนทางเคมี (โดยใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารรวมตะกอนที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่พีเอช 9)

2. ติดตั้งระบบการเติมโอโซนดังรูปที่ 3.2

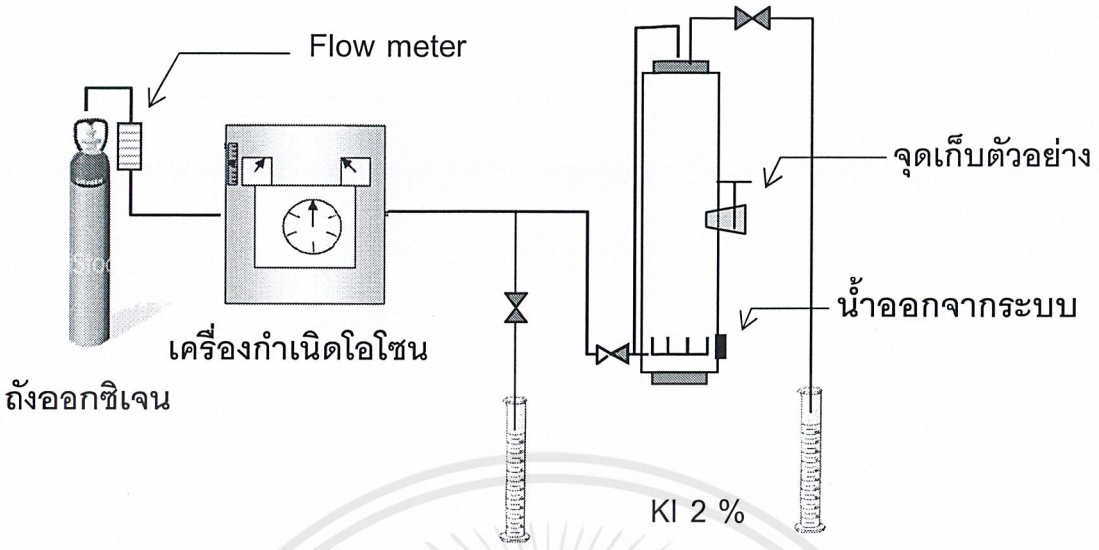
3. ทำการบำบัดน้ำตัวอย่างด้วยก๊าซโอโซน โดยเครื่องโอโซนที่ใช้มีค่าอัตราการผลิตเท่ากับ 15.36 กรัมต่อชั่วโมง

4. ทำการแปรค่าพีเอชของน้ำตัวอย่างที่ 5, 7, 9 และ 11 จากนั้นทำการบำบัดด้วยก๊าซโอโซน

5. เก็บตัวอย่างน้ำที่เวลาสัมผัสต่าง ๆ ได้แก่ 0, 1, 2, 3, 5, 7 และ 10 นาที

6. นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซนมาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าการดูดกลืนแสง, ซีโอดี และ ค่าพีเอช เปรียบเทียบกับลักษณะน้ำเสียเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การติดตั้งระบบโอโซเนชัน

3) การบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์

การปรับสภาพเชื้อตะกอนจุลินทรีย์

เชื้อตะกอนจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ได้รวบรวมมาจากบ่อเติมอากาศของโรงงานที่ทำการศึกษาโดยในระยะเริ่มต้นจุลินทรีย์จะถูกเลี้ยงด้วยสารละลายกลูโคส ซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับค่าซีโอดี 1056 มก./ล. (รายละเอียดดังภาคผนวก ข) และหลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดปริมาณกลูโคสลงพร้อมกับเติมน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาเพิ่มลงไปในสัดส่วน 20%, 50%, 80% จนกระทั่งสัดส่วนของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษาที่เติมลงไปเป็น 100% หลังจากนั้นทำการเตรียมระบบบำบัดดังต่อไปนี้

1. เตรียมน้ำตัวอย่าง โดยน้ำตัวอย่างสำหรับการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบเอสบีอาร์ แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

- น้ำตัวอย่างจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมที่ทำการศึกษา
- น้ำตัวอย่างหลังผ่านการรวมตะกอนทางเคมี (โดยใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารรวมตะกอนที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่พีเอช 9)
- น้ำตัวอย่างหลังผ่านการบำบัดด้วยโอโซน (ใช้ระยะเวลาในการบำบัด 5 นาที ที่ pH 9)
- น้ำตัวอย่างหลังผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและการบำบัดด้วยโอโซน (ด้วยปริมาณที่เหมาะสมและทำการรักษาสภาพน้ำตัวอย่างตามที่กล่าวมาข้างต้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตัวอย่างที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซนและน้ำตัวอย่างที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและการบำบัดด้วยโอโซนนั้น ก่อนนำเข้าระบบบำบัดทางชีวภาพ ควรตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้โอโซนสลายตัวหมดเป็นการป้องกันไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์ตาย ในกรณีที่ไม่ได้เข้าระบบบำบัดทางชีวภาพในทันทีจะทำการรักษาสภาพโดยการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งมีผลต่อค่า BOD และ COD

2. เติมตะกอนจุลินทรีย์ที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ (MLSS) 1500 มก./ล. โดยประมาณลงในขวดสีชา และบรรจุน้ำตัวอย่างให้มีปริมาตรครบ 1 ลิตร

3. ควบคุมค่า COD:N:P ที่ 200:5:1 โดยการเติมไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต และฟอสฟอรัสในรูปบัฟเฟอร์ฟอสเฟต

4. เติมอากาศให้แก่ระบบบำบัดทางชีวภาพทุกขวด กำหนดระยะเวลาบำบัดที่ 8 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยหยุดเติมอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนถึงระยะเวลาที่กำหนดเพื่อปล่อยให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกตะกอน

5. เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการตกตะกอน โดยนำน้ำส่วนใสมาทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ดังนี้ บีโอดี, ซีโอดี, ทีเคเอ็น, ค่าการดูดกลืนแสง และของแข็งแขวนลอยทั้งหมด เปรียบเทียบกับลักษณะน้ำเสียเริ่มต้น

4) การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอแนวทางการบำบัดที่เหมาะสม

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และการดำเนินการทดลอง ถูกนำมาประมวลและนำมาวิเคราะห์ เพื่อวางแนวทางสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 พารามิเตอร์ที่ศึกษา

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา และวิธีการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์/เครื่องมือ	อ้างอิง
ซีโอดี	รีฟลักซ์แบบปิด	APHA (2005)
บีโอดี	การเจือจางน้ำตัวอย่าง วัดดีโอด้วยเครื่องดีโอมิเตอร์	APHA (2005)
ทีเคเอ็น	ย่อยสลายและการกลั่น	APHA (2005)
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	การกรองและการชั่งน้ำหนัก	APHA (2005)
พีเอช	พีเอชมิเตอร์	APHA (2005)
อัลคาไลนิตี	ไทเทรต	APHA (2005)
สี	การวัดค่าการดูดกลืนแสง	APHA (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า โดยแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น การบำบัดน้ำเสียด้วยการรวมตะกอนทางเคมี การบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน การบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์ จากการศึกษาและทดลองได้ผลเป็นดังนี้

4.1 การศึกษาและสำรวจข้อมูลโรงงานที่ทำการศึกษา

4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

โรงงานที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ในเขตอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นโรงงานพิมพ์ผ้าประเภทผ้าดิบ กำลังการผลิตประมาณ 15,000 หลาต่อวัน

