โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากไคโทแซน

นาย อัศวิน กิตติชัชวาล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-833-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16998694

Chitosan as Coagulant and Coagulant Aid

Mr. Asawin Kittichatchawarl

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partical Fulfilment of the Requirement
for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering
Graduate School
Chulaloongkorn University

1996

ISBN 974-633-833-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากไคโทแซน
โดย	นาย อัศวิน กิตติชัชวาล
ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ .ไพพรรณ พรประภา)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประแสง มงคลศิริ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อัศวิน กิตติชัชวาล : โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากไคโทแซน (CHITOSAN AS COAGULANT AND COAGULANT AID) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ไพพรรณ พรประภา, 132 หน้า, ISBN 974-633-833-1

งานทดลองวิจัยนี้เป็น การศึกษาถึงการนำไคโทแซนมาทดสอบความสามารถในการเป็นโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้ม สำหรับกำจัดความขุ่นในกระบวนการโคแอกกูเลชั่นด้วยวิธีการจาร์เทสต์ โดยทดสอบในน้ำดิบสังเคราะห์จากดินเคโอลิไนท์(Kaolinite) ที่มีค่าความขุ่นเริ่มต้น 20, 50, 100, 200 และ 300 NTU ที่ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำต่างกัน 4 ค่าคือ 5, 6, 7 และ 8 นอกจากนี้ยังทดลองกับน้ำดิบธรรมชาติอีก 2 ตัวอย่างจากคลองประปาบริเวณโรงกรองน้ำบางเขน

จากการทดลองพบว่า การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์จะสามารถลดความขุ่นของน้ำได้ดี เมื่อน้ำดิบมีความขุ่นสูง (100 NTU ขึ้นไป) และค่าพีเอชค่อนข้างเป็นกรด (พีเอช 5-7) โดยปริมาณไคโทแซนที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และจะมีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นได้สูงถึงร้อยละ 69, 84 และ 86 ที่ความขุ่นของน้ำดิบเท่ากับ 100, 200 และ 300 NTU ตามลำดับ แต่คุณภาพน้ำหลังตกตะกอนยังไม่ดีพอโดยมีค่าเท่ากับ 30, 32 และ 42 NTU ตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำ โดยใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มโดยลดปริมาณสารส้มเป็นร้อยละ 30, 50 และ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นได้สูงกว่าการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว ซึ่งการใช้ไคโทแซนปริมาณ 0.01-0.2 มก./ล. ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นได้ดีที่พีเอชของน้ำเท่ากับ 6-8 โดยค่าความขุ่นของน้ำหลังการตกตะกอนต่ำกว่ามาตรฐานในทุกค่าความขุ่นที่ทดลอง (ยกเว้นที่ความขุ่น 300 NTU และพีเอช 6) ดังนั้นการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถลดปริมาณการใช้สารส้มได้ถึงร้อยละ 50 โดยที่คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนได้ตามมาตรฐาน

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C517422 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD:
CHITOSAN / COAGULANT / COAGULANT AID/ POLYMER
ASAWIN KITTICHATCHAWARL : CHITOSAN AS COAGULANT AND COAGULANT AID. THESIS ADVISOR : ASSI. PROF. ORATHAI CHAVALPARIT
THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. PIPRAN PORNPRAPA
132 pp. ISBN 974-633-833-1

This experimemtal research was to study the application of chitosan as coagulant and coagulant aid in water treatment . The coagulant solution was prepared from chitosan of Unicord Co.,Ltd which be made by order and the electrical charge of coagulant solution was measured by colloid titration method . The effectiveness of chitosan in removing turbidity as coagulant and coagulant aid were measured by jar test methods . Both 5 valuve of turbidity and 4 valuve of pH in synthetic raw water (20, 50, 100, 200 and 300 NTU at pH 5, 6, 7 and 8) and 2 samples natural raw water from klong prapa at bangkang water plant were stidied .

As coagulant, chitosan has better capacity in reduced turbidity when water has over 100 NTU turbidity and pH valuve about 5-7 . The efficiency in turbidity removal was 69, 84 and 86 percent at 100, 200 and 300 NTU of turbid in water at 0.2 mg/l of chitosan but it did not produce good clarification (residual turbid has about 30-42 NTU).

As coagulant aid, with 30, 50 and 70 percent of optimum alum chitosan has more efficiency than used alum alone . With 50 percent of alum (10 mg/l) and chitosan as aid about 0.01 mg/l has produce good clarification (has 96-99 precent of turbidity removal and residual turbid were under 5 NTU) at pH about 6-8 and on every valuves of turbidity (except 300 NTU at pH 6)

This findings showed that chitosan could be used as coagulant aid in water treatment because it showed high efficiency and could reduce the amount of alum dose sinificantly (50 percent) when compared with alum dose and improve settleablityof flocs .

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำในเรื่องต่างๆ ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำการทดลองวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประแสง มงคลศิริ ที่ช่วยกรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์และให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกๆท่านที่ได้สั่งสอนและมอบความรู้ต่างๆให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกๆท่านของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดมา

ขอขอบคุณ ดร.สมเกียรติ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล และ อาจารย์ วรรณา ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับไคโทแซน

ขอขอบคุณ คุณปรีดา และคุณธีรนุช บ.ยูนิคอร์ด จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณฉัตรชัย คุณพรทิพย์ และคุณนงนุช บ.San&Soil จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อดินเคโอลิไนท์ที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจและแรงกายช่วยเหลือจนผู้วิจัยสามารถทำการวิจัยได้เสร็จสิ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้จนทำให้สามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณครอบครัวผู้วิจัยที่ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขต 2

2.1 วัตถุประสงค์ 2

2.2 ขอบเขตการวิจัย 2

บทที่ 3 ทบทวนเอกสาร 3

3.1 ความสำคัญของโคแอกกูเลชั่น 3

3.1.1 การกวนเร็ว 3

3.1.2 การกวนช้า 3

3.2 กลไกของกระบวนการโคแอกกูเลชั่น 5

3.2.1 การทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ 5

3.2.2 การทำให้อนุภาคคอลลอยด์เคลื่อนที่มาสัมผัสกัน 9

3.3 โคแอกกูเลชั่นด้วยสารเคมีหรือสารสังเคราะห์ 9

3.3.1 สารส้ม 9

3.3.2 เฟอรัสซัลเฟต 10

3.3.3 เฟอริคคลอไรด์ 10

3.3.4 สารเคมีเสริม 10

3.4 การตกตะกอนเมื่อใช้สารช่วยในการตกตะกอน 11

3.4.1 กลไกการใช้สะพานเชื่อมอนุภาค 12

3.4.2 การเกิดหย่อมประจุไฟฟ้าสถิตย์ 13

3.5 ผลกระทบต่อสุขภาพซึ่งอาจเกิดจากการใช้สารเคมี 13

3.6 โคแอกกูเลชั่นด้วยวัสดุธรรมชาติ 15

3.6.1 โคแอกกูเลชั่นด้วยดินชนิดต่างๆ 15

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.2 โคแอกกูเลชั่นด้วยพืช 15
3.6.3 โคแอกกูเลชั่นด้วยสาหร่ายทะเล 16
3.6.4 โคแอกกูเลชั่นด้วยผลิตภัณฑ์ของสัตว์น้ำ 16
3.7 ไคโทแซน 16
3.7.1 ที่มา 18
3.7.2 การใช้ประโยชน์จากไคตินและไคโทแซน 18
3.7.3 คุณสมบัติทางเคมีของไคตินและไคโทแซน 23
3.7.4 การแยกไคตินและการผลิตไคโทแซน 24
3.7.4.1 การแยกไคติน 24
3.7.4.2 การผลิตไคโทแซน 25
บทที่ 4 แผนงานและการดำเนินงานวิจัย 26
4.1 แผนงานวิจัย 26
4.1.1 การเตรียมการทดลอง 26
4.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นโคแอกกูแลนต์และ
โคแอกกูแลนต์เอด 26
4.1.2.1 ตัวแปรอิสระ 26
4.1.2.2 ตัวแปรตาม 27
4.1.2.3 ตัวแปรคงที่ 27
4.1.3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ 29
4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 29
4.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำ 29
4.4 ไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง 29
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 31
5.1 การเตรียมโคแอกกูแลนต์จากไคโทแซน 31
5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไคโทแซน 32
5.1.2 การเตรียมไคโทแซนในรูปสารละลาย 32
5.2 การวัดประจุไฟฟ้าของสารละลายโคแอกกูแลนต์ 33
5.3 การทดลองใช้สารละลายไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 40
5.3.2 ผลกระทบที่มีต่อพีเอชและค่าความเป็นด่างของน้ำหลังการตกตะกอน 51
5.3.3 การทดลองกับน้ำดิบจากคลองประปา 51
5.3.4 การนำไปใช้งาน 55
5.4 การใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด 55
5.4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น 55
5.4.2 ผลกระทบต่อพีเอช สภาพด่างของน้ำและอิทธิพลต่อพีเอช 77
5.4.3 การทดสอบกับน้ำดิบจากคลองประปา 78
5.4.4 การนำไปใช้งาน 78
5.5 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอด 82
5.5.1 ค่าใช้จ่ายในการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 82
5.5.2 ค่าใช้จ่ายในการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด 83
5.6 การนำไปประยุกต์ใช้ในงานผลิตน้ำประปา 83
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 87
บทที่ 7 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยเพิ่มเติม 89
รายการอ้างอิง 90
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง 96
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ 123
ภาคผนวก ค ค่าใช้จ่ายในด้านสารเคมี 129
ประวัติผู้เขียน 132

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบอัตราเร็วในการตกตะกอนของสารต่างๆ 4
ตารางที่ 3.2 แสดงแหล่งกำเนิดต่างๆของไคตินที่มีอยู่ในธรรมชาติ 17
ตารางที่ 4.1 การทดลองจาร์เทสต์สำหรับการเตรียมโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอด จากไคโทแซน 28
ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง 32
ตารางที่ 5.2 ค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆของจิราพร สนมาวรรณ 34
ตารางที่ 5.3 ค่าประจุของสารละลายสารส้มที่พีเอชต่างๆของสุชาติ สถิตย์มั่นในธรรม 35
ตารางที่ 5.4 ค่าประจุของสารละลายสารส้ม ของเบ็ญจา โสรัจจาภินันท์ 37
ตารางที่ 5.5 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุลบ 39
ตารางที่ 5.6 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุบวก 41
ตารางที่ 5.7 ค่าประจุของสารละลายไคโทแซน 42
ตารางที่ 5.8 ค่าประจุของสารละลายไคโทแซนและกรดอะซิติก 43
ตารางที่ 5.9 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 44
ตารางที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 47
ตารางที่ 5.11 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของการใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ 53
ตารางที่ 5.12 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบจากคลองประปาเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 54
ตารางที่ 5.13 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม 57
ตารางที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม 60
ตารางที่ 5.15 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม 63
ตารางที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม 66
ตารางที่ 5.17 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด ร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม 73
ตารางที่ 5.19 ค่าความขุ่นและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบจากคลองประปา ตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด..... 79
ตารางที่ 5.20 ค่าความขุ่นและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำดิบจากคลองประปา ตัวอย่างที่ 2 เมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด..... 80
ตารางที่ 5.21 ค่าใช้จ่ายของการใช้ไคโทแซนและสารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์ 84
ตารางที่ 5.22 ค่าใช้จ่ายของการใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้ม 85
ตารางที่ 5.23 ข้อดีและข้อเสียของการใช้โคแอกกูแลนต์เอดจากไคโทแซน 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 แรงระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ที่ระยะห่างต่างๆ 6
รูปที่ 3.2 ผลของการเติมไอออนที่มีประจุตรงข้ามให้กับอนุภาคคอลลอยด์ 7
รูปที่ 3.3 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชั่นโดยกลไกการดูดติดและทำลายเสถียรภาพ และกลไกแบบจับอนุภาคไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น 7
รูปที่ 3.4 กลไกการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์แบบเชื่อมต่อด้วยโพลีเมอร์ 8
รูปที่ 3.5 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม 11
รูปที่ 3.6 การจัดเรียงตัวของโพลีเมอร์บนอนุภาคที่มีประจุตรงกันข้าม 14
รูปที่ 3.7 โครงสร้างของไคติน 19
รูปที่ 4.1 ภาชนะสมานตะกอน 30
รูปที่ 4.2 เครื่องจาร์เทสต์และภาชนะสมานตะกอน 30
รูปที่ 5.1 ลักษณะเกล็ดของไคโทแซนที่ใช้ในการทดลอง 31
รูปที่ 5.2 ค่าประจุของสารละลายสารส้มของจิราพร สนมาวรรณ 34
รูปที่ 5.3 ค่าประจุของสารละลายสารส้มของสุชาติ สถิตย์มั่นในธรรม 36
รูปที่ 5.4 ค่าประจุของสารละลายสารส้มของเบ็ญจา โสรัจจาภินันท์ 37
รูปที่ 5.5 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุลบ 39
รูปที่ 5.6 ค่าประจุของสารละลายโพลีเมอร์ประจุบวก 41
รูปที่ 5.7 ค่าประจุของสารละลายไคโทแซน 42
รูปที่ 5.8 ค่าประจุของสารละลายไคโทแซนและกรดอะซิติก 43
รูปที่ 5.9 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 45
รูปที่ 5.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์ 48
รูปที่ 5.11 ค่าความขุ่นหลังและประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของการใช้ไคโทแซน เป็นโคแอกกูแลนต์ในปริมาณที่เหมาะสม 52
รูปที่ 5.12 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำจากคลองประปาเมื่อใช้ไคโทแซนเป็น โคแอกกูแลนต์ 54
รูปที่ 5.13 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับ สารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม 58

หน้า

รูปที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 70 ของปริมาณที่เหมาะสม 61
รูปที่ 5.15 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม 64
รูปที่ 5.16 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 50 ของปริมาณที่เหมาะสม 67
รูปที่ 5.17 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม 71
รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มที่ร้อยละ 30 ของปริมาณที่เหมาะสม 74
รูปที่ 5.19 ลักษณะของฟล้อคที่เกิดจากสารส้มอย่างเดียว 76
รูปที่ 5.20 ลักษณะของฟล้อคที่เกิดจากสารส้มและไคโตแซน 76
รูปที่ 5.21 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบตัวอย่างที่ 1 จากคลองประปาเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด 81
รูปที่ 5.22 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบตัวอย่างที่ 2 จากคลองประปาเมื่อใช้ไคโทแซนเป็นโคแอกกูแลนต์เอด 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย