โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากเมล็ดมะขาม

นางสาว เบ็ญจา โสรัจจาภินันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2536

ISBN 974-582-730-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

019777

Tamarind Seeds as Coagulant and Coagulant Aid

Miss Benja Soratjapinant

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-582-730-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากเมล็ดมะขาม
โดย นางสาวเบ็ญจา โสรัจจาภินันท์
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุรีย์ ขาวเธียร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เปิญจา โสรัจจาภินันท์ : โคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดจากเมล็ดมะขาม (TAMARIND SEEDS AS COAGULANT AND COAGULANT AID) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 251 หน้า. ISBN 974-582-730-4

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอด สำหรับงานผลิตน้ำประปาในห้องปฏิบัติการ ในการทดลองจะเตรียมสารละลายผงแป้งเมล็ดมะขามด้วยวิธีการต่าง ๆ และตรวจสอบประจุไฟฟ้าของสารละลายด้วยวิธีการไตเตรตคอลลอยด์ จากนั้นจึงทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นโคแอกกูแลนต์และโคแอกกูแลนต์เอดด้วยวิธีการจาร์เทสต์โดยใช้น้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลินที่มีค่าความขุ่น 20-1000 NTU และใช้น้ำดิบจากคลองประปา

จากการเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขามพบว่า เมล็ดที่ผ่านการอบจะสามารถแยกเปลือกเมล็ดออกได้ง่ายกว่าเมล็ดดิบ สำหรับการเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขามให้เป็นสารละลายนั้นสามารถใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยในการละลายได้เช่นเดียวกับการใช้ความร้อน แต่วิธีการที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะสามารถทำได้สะดวกกว่า เมื่อนำสารละลายผงแป้งเมล็ดมะขามมาทำการตรวจสอบประจุพบว่า สารละลายที่เตรียมได้มีประจุลบ ผลการวิจัยพบว่า เมล็ดมะขามไม่สามารถใช้เป็นโคแอกกูแลนต์ตามลำพังได้ดี เนื่องจากสามารถลดความขุ่นของน้ำดิบได้เพียงร้อยละ 30-60 แต่สามารถใช้เป็นโคแอกกูแลนต์เอกร่วมกับสารส้มได้ดี ฟล็อกที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่ ทำให้สามารถตกตะกอนได้เร็วกว่าฟล็อกที่เกิดจากการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อน้ำดิบมีความขุ่นตั้งแต่ 100 NTU ขึ้นไป การใช้ผงแป้งเมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนต์เอดสามารถลดค่าความขุ่นที่เหลือให้ต่ำกว่าใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวได้

จากผลวิจัยในครั้งนี้ พบว่า สามารถใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนต์เอดสำหรับน้ำดิบที่มีความขุ่นสูงในงานผลิตน้ำประปาแทนการใช้โพลีอิเลคโทรไลต์สังเคราะห์ เพื่อช่วยลดเวลาในการตกตะกอนได้ การใช้โคแอกกูแลนต์เอดจากเมล็ดมะขามจะทำให้ได้น้ำที่สะอาดและปลอดภัยสำหรับการบริโภค นอกจากนี้ยังเป็นการนำเอาเมล็ดมะขามซึ่งเป็นผลพลอยได้จากผลิตผลทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C416830 : MAJOR SANITARY ENGINEERING
KEY WORD: : TAMARIND / COAGULANT / COAGULANT AID / POLYELECTROLYTE
BENJA SORATJAPINANT : TAMARIND SEEDS AS COAGULANT AND COAGULANT AID.
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MUNSIN TANTOONVEST, Ph.D. 251 pp.
ISBN 974-582-730-4

This experimental research was to stydy the application of tamarind seeds as coagulant and coagulant aid in water treatment. The coagulant soultion was prepared from tamarind seeds by difference methods and the electrical charge of coagulant solution was measured by colloid titration method. The effectiveness of tamarind seeds as coagulant and coagulant aid were measured by jar test methods. Both synthetic raw water and natural raw water from Klong Prapa were studied.

In preparing tamarind kernel powder, the testae could be easier removed from the roasted seeds than the raw ones. The dissolution of the powder could be done either by heating or by using sodium hydroxide. The later was preferable. Experiments revealed the negative charge of coagulant from tamarind seed. As coagulant, tamarind seeds did not produce good clarification. The efficiency in turbidity removal was only 30-60%. When using as coagulant aid, they could make floc larger and improve settleability. Furthermore, When water turbidity greater than 100 ntu, the tamarind seeds would be more effective and would produce clearer water than using alum alone.