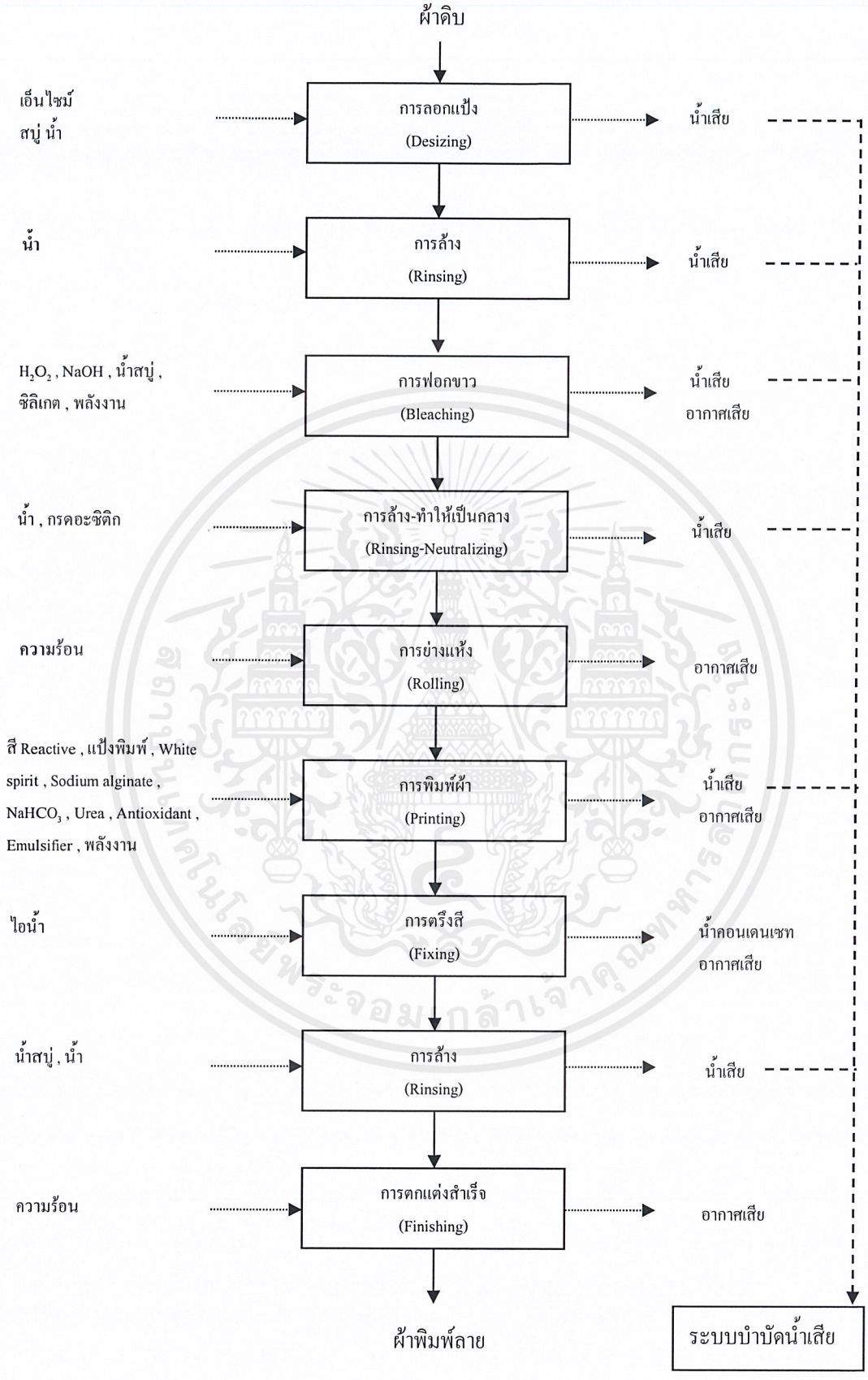
4.1.2 ข้อมูลกระบวนการผลิตและอัตราการใช้น้ำ

กิจกรรมการผลิตของโรงงาน คือ รับจ้างพิมพ์ผ้า ประเภทผ้าดิบ โดยมีรายละเอียดของกระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 4.1 ซึ่งในแต่ละขั้นตอนของการผลิตไม่มีการแยกน้ำเสียแต่จะมีการรวบรวมน้ำเสียทั้งหมดไว้ในบ่อพักน้ำ และปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดของโรงงานคิดเป็น 140 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นน้ำบาดาล ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำประมาณเดือนละ 15,000-25,000 บาท

4.1.3 การจัดการน้ำเสียและระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษาและสำรวจการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดมีปริมาณ 138 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียมีสีและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นองค์ประกอบโดยสีที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นสีชนิดรีแอคทีฟ ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่มีอยู่ประกอบด้วย บ่อดักไขมัน, บ่อเติมอากาศ และระบบโอโซเนชัน ซึ่งในขณะนี้มีเพียงการบำบัดด้วยกระบวนการโอโซเนชันที่ทำการเดินระบบตลอด แต่ระบบเติมอากาศมีการเดินระบบบ้างเป็นครั้งคราว น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดถูกระบายน้ำทิ้งออกสู่คลองสำโรง และส่วนหนึ่งมีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับไปใช้ใหม่ในการล้างเครื่องจักร วัตถุดิบ และล้างพื้นโรงงาน จากการสำรวจและสังเกตลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานพบว่าน้ำทิ้งยังคงมีความเข้มสีสูง นอกจากนี้จากการศึกษาข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ (2551) ซึ่งเป็นโรงงานเดียวกันกับโรงงานที่ทำการศึกษา พบว่าพารามิเตอร์บางตัวของน้ำทิ้งยังเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของโรงงานที่ทำการศึกษา

จุดเก็บตัวอย่าง	pH	BOD (มก./ล.)	COD (มก./ล.)	TDS (มก./ล.)	TSS (มก./ล.)	FOG (มก./ล.)	TKN (มก./ล.)
น้ำก่อนเข้าระบบ	9.17	195	873	1,950	44	32.8	184
น้ำหลังการบำบัด	8.97	150	644	1,750	59	47	160
ค่ามาตรฐานฯ	5.5-9.0	≤ 60	≤ 400	≤ 3,000	≤ 50	≤ 5	≤ 100

(ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ของน้ำทิ้งส่วนใหญ่ยังมีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้งเมื่อพิจารณาค่าบีโอดี (BOD) และซีโอดี (COD) ซึ่งแสดงถึงปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พบว่าระบบบำบัดที่มีอยู่สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและซีโอดีได้น้อย ทำให้มีสารอินทรีย์ตกค้างในน้ำทิ้งและมีค่าเกินมาตรฐาน เมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนระหว่างบีโอดีต่อซีโอดี (BOD_5/COD) ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำคือ 0.23 แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสียมีความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradability) ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการพิมพ์ผ้าประกอบด้วยสีย้อมและสารเคมีปนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และสีย้อมมีโมเลกุลที่ซับซ้อนยากต่อการย่อยสลาย

ค่าทีเคเอ็น (TKN) แสดงถึงผลรวมของแอมโมเนียและสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าน้ำทิ้งยังคงมีค่าทีเคเอ็นเกินมาตรฐาน เนื่องมาจากมีการใช้สีรีแอคทีฟในกระบวนการผลิต ซึ่งในโครงสร้างสีมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้น้ำเสียมีปริมาณทีเคเอ็นค่อนข้างสูง และในระบบบำบัดที่มีอยู่ไม่มีการเดินระบบบำบัดทางชีวภาพ จึงทำให้แอมโมเนียไนโตรเจนไม่สามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ ไนเทรต ด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชันได้

เมื่อพิจารณาค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำ (TSS) ก่อนเข้าระบบบำบัดพบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานแต่น้ำที่ออกจากระบบมีค่าเกินมาตรฐาน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากใช้สีรีแอคทีฟซึ่งเป็นสีละลายน้ำจึงทำให้ปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำก่อนเข้าระบบมีค่าต่ำ แต่น้ำทิ้งหลังการบำบัดมีค่าของแข็งแขวนลอยสูงขึ้น อาจเกิดจากตะกอนที่สะสมในบ่อพักน้ำมิได้ขุดลอกตะกอนออก ค่าน้ำมันและไขมัน (FOG) ของน้ำหลังการบำบัดยังมีค่าเกินมาตรฐาน เนื่องจากขาดการตักไขมันที่สะสมอยู่ออกจากบ่อดักไขมันเป็นประจำจึงทำให้น้ำมันและไขมันสะสมอยู่และปะปนออกมากับน้ำทิ้งในปริมาณมาก

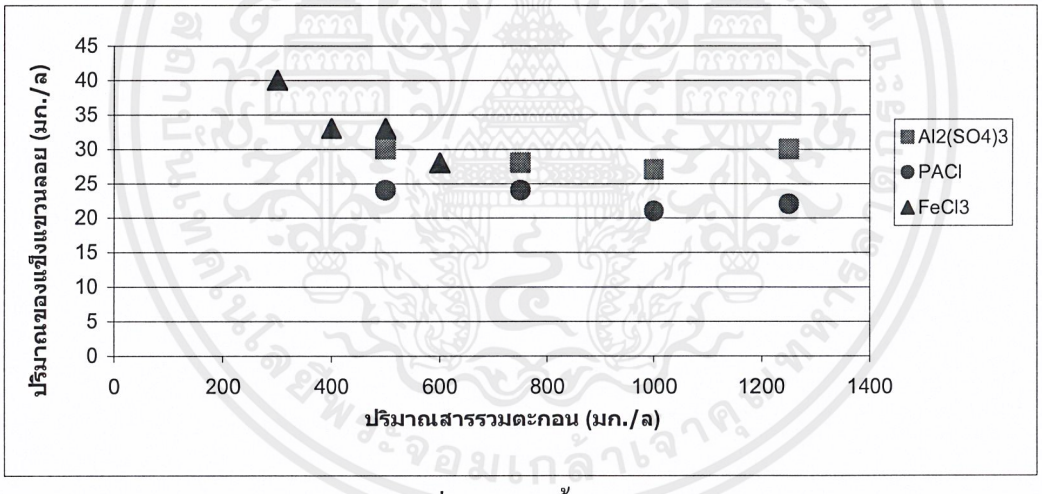
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาลักษณะของน้ำ จะเห็นได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ของโรงงานที่ศึกษายังไม่สามารถดำเนินระบบได้อย่างเหมาะสม ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียค่อนข้างต่ำและลักษณะน้ำทิ้งทุกพารามิเตอร์ยังมีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง ดังนั้นจึงควรทำการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดเพื่อให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

