

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249386

การทำจัตตีบ้นมรีนออกที่ฟองน้ำเสียบด้วยวิธีการสกัดของเหลวเหนียว

นางสาวอรรณพ หวนทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานที่ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมตีเบรคด้วยน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมตีเบรคด้วยน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

600253867



249386

การกำจัดสีข้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี



นางสาวจิราณัฐ ทวนทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 0 7 0 5 4 6 2 2 1

REMOVAL OF REACTIVE DYE WASTEWATER BY CHEMICAL COAGULATION

Miss Jeeranuch Thuanthong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกำจัดสีข้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอน
ทางเคมี

โดย

นางสาวจิราณูช ทวนทอง

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

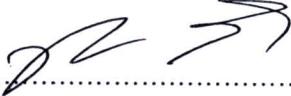
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

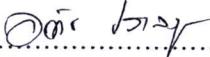
รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

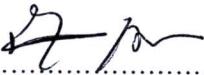
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต รัตนธรรมสกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. พิสุทธิ เพ็ชรมนกุล)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. ภาณุ รัตสุข)

จิราบุช ทวนทอง : การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี (Removal of Reactive dye Wastewater by Chemical Coagulation) อ. ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. อรทัย ขวาลภาฤทธิ์, 210 หน้า.

249386

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟจากน้ำเสียด้วยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ พีเอช ปริมาณโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (Modified Polyaluminium chloride, PACI) ปริมาณอะลูมิเนียมคลอโรไฮเดรต (Aluminumchlorohydrate, ACH) ปริมาณโพลีเมอร์ประจุบวก และปริมาณโพลีเมอร์ประจุลบ น้ำเสียสังเคราะห์ที่นำมาทดลองเป็นสีย้อมรีแอกทีฟที่มีโทนสีแตกต่างกัน ได้แก่ โทนนํ้าเงิน โทนนํ้าแดง และโทนนํ้าเหลือง ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่เหมาะสมในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟทั้ง 3 โทนนํ้าคือ 30 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโทนนํ้าเงิน สีแดง และสีเหลืองร้อยละ 92.05 93.65 และ 93.42 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโอดิโทนนํ้าเงิน สีแดง และสีเหลืองร้อยละ 59.30 69.45 และ 72.55 ตามลำดับ ปริมาณอะลูมิเนียมคลอโรไฮเดรตที่เหมาะสมของน้ำเสียสีย้อมรีแอกทีฟทั้งสามโทนสี คือ 70 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโทนนํ้าเงิน สีแดง และสีเหลืองร้อยละ 95.70 95.32 และ 94.29 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการกำจัดสีโอดิโทนนํ้าเงิน สีแดง และสีเหลืองร้อยละ 92.52 86.05 และ 60 ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีเท่ากับ 0.43 และ 1.41 บาทต่อน้ำดิบ 1 ลบ.ม.ผลของโพลีเมอร์ประจุบวกและประจุลบพบว่าโพลีเมอร์สามารถช่วยลดปริมาณการใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 2 ชนิดลงได้ และยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีและสีโอดิ

ผลการทดลองเปรียบเทียบสารสร้างตะกอนในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม โดยใช้นํ้าเสียจากหม้อต้มย้อม นํ้าล้างจากหม้อต้มย้อม นํ้าเสีรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดและนํ้าเสียที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้ว พบว่าอะลูมิเนียมคลอโรไฮเดรตและโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์สามารถกำจัดสีและสีโอดิจากนํ้าเสีรวมก่อนบำบัดได้ดีที่สุดที่ความเข้มข้น 50 มก./ล.โดยมีประสิทธิผลการกำจัดสีและสีโอดิอยู่ในช่วงร้อยละ 91.66-94.66 และ 62.99-76.33 ตามลำดับ ในกรณีนํ้าเสียที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้วใช้สารสร้างตะกอนทั้ง 2 ชนิด ใช้ปริมาณสารเพียงเล็กน้อยที่ 10 มก./ล.สามารถช่วยกำจัดของแข็งละลายนํ้าให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานนํ้าทิ้งอุตสาหกรรมมีค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีเท่ากับ 27.97 และ 28.41 บาท/ลบ.ม. บาทต่อน้ำดิบ 1 ลบ.ม.

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....จิราบุช ทวนทอง.....
สาขาวิชา...วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก...*Orn K.*.....
ปีการศึกษา.....2553.....

5070546221 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : COLOR REMOVAL / TEXTILE WASTEWATER / CHEMICAL COAGULATION / ALUMINUM CHLOROHYDRATE / POLYALUMINUM CHLORIDE

JEERANUCH THUANThONG : REMOVAL OF REACTIVE DYE

WASTEWATER BY CHEMICAL COAGULATION. THESIS ADVISOR : ASSOC.

PROF. ORATHAI CHAVALPARIT, Ph.D., 210 pp.

249386

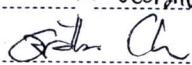
This research aimed to study the effect of parameter that impact on factor reactive dye efficiency remove from wastewater by chemical coagulation. The study parameter are pH, quantity of polyaluminium chloride and Aluminum chlorohydrate, quantity of cationic polymer and anionic polymer. The synthesis wastewater in this research is prepared from 3 tones of reactive dye such as blue, red and yellow. The result showed that the optimum quantity of polyaluminium chloride (PACl) for color removal of such reactive dye is 30 mg/l. The Highest color removal efficiency of blue tone, red tone and yellow tone were 92.05 93.65 and 93.42 respectively. COD removal efficiency of blue, red and yellow tone was 59.30 69.45 and 72.55 respectively. Aluminum chlorohydrate (ACH) at concentrated of 70 mg/L was the optimum value for color removal of blue, red and yellow tone were 95.70 95.32 and 94.29 respectively. While efficiency of COD removal of blue, red and yellow tone was 92.52 86.05 and 60 respectively. Chemical cost for PACl and ACH were 0.43 and 1.43 baht per 1 m³ respectively. The use of cationic and anionic polymer with such coagulant. Could reduce quantity of coagulant and also increase removal reactive dye and COD removal efficiency.

From result of using PACl and ACH with textile processing wastewater such as dyeing wastewater, dye washing wastewater, equalization wastewater and biological treated wastewater. It was shown that ACH and PACl dose of 50 mg/l could remove reactive dye and COD from wastewater range of 91.66-94.66 and 62.99-76.33 respectively. In case of biological treated wastewater, ACH and PACl at concentration of 10 mg/l could remove TDS under industrial wastewater standard. Chemical cost was 27.97 and 28.41 baht per 1 m³ of raw water, respectively.

Department : Environmental Engineering.....

Student's Signature Jeeranuch ThuanThong.

Field of Study : Environmental Engineering..

Advisor's Signature 

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล ดร.ผานิต รัตสุข และ ดร.พิสุทธิ์ เพียรมนกุล ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัทบอมมา (ประเทศไทย) จำกัด ที่อนุเคราะห์สารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรตและโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์แบบปรับแต่งในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่กรุณาอบรมสั่งสอนและถ่ายทอดความรู้แก่ผู้ทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่เอื้ออำนวยความสะดวกช่วยเหลือด้านเอกสารและการใช้ห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สำหรับความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้ประสบความสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมาจนประสบความสำเร็จ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กรรมวิธีการผลิต.....	4
2.1.1 การเตรียมผ้าก่อนการย้อม.....	5
2.1.2 กระบวนการย้อม.....	8
2.1.3 การมองเห็นสี.....	9
2.1.4 การจำแนกสีย้อม.....	10
2.1.5 โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอคทีฟ.....	16
2.1.6 กลุ่มอะตอมที่ทำให้เกิดสี (Chromophore).....	17
2.1.7 กลุ่มสีรีแอคทีฟ (Reactive Group).....	18
2.2 น้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม.....	19
2.2.1 แหล่งที่มาของน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม.....	19
2.2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.....	20
2.3 การกำจัดสีในน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม.....	22
2.3.1 การบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ.....	21
2.3.2 การกำจัดสีโดยกระบวนการทางเคมี.....	23
2.3.3 การกำจัดสีโดยกระบวนการทางชีวภาพ.....	24
2.3.4 ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม.....	25
2.4 อนุภาคคอลลอยด์.....	28

2.4.1 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของอนุภาคคอลลอยด์.....	29
2.4.2 Electric Double Layer Theory.....	30
2.4.3 เสถียรภาพของคอลลอยด์.....	32
2.5 กระบวนการตกตะกอน (Coagulation).....	33
2.5.1 การทำลายเสถียรภาพ (Destabilization) ของคอลลอยด์	33
2.5.2 ต้องทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่มากระทบกัน.....	37
2.5.3 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษอาหาร.....	39
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างและรวมตัวกันตกตะกอน.....	39
2.6.1 ชนิดของคอลลอยด์ในน้ำ.....	38
2.6.2 อุณหภูมิ.....	40
2.6.3 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำ.....	40
2.6.4 พีเอชที่เหมาะสม.....	40
2.6.5 ชนิดและปริมาณของสารสร้างตะกอนและรวมตะกอน.....	40
2.6.6 เกลือของสารละลาย.....	40
2.6.7 ระดับความขุ่นในน้ำ.....	40
2.6.8 เวลาและความแรงในการผสมเพื่อให้สารเคมีกระจายตัว.....	41
2.7 การเลือกใช้สารเคมีในการตกตะกอน.....	41
2.7.1 การใช้สารส้มเป็นสารตกตะกอน.....	41
2.7.2 การใช้โพสโตะลูมินัมคลอไรด์เป็นสารตกตะกอน.....	44
2.7.3 การใช้อะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์เป็นสารตกตะกอน.....	47
2.7.4 สารตกตะกอนอื่นๆ	47
2.8 การใช้สารช่วยสร้างตะกอน (Coagulant Aid).....	49
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการตกตะกอน.....	50
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	51
2.10.1 Aluminium chlorohydrate (ACH).....	51
2.10.2 Polyaluminium chloride(PACl).....	53
2.10.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดสีขุ่น โดยวิธีอื่น.....	54
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	59
3.1 สถานที่ทำการทดลอง.....	59
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	59

บทที่	หน้า
3.3 ผังการไหลการดำเนินการทดลอง.....	60
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	61
3.4.1 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสม(น้ำเสียสังเคราะห์).....	62
3.4.2 การศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม(น้ำเสียสังเคราะห์)	62
3.4.3 การศึกษาปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม(น้ำเสียสังเคราะห์).....	65
3.4.4 การศึกษาความเข้มข้นสีที่เหมาะสม(น้ำเสียสังเคราะห์).....	65
3.4.5 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสม(ใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อม).....	70
3.4.6 การศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม (ใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อม).....	70
3.4.7 การศึกษาปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม (ใช้น้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อม).....	73
3.5 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	75
3.6 คำนวณค่าสารเคมีขั้นต้น.....	76
3.7 พารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์.....	76
3.8 การวัดสี	76
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
4.1 คุณสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์สารละลายสีย้อมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร.....	77
4.2 คุณสมบัติของน้ำเสียจริงจากโรงงานไทยอินเตอร์คอตตอน.....	78
4.3 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียสังเคราะห์สีย้อม รีแอกทีฟด้วยสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรต และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์.....	79
4.3.1 การเปรียบเทียบการกำจัดสีและซีโอดี.....	79
4.3.1.1 ผลของการศึกษาพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์.....	79
4.3.1.2 ผลการศึกษาปริมาณสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮเดรต.....	86
4.3.1.3 ผลของชนิดและความเข้มข้นของโพลีเมอร์.....	92
4.3.1.4 ผลของชนิดและความเข้มข้นสีย้อมรีแอกทีฟ.....	103
4.3.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดสี ซีโอดีและของแข็งละลายน้ำ ของสารสร้างตะกอนทั้ง 2 ชนิด.....	113
4.3.3 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี.....	115

บทที่	ญ หน้า
4.4 ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีของน้ำเสียจริงจากกระบวนการฟอกย้อมด้วยสารอะลูมินัมคลอโรไฮเดรต และโพลียอะลูมินัมคลอไรด์.....	117
4.4.1 การเปรียบเทียบการกำจัดสีและซีโอดี.....	117
4.4.1.1 น้ำเสียจากหม้อต้มย้อม.....	117
4.4.1.2 น้ำเสียจากหม้อล้าง.....	119
4.4.1.3 น้ำเสียรวมก่อนเข้าระบบบำบัด.....	116
4.4.1.4 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้ว.....	124
4.5 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี.....	125
4.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดการใช้อะลูมินัมคลอโรไฮเดรตและโพลียอะลูมินัมคลอไรด์ กับน้ำเสียจริง.....	126
4.7 ผลการวิเคราะห์ตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนเคมี.....	133
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	135
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	135
5.1.1 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสี ซีโอดี และ ของแข็งละลายน้ำ น้ำเสียสังเคราะห์แอกทีฟโดยใช้สารสร้างตะกอนอะลูมินัมคลอโรไฮเดรต และโพลียอะลูมินัมคลอไรด์.....	135
5.1.2 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสี ซีโอดี และ ของแข็งละลายน้ำ น้ำเสียจริงจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม โดยใช้ อะลูมินัมคลอโรไฮเดรตและโพลียอะลูมินัมคลอไรด์ สรุปได้ดังนี้.....	135
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	136
รายการอ้างอิง.....	137
ภาคผนวก.....	142
ภาคผนวก ก ผลการทดลองน้ำสังเคราะห์สีข้อมรีแอกทีฟ.....	143
ภาคผนวก ข ผลการทดลองน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.....	180
ภาคผนวก ค มาตรฐานน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน.....	205
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	210

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	จุดมุ่งหมายของการเตรียมผ้า.....	8
2.2	การจำแนกสีย้อมตามลักษณะการใช้งาน.....	15
2.3	แสดงเปอร์เซ็นต์การกระจายของลักษณะโครงสร้างของกลุ่มโครโมฟอร์ใน สีรีแอกทีฟ แบ่งตามโทนสีต่างๆ.....	17
2.4	ลักษณะน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอประเภทต่างๆ.....	21
2.5	สรุปเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียทางเคมีจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ในปัจจุบัน.....	27
2.6	ความเข้มข้นของเฟอร์ริกคลอไรด์ที่ใช้ในการกำจัดสีและซีโอดีความเป็น.....	57
3.1	รายละเอียดของสีรีแอกทีฟแต่ละประเภท.....	60
3.2	ค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	75
3.3	การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ.....	76
4.1	แสดงคุณสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์สารละลายสีย้อมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร	77
4.2	แสดงคุณสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งของ โรงงานไทยอินเตอร์ คอตตอน.....	78
4.3	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟ โทนสีแดงด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพตัสเซียมคลอไรด์.....	81
4.4	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟ โทนสีน้ำเงินด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพตัสเซียมคลอไรด์.....	82
4.5	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟ โทนสีเหลืองด้วยอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพตัสเซียมคลอไรด์.....	83
4.6	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาปริมาณสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และสารโพตัส เซียมคลอไรด์ของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟโทนสีแดงที่พีเอชเหมาะสม...	88
4.7	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาปริมาณสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และสารโพตัส เซียมคลอไรด์ของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงินที่พีเอชเหมาะสม.....	89
4.8	ค่าเฉลี่ยผลการทดลองหาปริมาณสารอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และสารโพตัส เซียมคลอไรด์ของน้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอกทีฟโทนสีเหลืองที่พีเอชเหมาะสม.....	90

ตารางที่		หน้า
4.21	สรุปปริมาณที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดในการกำจัดสีน้ำเสีย สังเคราะห์สีย้อมรีแอกทีฟ.....	117
4.22	สรุปสถานะที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดในการกำจัดสีน้ำเสีย รวมจากโรงงานฟอกย้อม.....	129
4.23	ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยอื่นๆ.....	131
4.24	ผลการวิเคราะห์ตะกอนด้วยเครื่อง FTIR.....	132

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ภาพรวมอุตสาหกรรมสิ่งทอ.....	4
2.2	ปฏิกิริยาแบบ Nucleophilic Substitution.....	18
2.3	ปฏิกิริยาแบบ Nucleophilic Addition.....	19
2.4	ระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมที่ใช้ในการวิจัย.....	26
2.5	การจำแนกขนาดของสารต่างๆ ในน้ำ.....	28
2.6	ที่มาของประจุไฟฟ้าของอนุภาคดินเหนียว.....	29
2.7	โมเดลที่ใช้อธิบาย Electric Double Layer Theory.....	31
2.8	แรงระหว่างอนุภาคทั้งสอง.....	32
2.9	แรงระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ที่ระยะห่างต่างๆ.....	32
2.10	ผลของการเติมไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับอนุภาคคอลลอยด์ (a) ก่อนเติมไอออน (b) หลังจากการเติมไอออนแล้ว.....	33
2.11	การเปรียบเทียบปริมาณ โคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของ คอลลอยด์	34
2.12	กลไกของการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบเชื่อมด้วยโพลีเมอร์.....	37
2.13	เกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัมผักระหว่างอนุภาคต่างๆ.....	38
2.14	กลไกการเกิดปฏิกิริยาของการเกิดกระบวนการตกตะกอน.....	39
2.15	แสดงแบบจำลองวิถีทางอะลูมิเนียมในน้ำ.....	43
2.16	โครงสร้างทางเคมีของ lapofloc PACl.....	45
2.17	โครงสร้างของอะลูมิเนียมคลอไรด์ไฮดรต.....	47
3.1	แผนผังการดำเนินการทดลอง.....	61
3.2	แผนผังการศึกษาพีเอชที่เหมาะสม.....	63
3.3	แผนผังการศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม.....	64
3.4	แผนผังการศึกษาปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม.....	66
3.5	แผนผังการศึกษาการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นที่เหมาะสม.....	67
3.6	แผนผังการทดลองการตกตะกอนทางเคมีกับน้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อม.....	69
3.7	แผนผังการศึกษาพีเอชที่เหมาะสม.....	71
3.8	แผนผังการศึกษาปริมาณสารตกตะกอนที่เหมาะสม.....	72

ภาพที่		หน้า
3.9	แผนผังการศึกษาปริมาณสารช่วยตกตะกอนที่เหมาะสม.....	74
4.1	น้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร.....	77
4.2	น้ำจากกระบวนการผลิตและน้ำทิ้งจากโรงงานไทยอินเตอร์คอตตอน.....	78
4.3	ร้อยละการกำจัดสี ซีโอดีน้ำ และของแข็งละลายน้ำ น้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟที่พีเอช เริ่มต้นต่างๆด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์	85
4.4	พีเอชและค่าของแข็งละลายน้ำหลังตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟที่พีเอช เริ่มต้นต่างๆด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์.....	86
4.5	ก)ประสิทธิภาพการกำจัดสี ข)ค่าซีตาโพเทนเชียล โดยใช้สารเพอร์ริกคลอไรด์ตกตะกอนสีรีแอกทีฟ blue 49 at pH 7 และ yellow 84 at pH 6	92
4.6	ร้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟหลังการตกตะกอนด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์.....	93
4.7	ร้อยละการกำจัดสี ซีโอดี และของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์ร่วมกับโพลิเมอร์ประจุบวก.....	103
4.8	ร้อยละการกำจัดสี ซีโอดี และของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์ร่วมกับโพลิเมอร์ประจุลบ.....	104
4.9	ร้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์ร่วมกับโพลิเมอร์ประจุบวกโดยการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นสีเริ่มต้น.....	113
4.10	ร้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์ร่วมกับโพลิเมอร์ประจุลบโดยการปรับเปลี่ยนความเข้มข้นสีเริ่มต้น.....	114
4.11	สรุปประสิทธิภาพการกำจัดสี ซีโอดี และของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟประเภทสีต่างๆ ด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์.....	116
4.12	สรุปประสิทธิภาพการกำจัดสี ซีโอดี และของแข็งละลายน้ำของน้ำเสียสังเคราะห์สี่ข้อมรีแอกทีฟประเภทสีต่างๆ ด้วยโพไลอะลูมินัมคลอไรด์.....	116
4.13	ร้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียจริงจากหม้อต้มย้อมที่พีเอช เริ่มต้นต่างๆด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพไลอะลูมินัมคลอไรด์.....	120

ภาพที่	หน้า	
4.14	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียจริงจากหม้อต้มย้อมหลังการตกตะกอน ด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์.....	120
4.15	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียจริงจากหม้อล้างที่พีเอช เริ่มต้นต่างๆ ด้วย อะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์.....	121
4.16	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียจริงจากหม้อล้างหลังการตกตะกอนด้วย อะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ.....	122
4.17	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดที่พีเอช เริ่มต้น ต่างๆ ด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์.....	124
4.18	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดหลังการตกตะกอน ด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์.....	124
4.19	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดร่วมด้วยอะลูมินัม คลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์กับโพลีเมอร์ประจุบวก.....	125
4.20	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียรวมก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดร่วมด้วยอะลูมินัม คลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์กับโพลีเมอร์ประจุลบ.....	125
4.21	รื้อยละการกำจัดสีและซีโอดีน้ำเสียจริงที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้ว หลังการตกตะกอนด้วยอะลูมินัมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์และโพสเฟออลูมินัมคลอไรด์.....	126
4.22	สรุปผลการทดลองของสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดในการกำจัดสีและซีโอดี ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.....	130
4.23	สรุปค่าใช้จ่ายสารเคมีสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดในการกำจัดสีและซีโอดี ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.....	130