This findings showed that tamarind seed could be used as coagulant aid, as substitute for synthetic polyelectrolyte, in water treatment to improve settleability of flocs. Tamarind seeds had an advantage over synthetic polyelectrolyte because of their safety to human health. Moreover, additional advantage will be gained by the application of tamarind seeds in water supply industry since tamarind seeds, as agricultural waste, is reused.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2535 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาแนะนำแนวทางในการวิจัยและให้คำปรึกษาในด้านวิชาการต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้เขียน จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้เขียน

ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการวิจัยด้วยดีมาตลอด

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทางภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกทำให้การทดลองวิจัยเป็นด้วยดี

ค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งในการวิจัยได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ความดีทั้งหลายในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่บุพการีซึ่งให้การสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญรูป..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

บทที่ 2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย..... 3

2.1 วัตถุประสงค์..... 3

2.2 ขอบเขตการวิจัย..... 3

บทที่ 3 ทบทวนเอกสาร..... 4

3.1 ความสำคัญของโคแอกกูเลชั่น..... 4

3.2 การเกิดเสถียรภาพของคอลลอยด์..... 4

3.3 การทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์..... 6

3.4 การควบคุมกระบวนการโคแอกกูเลชั่น..... 9

3.5 โคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม..... 10

3.5.1 เคมีของสารส้มในน้ำ..... 10

3.5.2 กลไกโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม..... 12

3.6 โคแอกกูเลชั่นด้วยโพลีอิเลคโตรไลท์..... 14

3.6.1 กลไกการทำลายเสถียรภาพด้วยโพลีอิเลคโตรไลท์..... 14

3.6.2 การใช้โพลีอิเลคโตรไลท์เป็นโคแอกกูแลนท์และ

โคแอกกูแลนท์เอด..... 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7 ผลกระทบซึ่งอาจเกิดจากการใช้สารส้มและโพลีอิเลคโตรไลท์สังเคราะห์..... 18
3.7.1 ผลกระทบซึ่งอาจเกิดจากการใช้สารส้ม..... 18
3.7.2 ผลกระทบซึ่งอาจเกิดจากการใช้โพลีอิเลคโตรไลท์สังเคราะห์..... 19
3.8 โพลีอิเลคโตรไลท์จากวัสดุธรรมชาติ..... 19
3.8.1 ชนิดของโพลีอิเลคโตรไลท์จากแหล่งธรรมชาติ..... 19
3.8.2 การใช้โพลีอิเลคโตรไลท์ในงานปรับปรุงคุณภาพน้ำ..... 21
3.9 เมล็ดมะขาม..... 25
3.9.1 การใช้ประโยชน์จากเมล็ดมะขาม..... 25
3.9.2 องค์ประกอบของเมล็ดมะขาม..... 25
3.9.3 การเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 27
3.9.4 ความปลอดภัยในการใช้เมล็ดมะขาม..... 28
บทที่ 4 แผนงานและการดำเนินการวิจัย..... 29
4.1 แผนการดำเนินงานวิจัย..... 29
4.2 การเตรียมการทดลอง..... 30
4.2.1 การเตรียมน้ำขุ่นสังเคราะห์..... 30
4.2.2 การเตรียมสารเคมี..... 31
4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง..... 34
4.3 การเตรียมโคแอกกูแลนท์จากเมล็ดมะขาม..... 36
4.3.1 การเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 36
4.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 37
4.3.3 การเตรียมสารละลายผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 37
4.4 การวัดประจุของสารละลายโคแอกกูแลนท์..... 39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นโคแอกกูแลนท์และ
โคแอกกูแลนท์เอด..... 41
4.5.1 ตัวแปรในการทดลอง..... 41
4.5.2 การทดลองจาร์เทสต์..... 42
4.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำใส..... 44
4.6 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและเสนอแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้.. 45
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 46
5.1 การเตรียมโคแอกกูแลนท์จากเมล็ดมะขาม..... 46
5.1.1 การเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 46
5.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 48
5.1.3 การเตรียมสารละลายผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 51
5.2 การวัดประจุของสารละลายโคแอกกูแลนท์..... 53
5.3 การใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 60
5.3.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น..... 60
5.3.2 ผลกระทบต่อพีเอชและความเป็นด่างของน้ำ
และอิทธิพลของพีเอช..... 65
5.3.3 การทดสอบความเสื่อมของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 69
5.3.4 การทดสอบกับน้ำดิบจากคลองประปา..... 73
5.3.5 การนำไปใช้งาน..... 73
5.4 การใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์เอด..... 75
5.4.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น..... 75
5.4.2 การทดสอบความเสื่อมของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 85
5.4.3 การทดสอบกับน้ำดิบจากคลองประปา..... 90
5.4.4 การนำไปใช้งาน..... 90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 การประเมินค่าใช้จ่ายในการใช้โคแอกกูแลนท์เอดจาก
เมล็ดมะขาม..... 93
5.6 การนำไปประยุกต์ใช้ในงานผลิตน้ำประปา..... 96
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง..... 97
บทที่ 7 ข้อแนะนำสำหรับงานวิจัยเพิ่มเติม..... 101
เอกสารอ้างอิง..... 102
ภาคผนวก ก ผลการวัดประจุของสารละลายโคแอกกูแลนท์..... 105
ภาคผนวก ข ผลการทดลองจาร์เทสต์..... 125
ภาคผนวก ค ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบแต่ละความขุ่น..... 212
ประวัติผู้เขียน..... 251

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 โคแอกกูแลนท์จากพืชชนิดต่างๆ..... 22

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 37

ตารางที่ 4.2 สารละลายผงแป้งเมล็ดมะขามที่ใช้ในการทดลอง..... 38

ตารางที่ 4.3 การทดลองสำหรับสารละลายผงแป้งเมล็ดมะขามแต่ละแบบ..... 43

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งเมล็ดมะขาม.... 49

ตารางที่ 5.2 ค่าประจุของสารส้มที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 54

ตารางที่ 5.3 ค่าประจุของสารส้มที่ค่าพีเอชต่างๆ..... 54

ตารางที่ 5.4 ค่าประจุของโพลีเมอร์ที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 55

ตารางที่ 5.5 ค่าประจุของโพลีเมอร์ที่ค่าพีเอชต่างๆ..... 55

ตารางที่ 5.6 ค่าประจุของผงแป้งเมล็ดมะขามที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 57

ตารางที่ 5.7 ค่าประจุของผงแป้งเมล็ดมะขามที่พีเอชต่างๆ..... 57

ตารางที่ 5.8 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็น
โคแอกกูแลนท์..... 61

ตารางที่ 5.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็น
โคแอกกูแลนท์..... 62

ตารางที่ 5.10 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน เมื่อใช้สารส้มเป็น
โคแอกกูแลนท์..... 67

ตารางที่ 5.11 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็น
โคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50..... 76

ตารางที่ 5.12 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น เมื่อใช้เมล็ดมะขาม
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50..... 77

ตารางที่ 5.13 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็น
โคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25..... 79

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.14 ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น เมื่อใช้เมล็ดมะขาม
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25..... 80
ตารางที่ 5.15 ค่าสารเคมีเปรียบเทียบเมื่อใช้สารส้มอย่างเดียวและ
ใช้โคแอกกูแลนท์เอดจากเมล็ดมะขาม..... 95
ตารางที่ 5.16 ข้อดีข้อเสียของการใช้โคแอกกูแลนท์เอดจากเมล็ดมะขาม..... 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 3.1 แรงระหว่างอนุภาคคอลลอยด์ที่ระยะห่างต่างๆ..... 5

รูปที่ 3.2 ผลของการเติมไอออนที่มีประจุตรงข้ามให้กับคอลลอยด์..... 7

รูปที่ 3.3 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชั่นโดยกลไกการดูดติดและทำลายเสถียรภาพ และกลไกแบบจับอนุภาคไว้ในผลึกสารประกอบที่สร้างขึ้น..... 7

รูปที่ 3.4 ลักษณะการเกิดโคแอกกูเลชั่นโดยกลไกการใช้โพลีเมอร์เป็น สะพานเชื่อมต่อระหว่างอนุภาค..... 8

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำจาร์เทสต์..... 9

รูปที่ 3.6 Stability diagram ของสารส้มในน้ำที่ไม่มีความขุ่น..... 11

รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมที่ใช้ในการออกแบบและควบคุมโคแอกกูเลชั่นด้วยสารส้ม... 13

รูปที่ 3.8 กลไกการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์แบบเชื่อมต่อ ด้วยโพลีเมอร์..... 15

รูปที่ 3.9 การจัดเรียงตัวของโพลีอิเลคโตรไลท์ประจุบวกบนอนุภาคซึ่ง มีความเข้มของประจุลบต่ำ..... 16

รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของมะขามโดยประมาณ..... 26

รูปที่ 4.1 ภาชนะสมานตะกอนที่ใช้ในการทดลอง..... 35

รูปที่ 4.2 เครื่องจาร์เทสต์และภาชนะสมานตะกอน..... 35

รูปที่ 4.3 สีของตัวอย่างที่มีประจุต่างๆกัน..... 40

รูปที่ 5.1 การเตรียมผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 47

รูปที่ 5.2 ผงแป้งเมล็ดมะขามที่เตรียมได้จากวิธีทั้งสอง..... 47

รูปที่ 5.3 องค์ประกอบทางเคมีของผงแป้งเมล็ดมะขาม..... 49

รูปที่ 5.4 การเตรียมสารละลายตามวิธีที่ 1..... 52

รูปที่ 5.5 การเตรียมสารละลายตามวิธีที่ 2..... 52

รูปที่ 5.6 ประจุของสารส้มที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 54