4.2 การศึกษากระบวนการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

4.2.1 การบำบัดน้ำเสียด้วยการรวมตะกอนทางเคมี

การรวมตะกอนทางเคมีเป็นการทำลายแรงผลักระหว่างอนุภาคเล็ก ๆ ในน้ำทำให้อนุภาคสามารถเข้าใกล้กันและจับตัวกันได้ จนมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากพอที่จะจมตัวและแยกออกจากน้ำได้ จากการทดสอบด้วยการรวมตะกอนทางเคมี โดยใช้สารรวมตะกอน 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) และเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) โดยในแต่ละการทดลองได้ทำการหาปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เหลืออยู่ในน้ำหลังจากการรวมตะกอนด้วยสารรวมตะกอนแต่ละชนิดที่พีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียคือ 9.5 ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2



หมายเหตุ ค่า TSS เริ่มต้นของน้ำเสีย เท่ากับ 226 มก./ล.

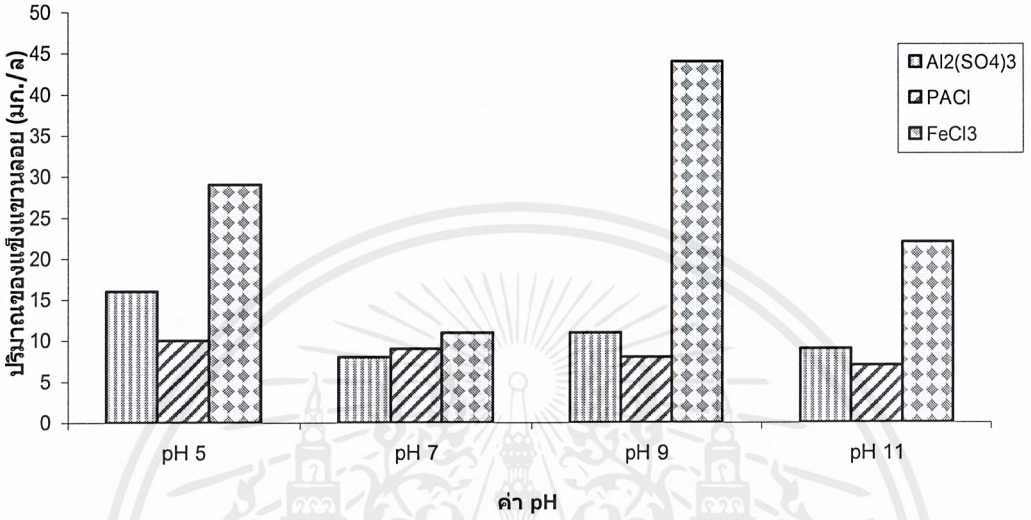
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยสารรวมตะกอนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

จากรูปพบว่าปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสมของอลูมิเนียมซัลเฟตและโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์เท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนเฟอร์ริกคลอไรด์พบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามในโครงงานพิเศษนี้ค่าปริมาณสารรวมตะกอนค่าต่ำที่สุดที่เลือกใช้มีค่าค่อนข้างสูงหากมีการนำไปใช้จริงควรทำการศึกษาการรวมตะกอนทางเคมีโดยใช้สารรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกอนในปริมาณที่ต่ำกว่าค่าที่ระบุในการศึกษานี้ เนื่องจากจะเป็นการลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาขั้นต่อไปใช้ปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสมของสารรวมตะกอนแต่ละชนิดมาแปรค่าพีเอชที่ 5, 7, 9 และ 11 เพื่อศึกษาพีเอชที่เหมาะสม โดยได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยสารรวมตะกอนที่เหมาะสมที่พีเอชต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมของอลูมิเนียมซัลเฟต และเฟอร์ริกคลอไรด์อยู่ที่ 7 และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์อยู่ที่ 9 โดยที่ค่าพีเอช 7 และ 9 ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ที่เหลืออยู่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และเนื่องจากค่าพีเอชของน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้าส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 9 ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกค่าพีเอช 9 เป็นค่าที่เหมาะสม

จากการศึกษาปริมาณสารรวมตะกอนและค่าพีเอชที่เหมาะสม และนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การกำจัดของแข็งแขวนลอยด้วยสารรวมตะกอนทั้ง 3 ชนิด ที่สภาวะที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าสารรวมตะกอนทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ใกล้เคียงกัน โดยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์สามารถบำบัดตะกอนได้ดีกว่าสารรวมตะกอนที่ทำการศึกษาตัวอื่น ๆ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 96 ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไปจึงเลือกใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารรวมตะกอน โดยทำการทดลองที่สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่พีเอช 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ทำการศึกษา

สารรวมตะกอน	ปริมาณสารรวมตะกอนที่เหมาะสม (มก./ล.)	ค่าพีเอชที่เหมาะสม	% การกำจัดของแข็งแขวนลอย
$Al_2(SO_4)_3$	500	7	93%
PACl	500	9	96%
$FeCl_3$	300	7	90%

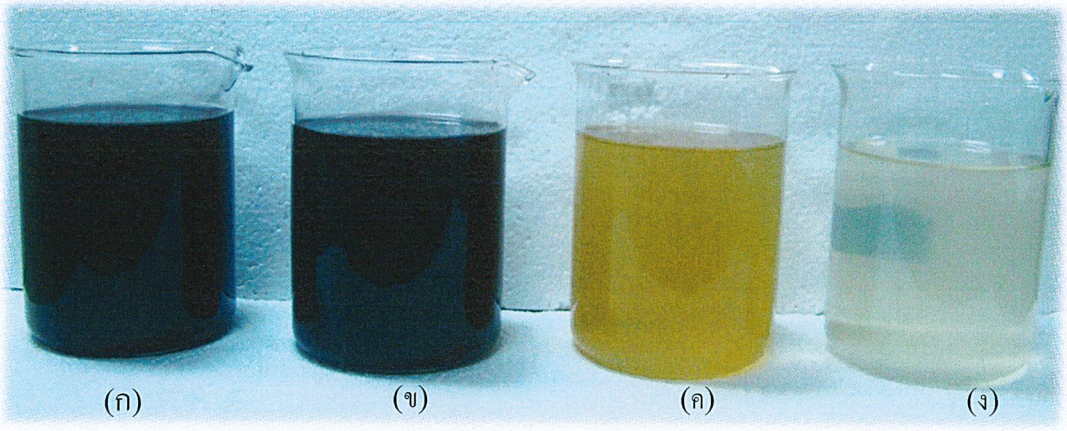
4.2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซเนชัน

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการโอโซเนชันใช้น้ำเสียเริ่มต้นที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสียเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการรวมตะกอนทางเคมีเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมและสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วย และเพื่อหาระยะเวลาในการบำบัดและค่าพีเอชที่เหมาะสม ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องผลิตโอโซนที่มีอัตราการผลิตโอโซนที่ 15.36 กรัมต่อชั่วโมง ผลการกำจัด COD และความเข้มสี ในน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีด้วยก๊าซโอโซนที่มีพีเอชและระยะเวลาต่าง ๆ ในรูปที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

รูปที่ 4.4 ผลการกำจัด COD ในน้ำเสียที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีด้วยกระบวนการโอโซเนชัน

จากรูปที่ 4.4 พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาการบำบัดประสิทธิภาพการบำบัด COD มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยทุกค่าพีเอชให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัด COD เป็นแนวโน้มเดียวกัน โดยที่เวลา 10 นาที ค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดอยู่ระหว่าง 81 ถึง 87 เปอร์เซ็นต์ และในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้พีเอช 9 เป็นพีเอชที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย เพราะมีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกับน้ำเสียเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

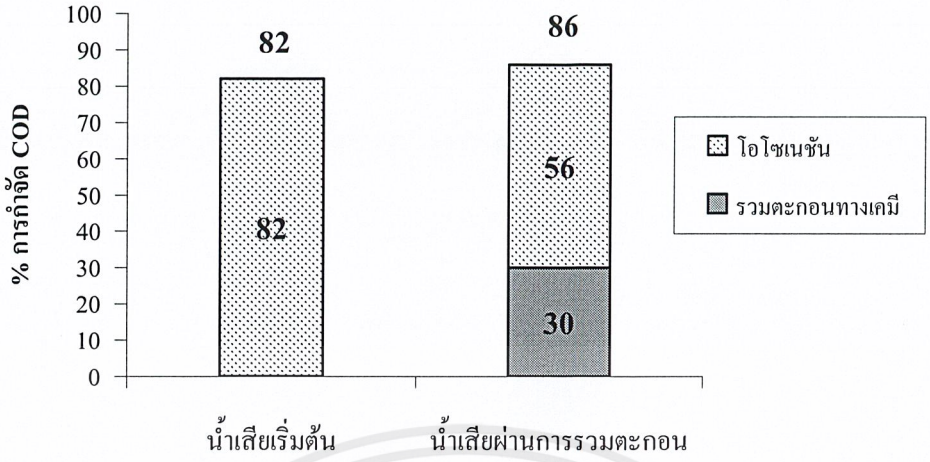


รูปที่ 4.5 ผลการกำจัดสีในน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน
(ก) น้ำเสียเริ่มต้น (ข) น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมี (ค) น้ำเสียเริ่มต้นผ่านกระบวนการโอโซเนชัน (ง) น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและกระบวนการโอโซเนชัน

จากรูปที่ 4.5 แสดงลักษณะสีของน้ำเสีย เมื่อเปรียบเทียบความเข้มสีของน้ำเสียทั้ง 4 ประเภท พบว่าความเข้มสีของน้ำเสียเริ่มต้นและน้ำเสียที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีมีความเข้มสีค่อนข้างสูงแต่เมื่อนำน้ำเสียเริ่มต้นและน้ำผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีผ่านกระบวนการโอโซเนชันจะเห็นได้ว่าความเข้มสีของน้ำเสียเริ่มต้นนั้นลดลง แต่เนื่องจากในน้ำเสียเริ่มต้นนั้นยังมีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่จึงทำให้น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซนนั้นยังมีความขุ่น ส่วนน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีความเข้มสีลดลง เนื่องจากโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาได้ดีกับสีรีแอคทีฟ ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำได้ (นันทิยา, 2547) ซึ่งในที่นี้โรงงานที่ทำการศึกษาได้ใช้สีดังกล่าวในกระบวนการการพิมพ์ผ้า และกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีนั้นสามารถลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียได้จึงทำให้น้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและผ่านการบำบัดด้วยโอโซนนั้นมีความเข้มสีลดลงมากกว่าน้ำเสียเริ่มต้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากเครื่องโอโซนสามารถผลิตก๊าซโอโซนในอัตราที่สูงเมื่อเทียบกับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ จึงทำให้การลดลงของสีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด COD ด้วยก๊าซโอโซนในน้ำเสียเริ่มต้นและน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี จึงเลือกใช้สภาวะในการเดินระบบแบบเดียวกันคือ ระยะเวลาในการบำบัด 5 นาที ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9 จากผลการทดลองสามารถนำมาคิดเป็นประสิทธิภาพการบำบัด COD ด้วยก๊าซโอโซนได้ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

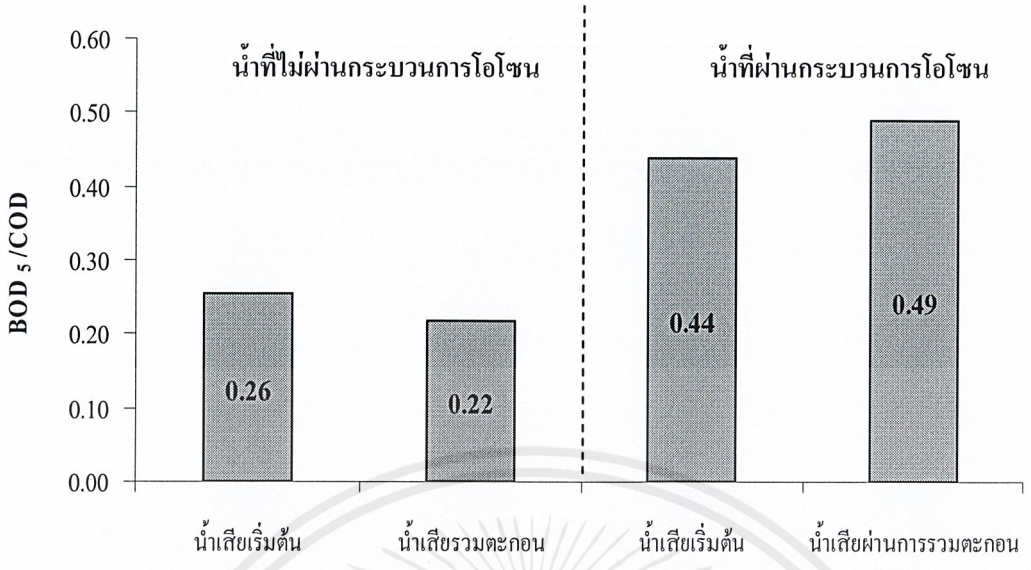


รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการบำบัด COD ในน้ำเสียที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีด้วยกระบวนการโอโซเนชัน

จากรูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีพบว่าน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีให้ประสิทธิภาพการบำบัดรวมด้วยกระบวนการโอโซเนชันสูงกว่าน้ำที่ไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี โดยสามารถกำจัด COD ในน้ำเสียเริ่มต้นและน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีได้ร้อยละ 82 และ 86 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการรวมตะกอนทางเคมีสามารถลดปริมาณของแข็งแขวนลอย ซึ่งอาจมีผลต่อการลดลงของ COD นอกจากนี้ของแข็งแขวนลอยยังคงมีผลต่อการลดประสิทธิภาพการทำงานของโอโซน ดังนั้นการลดของแข็งแขวนลอยก่อนเข้าสู่ระบบโอโซเนชันจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโอโซนอีกด้วย เมื่อพิจารณาปริมาณโอโซนที่ใช้ในการบำบัดต่อ COD ที่ถูกกำจัด พบว่าปริมาณโอโซนต่อ COD ที่ถูกกำจัดสำหรับน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีมีค่าเท่ากับ 0.35 และ 0.37 มิลลิกรัมโอโซนต่อมิลลิกรัมซีโอดีที่ถูกกำจัด ตามลำดับ

ผลการศึกษาค่าอัตราส่วนระหว่าง BOD และ COD ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการโอโซเนชันแสดงได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



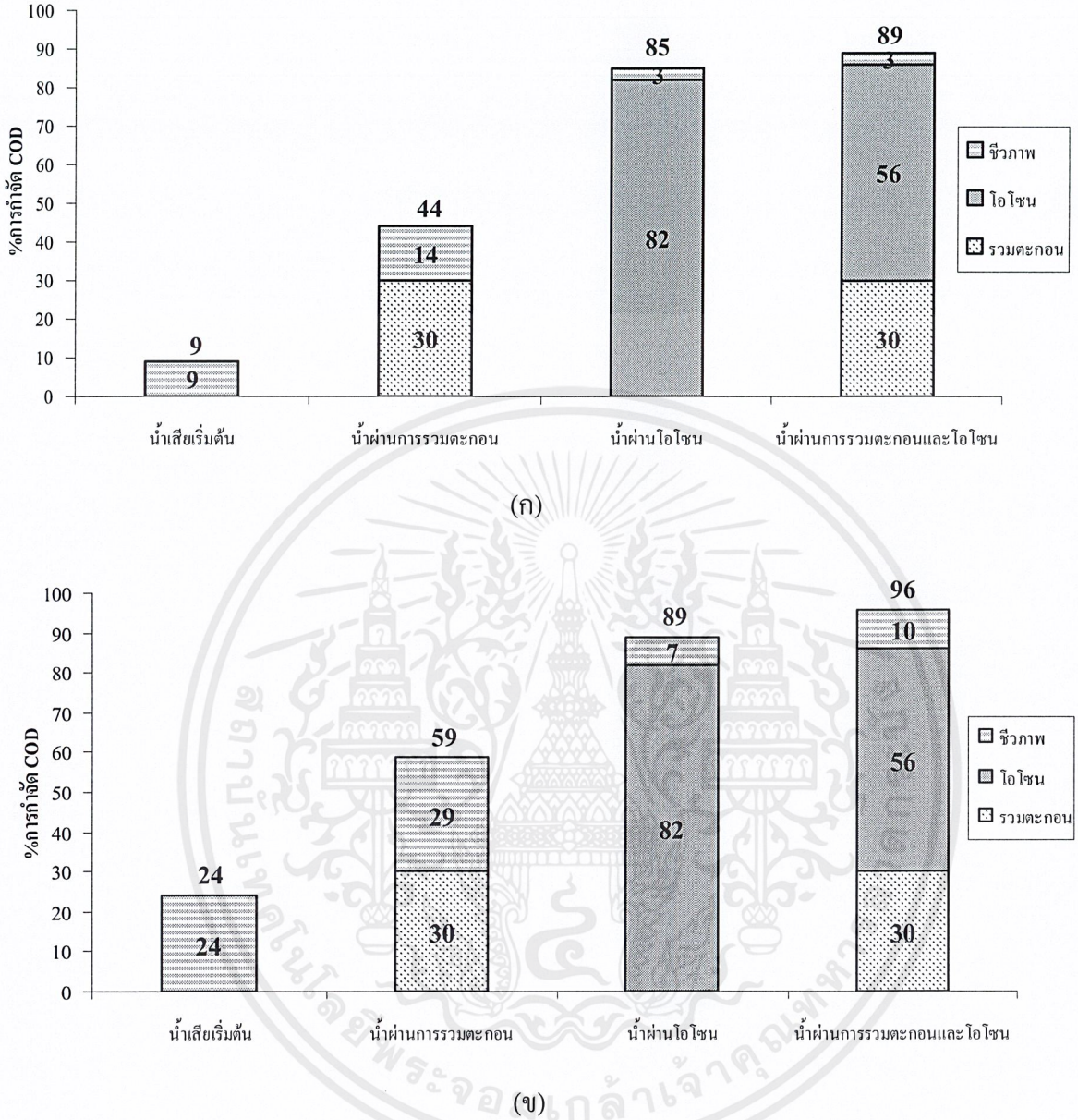
รูปที่ 4.7 ความสามารถในการถูกย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำที่ผ่านและไม่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน

จากรูปที่ 4.7 พบว่าค่า BOD_5/COD ของน้ำเสียเริ่มต้น น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมีที่ยังไม่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน มีค่าค่อนข้างต่ำ แต่เมื่อนำน้ำทั้งสองประเภทผ่านกระบวนการโอโซเนชัน พบว่าค่าอัตราส่วน BOD_5/COD มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเท่ากับ 0.44 และ 0.49 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ในน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยก๊าซโอโซนมีค่ามากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากโอโซนเป็นสารออกซิไดซิงที่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมให้มีขนาดเล็กและ/หรือความเป็นพิษลดลงทำให้ง่ายต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์มากขึ้น ส่งผลให้ค่า BOD สูงขึ้น ในขณะเดียวกันการออกซิไดส์ด้วยโอโซนยังส่งผลให้ค่า COD ลดลงด้วย เมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่าง BOD_5/COD จึงเห็นว่ามีค่าสูงขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lu และคณะ (2008)

4.2.3 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบเอสบีอาร์

จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบเอสบีอาร์ โดยกำหนดค่า COD:N:P ที่ 200:5:1 (Eiroa et al, 2004) ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และแปรค่าระยะเวลาการบำบัดที่ 8 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบน้ำเข้าระบบ 4 ประเภทได้แก่ 1) น้ำเสียเริ่มต้น 2) น้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี 3) น้ำที่ผ่านกระบวนการโอโซเนชัน และ 4) น้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีต่อด้วยโอโซน ซึ่งประสิทธิภาพการกำจัด COD และ BOD สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การกำจัด COD ด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบ SBR ที่ระยะเวลา (ก) 8 ชั่วโมงและ (ข) 24 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.8 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด COD ด้วยระบบบำบัดทางชีวภาพที่เวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ของน้ำเสียเริ่มต้นยังคงมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากในกระบวนการพิมพ์ประกอบด้วยสีย้อมและสารอื่น ๆ ปนอยู่จำนวนมาก ซึ่งอาจมีสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น แป้ง และสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น โครงสร้างสีย้อม โดยจุลินทรีย์นั้นสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย เช่น แป้ง แต่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่นโครงสร้างสีย้อม จึงทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียเริ่มต้นมีค่าต่ำ น้ำเสียที่ผ่าน

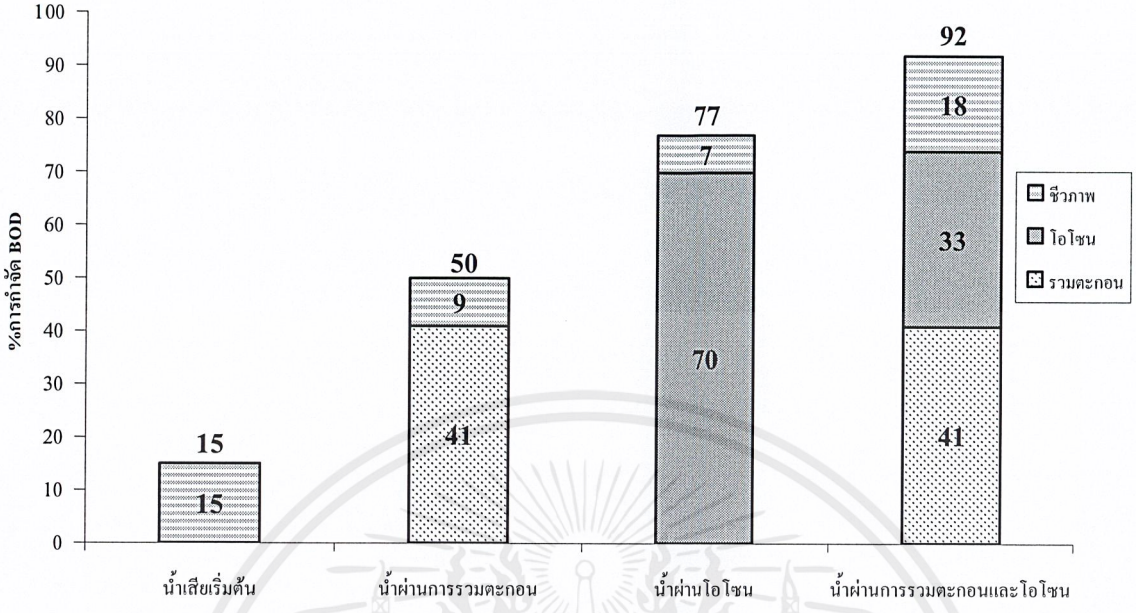
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมตะกอนทางเคมีเพียงอย่างเดียวมีค่าประสิทธิภาพการบำบัด COD รวมเท่ากับ 44 และ 59 ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับส่วนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยโอโซนเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับ 85% และ 89% ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อนำน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและการบำบัดด้วยโอโซนผ่านการบำบัดด้วยระบบชีวภาพ พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด COD ได้ถึงร้อยละ 89 และ 96 ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีและการบำบัดด้วยโอโซนมีการออกซิไดส์สารอินทรีย์ทำให้โมเลกุลของโครงสร้างสีเล็กลงย่อยสลายและ/หรือไม่มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เพิ่มมากขึ้น โดยจะเห็นว่าระยะเวลาบำบัดทางชีวภาพที่ 8 และ 24 ชั่วโมงให้ประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน

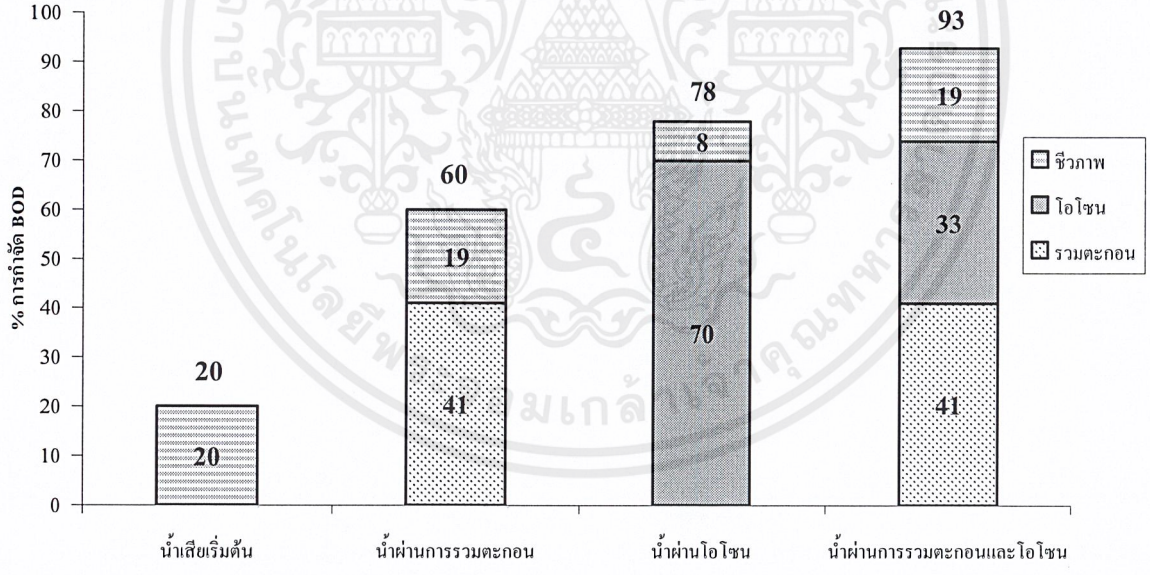
จากรูปที่ 4.9 พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด BOD ด้วยระบบชีวภาพที่เวลา 8 และ 24 ชั่วโมง มีแนวโน้มเหมือนการบำบัด COD โดยน้ำเสียเริ่มต้นมีค่าประสิทธิภาพการบำบัด BOD ที่ 8 และ 24 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 15 และ 20 ตามลำดับ น้ำที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพการบำบัด BOD ร้อยละ 50 และ 60 ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ และน้ำที่ผ่านกระบวนการโอโซเนชันเพียงอย่างเดียว มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 77 และ 78 ที่ระยะเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่เมื่อนำน้ำที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีและกระบวนการโอโซเนชันผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิการบำบัดได้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 92 และ 93 ที่ระยะเวลา 8และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยระยะเวลาบำบัดทางชีวภาพที่ 8 และ 24 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจน สามารถแสดงผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.10 พบว่าระยะเวลาบำบัดทางชีวภาพที่ 8 และ 24 ชั่วโมงปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองได้มีการเติมสารอาหารไนโตรเจนในการเลี้ยงจุลินทรีย์ แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการบำบัดจาก 8 เป็น 24 ชั่วโมงจะเห็นได้ว่าปริมาณทีเคเอ็นลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์มีระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่นทำให้แอมโมเนีย ไนโตรเจนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไนไตรต์และไนเตรต โดยแบคทีเรียไนโตรโซโมนัส (Nitrosomonas) และแบคทีเรียไนโตรแบกเทอร์ (Nitrobacter) ตามลำดับ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549) นอกจากนี้จุลินทรีย์อาจใช้แอมโมเนียไปใช้ในการเจริญเติบโตและนำไปใช้สร้างเซลล์ตะกอนจุลินทรีย์ หรือแอมโมเนียส่วนหนึ่งมีการระเหยออกไปในบรรยากาศจึงทำให้ค่าทีเคเอ็นในน้ำทิ้งมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



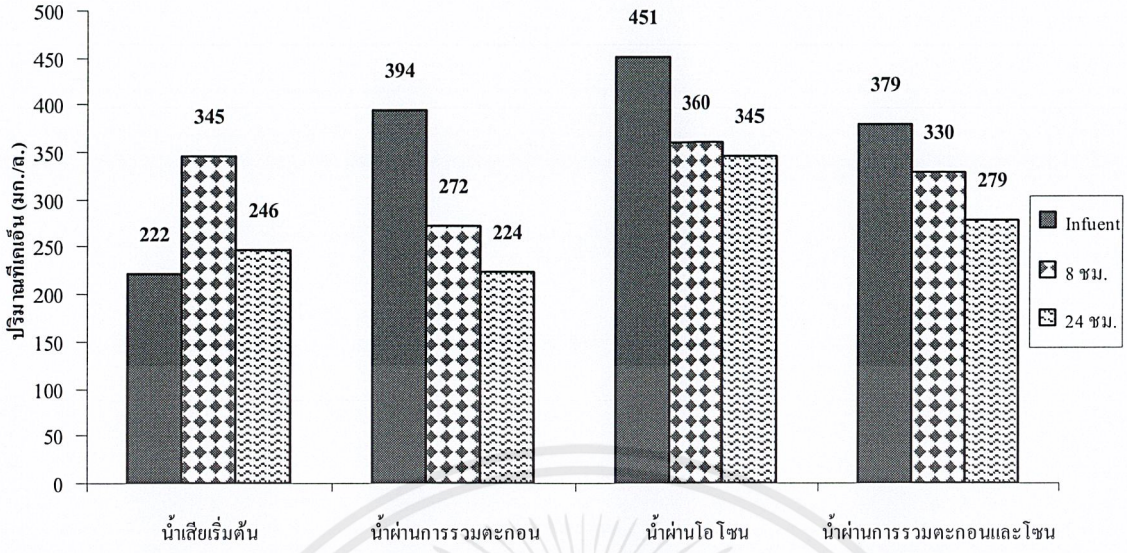
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.9 การกำจัด BOD ด้วยกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบ SBR ที่เวลา (ก) 8 ชั่วโมงและ (ข) 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ปริมาณทีเคเอ็นไนโตรเจนในน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดต่าง ๆ

4.2.4 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย

จากการศึกษาและทำการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดน้ำเสีย สามารถสรุปลักษณะของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการบำบัดต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อทำการทดลองนำน้ำเสียมาผ่านกระบวนการบำบัดเบื้องต้นด้วยการรวมตะกอนทางเคมี กระบวนการบำบัดด้วยโอโซเนชัน ก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดทางชีวภาพสามารถลดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำก่อนเข้าระบบบำบัด โดยร้อยละการกำจัด BOD และ COD มีค่าเท่ากับ 93และ 96 ตามลำดับ ดังนั้นจากการศึกษาและทำการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม สามารถมีแนวทางในการจัดการน้ำเสียได้ดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงงานที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียเมื่อผ่านกระบวนการบำบัดประเภทต่าง ๆ

น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดต่าง ๆ	ลักษณะน้ำเสีย					
	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	TKN (mg/L)	pH
น้ำเสียเริ่มต้นก่อนเข้าระบบบำบัด	270	1056	226	1919	222	9.5
น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมี	160	736	8	2299	394	8.8
น้ำผ่านกระบวนการโอโซเนชัน	82	187	63	2238	451	8.2
น้ำผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ	230	960	160	1676	345	7.1
น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ	135	592	115	1722	274	6.9
น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมีและกระบวนการโอโซเนชัน	70	143	63	2177	379	8.2
น้ำผ่านกระบวนการโอโซเนชันและกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ	62	160	96	1772	360	7.1
น้ำผ่านการรวมตะกอนทางเคมีกระบวนการโอโซเนชันและกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ	23	112	60	1798	330	6.9
ค่ามาตรฐาน	≤60	≤400	≤50	≤3,000	≤100	5.5-9.0

จากรูปที่ 4.11 สามารถนำมาเป็นแนวทางในการจัดการและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย คือ ในกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีจะเป็นการบำบัดเบื้องต้นสำหรับกระบวนการโอโซเนชัน และกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ โดยสามารถลดความเข้มสี และปริมาณของแข็งแขวนลอยได้ในระดับหนึ่ง และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการบำบัดด้วยโอโซเนชันก็จะทำให้ปริมาณความเข้มสีถูกลดลงได้มากขึ้น และช่วยในการกำจัด COD และยังเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสีให้มีโมเลกุลเล็กลง เพื่อง่ายต่อการย่อยสลายทางชีวภาพ และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพก็จะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ และลดค่า BOD ได้จึงเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเสียและการจัดการน้ำเสีย ซึ่งหากโรงงานที่ทำการศึกษาทำการติดตั้งและ/หรือปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียตามที่กล่าวมาข้างต้น สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำไม่ให้เกินมาตรฐานที่กำหนดและจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งยังสามารถนำน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดที่อยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตของโรงงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานพิเศษนี้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมฟอกย้อม/พิมพ์ผ้า ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

กระบวนการรวมตะกอนทางเคมี ใช้สารรวมตะกอนทางเคมี 3 ชนิด คือ อลูมิเนียมซัลเฟต เฟอร์ริกคลอไรด์ และโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ พบว่าสารรวมตะกอนที่เหมาะสม คือ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ โดยใช้ปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ค่าพีเอช 9 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดร้อยละ 96

กระบวนการโอโซเนชัน เมื่อนำน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีในสภาวะที่เหมาะสมแล้วมาผ่านกระบวนการโอโซเนชันที่อัตราการผลิตโอโซน 15.36 กรัม/ชั่วโมง พบว่าที่สภาวะที่เหมาะสมที่ pH 9 โดยใช้เวลาบำบัดที่ 5 นาที ซึ่งสามารถลดค่า COD ได้ร้อยละ 86 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการบำบัดน้ำเสียเริ่มต้นที่ไม่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมี และเมื่อพิจารณาความเข้มสีของน้ำที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมีพบว่าความเข้มสีลดลงมากกว่าน้ำที่ไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี

กระบวนการทางชีวภาพแบบ SBR พบว่าจุลินทรีย์สามารถบำบัดน้ำที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีและผ่านกระบวนการโอโซเนชันได้ดีกว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีหรือกระบวนการโอโซเนชันเพียงอย่างเดียว และน้ำที่ไม่ผ่านกระบวนการบำบัดเบื้องต้น โดยที่ระยะเวลาในการบำบัดทางชีวภาพที่ 8 และ 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในงานวิจัยจึงเลือกใช้ระยะเวลาในการบำบัดที่ 8 ชั่วโมง ซึ่งสามารถลด BOD ได้ร้อยละ 92 และ COD ได้ร้อยละ 89 และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้โดยไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง

ในการเพิ่มประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่ศึกษาควรทำการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นด้วยการรวมตะกอนทางเคมีและกระบวนการโอโซเนชันก่อนเข้าสู่กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เนื่องจากเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบชีวภาพให้สามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียจนมีค่าคุณภาพน้ำทิ้งอยู่ภายใต้มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ในการเลือกใช้สารรวมตะกอนทางเคมีที่เหมาะสมควรมีการคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในกระบวนการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ควรศึกษาระยะเวลาการบำบัดทางชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อลดค่าทีเคเอ็นไม่ให้เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด

3. ควรทำการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบเอสบีอาร์เพิ่มเติม โดยทำการวัดค่าบีโอดีในถังเลี้ยงเชื้อตะกอนจุลินทรีย์ก่อนที่จะนำไปใช้ในการบำบัดเพื่อเปรียบเทียบกับน้ำหลังการบำบัด

4. ในการวัดค่าสีควรใช้วิธีการวัดแบบเทคนิคทางสเปคโตรโฟโตเมตริก วิธี Tristimulus Filter หรือ ADMI เพื่อนำมาพิจารณาการลดลงของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม. 2551. [Online] (เข้าเมื่อวันที่ 8 ต.ค. 2551) Available : http://infofile.pcd.go.th/water/ water_textile.pdf

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2542. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมฟอกย้อม**. กรุงเทพฯ : สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2549. **ตำราระบบบำบัดมลพิษทางน้ำ**. กรุงเทพ : สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

ธีระ เกรอต. 2539. **วิศวกรรมน้ำเสีย : การบำบัดทางชีวภาพ.** กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นันทิยา ศรีสุวรรณ, พงษ์พันธุ์ กรรณสูตร และรัตรินทร์ ก้องสุรินทร์. 2547. **"การกำจัดสีย้อมรีแอค-ทีฟด้วยระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนและใช้ออกซิเจน"** โครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มานนท์ ตั้งแสงสุวรรณ และเอกลักษณ์ เอกจิรตระกูล. 2545. **"เครื่องบำบัดโอโซน"** โครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ราตรี ปิ่นทอง, ลักษณา ตันติจรรยารัตน์ และสุธาสินี วงศ์ศรีวัฒนกุล. 2543. **" การดูดซับสารละลายสีย้อมโดยใช้ต้นข้าวโพดและมันสำปะหลัง "** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศนิชา คงสุวรรณ, ศิริพร ปรีชา และสนชัย ธนพงศ์พิพัฒน์. 2540. **"การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี"** โครงงานพิเศษตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุรพล รักปทุม. 2543. **โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม.** พิมพ์ครั้งที่ 1 : ชนนิยม

อุตสาหกรรมย้อมผ้า. 2537. **วารสาร TTIS Textile Digest**. ฉบับที่ 17 (กันยายน) : 14 - 18

APHA, AWWA, and WPCF. 2005. **Standard Method for Examination of water and wastewater.** 17th .New York: APHA.

Erkan, S., Nigmet, U., Ulku. Y., and Filiz, B.D. 2008. "Biological treatment and nanofiltration of denim textilewastewater for reuse." **Journal of Hazardous Materials** 153 : 1142 - 1148.

Goloba, V., Vinderb, A., and Simonic , M. 2004. "Efficiency of the coagulation /flocculation method for the treatment of dyebath effluents." **Chemoshere** 75 : 93 - 97.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Julia, G.M., Francesc, T., Jose A. G.H., Xavier, D., and Jose, P. 2006. "Degradation of Procion Red H-E7B reactive dye by coupling a photo-Fenton system with a sequencing batch reactor." **Journal of Hazardous Materials** 134 : 220 - 229.

Lu, X. J, Yang, B., Chen, Ji., and Sun, R. 2008. "Treatment of wastewater containing azo dye reactive brilliant red X-3B using sequential ozonation and upflow biological aerated filter process." **Journal of Hazardous Materials.** In press

Mo, J., Hwang, J., Jegal, J., and Kim, J. 2005. "Pretreatment of a dyeing wastewater using chemical coagulants." **Bioresource Technology.** 97 : 240 - 245.

Panswad, T., and Luangdilok, W. 2000. "Decolorization of reactive dyes with different molecular structures under different environmental conditions." **Journal of Hazardous Materials.** 161 : 4177 - 4184.

Salomé, G.P.O.S., Órfão, J.J.M., Portela, D., Vieira, A., and Pereira, M.F.R. 2006. "Ozonation of textile effluents and dye solutions under continuous operation: Influence of operating parameter." **Journal of Hazardous Materials**. B137 : 1664 - 1673.

Selcuk, H. 2005. "Decolorization and detoxification of textile wastewater by ozonation and coagulation processes." **Dyes and Pigments**. 64 : 217 - 222.

Selcuk, H., Eremekter, G., and Meric, S. 2006. "The effect of pre-ozone oxidation on acute toxicity and inert soluble COD fraction of a textile finishing industry wastewater." **Journal of Hazardous Materials.** 137 : 254 - 260.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-1 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมี

ตารางที่ ก-1.1ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ แปรค่าความเข้มข้น

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสารรวมตะกอน (mg/L)	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	0	226	9.5	1919
1	500	30	9.6	1737
2	750	28	9.5	1767
3	1000	27	9.3	1874
4	1250	30	10.0	1934

ตารางที่ ก -1.2 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยอลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$ ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช

ตัวอย่าง	pH	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	9.5	226	9.5	1919
1	5	16	5.8	2481
2	7	8	7.4	2435
3	9	11	9.2	2420
4	11	9	10.9	2192

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1.3 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) แปรค่าความเข้มข้น

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสารรวมตะกอน (mg/L)	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	0	226	9.5	1919
1	500	24	9.7	1631
2	700	24	9.6	1752
3	1000	21	9.5	1874
4	1250	22	9.3	1889

ตารางที่ ก - 1.4 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช

ตัวอย่าง	pH	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	9.5	226	9.5	1919
1	5	10	5.5	2784
2	7	9	7.3	2526
3	9	8	8.8	2435
4	11	7	10.9	2253

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก – 1.5 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) แปรค่าความเข้มข้น

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของสารรวมตะกอน (mg/L)	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	0	226	9.5	1919
1	300	40	10.0	2025
2	400	33	10.0	2025
3	500	33	9.9	2056
4	600	28	9.9	2192

ตารางที่ ก -1.6 ผลการทดสอบการรวมตะกอนทางเคมีด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ที่ความเข้มข้น 300 มิลลิกรัมต่อลิตรแปรค่าพีเอช

ตัวอย่าง	pH	พารามิเตอร์		
		TSS (mg/L)	pH	TDS (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	9.5	226	9.5	1919
1	5	29	5.4	2647
2	7	11	7.4	2481
3	9	44	9.0	2481
4	11	22	11.0	2177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก – 2 ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน

ตารางที่ ก – 2.1 ผลการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการรวมตะกอนทางเคมีด้วยโอโซน
สารรวมตะกอน : PACl ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าพีเอช 9
อัตราการผลิตโอโซน : 15.36 กรัม / ชั่วโมง

ระยะเวลา (นาที)	ค่า pH ของสารละลาย							
	5		7		9		11	
	COD	pH	COD	pH	COD	pH	COD	pH
0	736	5.84	736	7.27	736	8.40	736	10.76
1	194	5.71	227	7.52	188	8.35	216	10.77
2	171	6.43	188	7.62	183	8.29	177	10.72
3	N/A	6.55	N/A	7.67	N/A	8.28	N/A	10.61
5	149	6.55	143	7.73	166	8.21	160	10.47
7	N/A	6.50	N/A	7.79	N/A	8.16	N/A	10.34
10	99	6.45	121	7.82	143	8.12	132	10.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2.2 ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนเปรียบเทียบระหว่างน้ำเสียที่ผ่านและไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี

สภาวะของน้ำเสีย : pH = 9 อัตราการผลิตโอโซน 15.36 กรัมต่อชั่วโมง ระยะเวลา 5 นาที

กระบวนการบำบัด	พารามิเตอร์			
	COD		pH	
	ก	ข	ก	ข
1.น้ำเสียเริ่มต้น	1056	1056	9.50	9.50
2.การรวมตะกอนทางเคมี	-	736	-	8.8
3.โอโซน	187	143	8.16	8.21
ประสิทธิภาพการบำบัด (%)				
- การรวมตะกอนทางเคมี	-	30.30	-	7.37
- โอโซน	82.27	56.14	14.11	6.21
- รวม	82.27	86.44	14.11	13.58

ก คือ น้ำเสียที่ไม่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี

ข คือ น้ำเสียที่ผ่านการรวมตะกอนทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3 ผลการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบ SBR

ตารางที่ ก - 3.1 ผลการบำบัดทางชีวภาพด้วยระบบตะกอนเร่งแบบเอสบีอาร์ในน้ำเสียทั้ง 4 ประเภท

สภาวะที่ใช้ COD : N : P คือ 200:5:1

ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ 1500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ระยะเวลาการบำบัดที่ 8 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

พารามิเตอร์	น้ำเสียเริ่มต้น			น้ำเสียผ่านการรวมตะกอน			น้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยโอโซน			น้ำเสียผ่านการรวมตะกอนและโอโซน		
	เริ่มต้น	8 ชม.	24 ชม.	เริ่มต้น	8 ชม.	24 ชม.	เริ่มต้น	8 ชม.	24 ชม.	เริ่มต้น	8 ชม.	24 ชม.
BOD (mg/L)	270	230	215	160	135	108	82	62	60	70	23	20
COD (mg/L)	1056	960	800	736	592	432	187	160	112	143	112	48
BOD_5/COD	0.26	0.24	0.27	0.22	0.23	0.25	0.44	0.39	0.54	0.49	0.21	0.42
TSS (mg/L)	226	160	138	8	115	94	63	96	71	12	60	40
TDS (mg/L)	1919	1676	1616	2299	1722	1737	2238	1722	1783	2177	1798	1889
TKN (mg/L)	222	345	286	394	272	224	451	360	345	379	330	279
pH (-)	9.5	7.1	7.0	9.5	6.9	6.9	8.2	7.1	7.0	9.3	6.9	7.1
Alkalinity (mg/L as $CaCO_3$)	1215	1615	2033	887	1235	1685	473	870	1235	158.5	790	852
ค่าการดูดกลืนแสง $_{(\lambda max)}$ *	$2.29_{(519)}$	$1.362_{(419)}$	$1.287_{(409)}$	$1.43_{(514)}$	$1.218_{(416)}$	$0.861_{(402)}$	$1.84_{(492)}$	$0.767_{(405)}$	$0.639_{(405)}$	$0.33_{(663)}$	$0.726_{(402)}$	$0.607_{(405)}$

* ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ค่าความยาวคลื่นแสดงในวงเล็บ

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-1 การเตรียมสารอาหารเพื่อปรับสภาพเชื้อตะกอนจุลินทรีย์

- สารละลายกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)

กำหนดให้ COD:N:P เท่ากับ 200:5:1 และค่า COD มีค่าเท่ากับ 2.67 เท่าของสารอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC)

จาก COD = 1056 mg/L ; ดังนั้น TOC = $\frac{COD}{2.67} = \frac{1,056}{2.67}$ = 395.51 mg/L

ถ้า C 72 g อยู่ใน $C_6H_{12}O_6$ = 180 g

C 395.5 mg/L อยู่ใน $C_6H_{12}O_6 = \frac{180g \times 395.51mg/L}{72g}$ = 988.78 mg/L

กำหนดให้ ความเข้มข้นของสารละลายสต็อคกลูโคสเท่ากับ10,000 mg/L

ปริมาตรของถังเลี้ยงเชื้อ = 10,000 mL

จาก $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ 988.78 mg/Lx10,000 mL = 10,000 mg/L×V_2

V_2 = 988.78 mL

∴ ต้องเติมสารละลายสต็อคกลูโคสความเข้มข้น 10,000 mg/L ปริมาตร 988.78 mL เพื่อให้น้ำเสียมีค่า COD เริ่มต้น 1,056 mg/L

- สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$

ถ้า COD 200 mg/L จะมี N 5 mg/L

COD 1,056 mg/L จะมี N = $\frac{5mg/L \times 1056mg/L}{200mg/L}$ = 26.4 mg/L = 0.0264 g/L

ถ้า N 28 g อยู่ใน $(NH_4)_2SO_4$ 132 g

ถ้า N 26.4 mg/L อยู่ใน $(NH_4)_2SO_4$ $\frac{132g \times 26.4mg/L}{28g}$ = 124 mg/L

กำหนดให้ ความเข้มข้นของสารละลายสต๊อค $(NH_4)_2SO_4$ = 10,000 mg/L

ปริมาตรของถังเลี้ยงเชื้อ = 10,000 mL

จาก $C_1V_1 = C_2V_2$

จะได้ 124×10,000 = 10,000×V_2

V_2 = 124 mL

∴ ต้องเติมสารละลายสต๊อคแอมโมเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 10,000 mg/L ปริมาตร 124 mL ต่อน้ำ 10 L สำหรับน้ำเสียที่มีค่า COD เริ่มต้น 1,056 mg/L เพื่อให้ได้อัตราส่วน COD:N:P เท่ากับ 200:5:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข – 2 การเตรียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7 โดยใช้ KH_2PO_4 **และ** Na_2HPO_4

ระบบการให้อิเล็กตรอนของฟอสเฟตบัฟเฟอร์

$H_3PO_4 \leftrightarrow H^+ + H_2PO_4^-$ $pKa_1 = 2.15$

$H_2PO_4^- \leftrightarrow H^+ + HPO_4^{2-}$ $pKa_2 = 7.20$

$HPO_4^{2} \leftrightarrow H^+ + PO_4^{3-}$ $pKa_3 = 12.40$

จาก $pH = pKa + \log \frac{[เกลือ]}{[กรด]}$ ———— (1)-

กำหนดให้ pH ควบคุมที่ 7

pKa_2 มีค่าเท่ากับ 7.2

ความเข้มข้นทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.01 M

$\therefore [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] = 0.01$

$[H_2PO_4^-] = 0.01 - [HPO_4^{2-}]$

แทนค่าในสมการที่ (1)

จะได้ $7 = 7.2 + \log \frac{[HPO_4^{2-}]}{0.01-[HPO_4^{2-}]}$

$-0.2 = \log \frac{[HPO_4^{2-}]}{0.01-[HPO_4^{2-}]}$

$10^{-0.2} = \frac{[HPO_4^{2-}]}{0.01-[HPO_4^{2-}]}$

$[HPO_4^{2-}] = 0.0039$ M

และ $[H_2PO_4^-] = 0.01 - [HPO_4^{2-}]$

จะได้ $[H_2PO_4^-] = 0.0061$ M

$[HPO_4^{2-}]$ เตรียมจาก Na_2HPO_4 ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 119

ถ้า HPO_4^{2-} 1 mol ต้องใช้ Na_2HPO_4 1 mol

HPO_4^{2-} 0.0039 mol ต้องใช้ $Na_2HPO_4 = 0.0039$ mol หรือ 464 mg/L

$[H_2PO_4^-]$ เตรียมจาก $K_2H_2PO_4$ ซึ่งมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 136

ถ้า $H_2PO_4^-$ 1 mol ต้องใช้ KH_2PO_4 1 mol

$H_2PO_4^-$ 0.0061 mol ต้องใช้ $KH_2PO_4 = 0.0039$ mol หรือ 830 mg/L

$\therefore$ ในการเตรียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ควบคุม pH เท่ากับ 7 และความเข้มข้นทั้งหมดมีค่า 0.01 M จะต้องใช้ Na_2HPO_4 และ KH_2PO_4 เท่ากับ 464 mg/L และ 830 mg/L ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.1 ปริมาณการเติมสารละลายกลูโคสในถังปฏิกรณ์

ปริมาณน้ำเสีย	ปริมาณกลูโคส	ปริมาตรสารละลายสต๊อคกลูโคสต่อน้ำเสีย 10 L (mL)	ค่า COD เทียบเท่า (mg/L)
20%	80%	791.02	1056
50%	50%	494.39	1056
80%	20%	197.76	1056
100%	-	-	1056

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของสารละลายสต๊อคกลูโคสเท่ากับ 10,000 mg/L

ตารางที่ ข-1.2 ปริมาณสารอาหารที่เติมเข้าไปในระบบบำบัดทางชีวภาพแบบเอสบีอาร์

เมื่อ อัตราส่วน COD:N:P = 200:5:1

ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 10,000 mg/L

ความเข้มข้นของฟอสเฟตบัฟเฟอร์โดยรวม 0.01 M

ลักษณะน้ำเสีย	ค่า COD (mg/L)	$(NH_4)_2SO_4$ (mL)*	ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7	
			KH_2PO_4 (mg/L)	Na_2HPO_4 (mg/L)
น้ำเสียเริ่มต้น	1056.0	124.0	830.0	464.0
การรวมตะกอนทางเคมี	736.0	86.7	830.0	464.0
การบำบัดด้วยโอโซน	187.0	22.0	830.0	464.0
การรวมตะกอนทางเคมีและโอโซน	143.0	16.9	830.0	464.0

* ปริมาตรสารละลายสต๊อคแอมโมเนียมซัลเฟตต่อน้ำ 10 L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้