รูปที่ 5.7 ประจุของสารส้มความเข้มข้น 20 มก./ล. ที่พีเอชต่างๆ..... 54

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.8 ประจุของโพลีเมอร์ประจุลบที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 55
รูปที่ 5.9 ประจุของโพลีเมอร์ประจุลบเข้มข้น 3 มก./ล. ที่พีเอชต่างๆ..... 55
รูปที่ 5.10 ประจุของผงแป้งเมล็ดมะขามที่ค่าความเข้มข้นต่างๆ..... 57
รูปที่ 5.11 ประจุของผงแป้งเมล็ดมะขามเข้มข้น 20 มก./ล. ที่พีเอชต่างๆ 58
รูปที่ 5.12 ประจุของผงแป้งเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับโพลีเมอร์ประจุลบ..... 59
รูปที่ 5.13 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงประจุของผงแป้งเมล็ดมะขาม 20 มก./ล. และโพลีเมอร์ประจุลบ 3 มก./ล. ที่ค่าพีเอชต่างๆ..... 59
รูปที่ 5.14 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่ความขุ่นต่างๆ เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 63
รูปที่ 5.15 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่ความขุ่นต่างๆ เมื่อใช้เมื่อใช้สารละลายผงแป้งเมล็ดมะขามแต่ละแบบเป็นโคแอกกูแลนท์.... 64
รูปที่ 5.16 ความขุ่นหลังการตกตะกอนเมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 66
รูปที่ 5.17 ประสิทธิภาพในการใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 67
รูปที่ 5.18 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่ความขุ่นต่างๆ เมื่อใช้เมล็ดมะขามและสารส้มเป็นโคแอกกูแลนท์..... 68
รูปที่ 5.19 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่มีพีเอชต่างกัน เมื่อใช้เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 70
รูปที่ 5.20 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เมื่อใช้ผงแป้งเมล็ดมะขามที่มีอายุการเก็บ 0, 1 และ 2 เดือน เป็นโคแอกกูแลนท์.. 71
รูปที่ 5.21 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เปรียบเทียบเมื่อใช้ผงแป้งเมล็ดมะขามที่มีอายุ 0, 1 และ 2 เดือน เป็นโคแอกกูแลนท์.. 72

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.22 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบจากคลองประปา เมื่อใช้
เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์..... 74
รูปที่ 5.23 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่มีความขุ่นต่างๆ เมื่อใช้
เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50 78
รูปที่ 5.24 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบที่มีความขุ่นต่างๆ เมื่อใช้
เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25 81
รูปที่ 5.25 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอน เปรียบเทียบระหว่างเมื่อใช้สารส้ม
เพียงอย่างเดียวกับใช้โคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50.... 82
รูปที่ 5.26 ค่าความขุ่นหลังการตกตะกอนเปรียบเทียบระหว่าง เมื่อใช้สารส้ม
เพียงอย่างเดียวกับใช้โคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25.... 83
รูปที่ 5.27 การตกตะกอนเมื่อมีการใช้โคแอกกูแลนท์เอดจากเมล็ดมะขาม..... 84
รูปที่ 5.28 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เมื่อใช้ผงแป้ง
เมล็ดมะขามที่มีอายุการเก็บ 0, 1 และ 2 เดือน
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50..... 86
รูปที่ 5.29 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เปรียบเทียบเมื่อใช้
ผงแป้งเมล็ดมะขามที่มีอายุการเก็บ 0, 1 และ 2 เดือน
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50..... 87
รูปที่ 5.30 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เมื่อใช้ผงแป้ง
เมล็ดมะขามที่มีอายุการเก็บ 0, 1 และ 2 เดือน
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25..... 88
รูปที่ 5.31 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบ 200 ntu เปรียบเทียบเมื่อใช้
ผงแป้งเมล็ดมะขามที่มีอายุการเก็บ 0, 1 และ 2 เดือน
เป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25..... 89

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.32 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบจากคลองประปา เมื่อใช้
เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 50..... 91
รูปที่ 5.33 ความขุ่นหลังการตกตะกอนของน้ำดิบจากคลองประปา เมื่อใช้
เมล็ดมะขามเป็นโคแอกกูแลนท์เอดร่วมกับสารส้มร้อยละ 25 92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย