การกำจัดสีน้ำกากส่าระหว่างการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์
ร่วมกับแกลบเผา หรือซิลิกาอะลูมินา หรือเถ้าลอย

นายอำนาจ ฐิตศิริวิริยะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN : 974-17-3773-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21174799

COLOR REMOVAL IN DISTILLERY SLOP USING POLYALUMINIUM CHLORIDE WITH BURNED HUSK OR SILICA-ALUMINA OR FLY ASH

Mr.Amnard Titasiriviriya

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-3773-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดสีน้ำกากส่าระหว่างการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับแกลบเผาหรือซิลิกาอะลูมินา หรือเถ้าลอย
โดย	นายอำนาจ ฐิตศิริวิริยะ
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยง โล่ห์วงศ์วัฒน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ เกรอต)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เขมรัฐ โอสถาพันธุ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อำนาจ ฐิตศิริวิริยะ : การกำจัดสีน้ำกากส่าระหว่างการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับแกลบเผาหรือซิลิกาอะลูมินา หรือเถ้าลอย (COLOR REMOVAL IN DISTILLERY SLOP USING POLYALUMINIUM CHLORIDE WITH BURNED HUSK OR SILICA-ALUMINA OR FLY ASH) อ.ปรึกษา : รศ.ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 247 หน้า. ISBN 974-17-3773-4

งานวิจัยนี้ศึกษาความสามารถในการกำจัดสีน้ำกากส่า โดยใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์เป็นโคแอกูแลนท์ ร่วมกับวัสดุเหลือทิ้ง คือ แกลบเผา ซิลิกาอะลูมินา และเถ้าลอย ที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 และ 200 เมช สำหรับใช้เป็นแกนเกาะในกระบวนการโคแอกูเลชัน ทำการทดลองโดยใช้จาร์เทสโดยใช้อัตราการกวนเร็วที่ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที อัตราการกวนช้าที่ 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และเวลาในการรวมตะกอน 1 ชั่วโมง น้ำกากส่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 ประเภท คือ น้ำกากส่าที่ผ่านการบำบัดโดยบ่อบำบัดทางชีวภาพ โดยการเก็บกักในบ่อระยะเวลา 392 วัน ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเจือจางด้วยน้ำ 5 เท่า มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 8.1–8.3 ค่าตะกอนแขวนลอยอยู่ระหว่าง 200–500 มก./ล. ค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 4,600–4,900 มก./ล. และค่าความเข้มสีประมาณ 900–1,200 เอสยู และน้ำกากส่าที่ไม่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพ ลักษณะสมบัติของน้ำเสียเจือจางด้วยน้ำ 5 เท่า มีค่าตะกอนแขวนลอยอยู่ระหว่าง 900–1,000 มก./ล. ค่าซีโอดีอยู่ระหว่าง 16,000–17,000 มก./ล. ค่าความเข้มสีประมาณ 1,300–1,500 เอสยู และปรับค่าพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 8.1–8.3 ผลการทดลองโดยใช้น้ำกากส่าที่ผ่านระบบบำบัดทางชีวภาพ พบว่าการใช้ปริมาณโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 8 กรัม/ลิตร สามารถกำจัดสีได้ 94.64% มีชั้นตะกอน 85% และกำจัดค่าซีโอดี 82.78% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสม คือ การใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 8 กรัม/ลิตร ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช ปริมาณ 30 กรัม/ลิตร สามารถกำจัดสีได้ 92.16% มีชั้นตะกอน 40% กำจัดค่าซีโอดี 81.35% และเสียค่าใช้จ่าย 86.6 บาท/ลบ.ม.น้ำกากส่า ส่วนผลการศึกษาน้ำกากส่าที่ไม่ผ่านระบบบำบัดทางชีวภาพ พบว่าการใช้ปริมาณโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 กรัม/ลิตร สามารถกำจัดสีได้ 65.89% มีชั้นตะกอน 42% และกำจัดค่าซีโอดี 29.90% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสม คือ การใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 10 กรัม/ลิตร ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช ปริมาณ 10 กรัม/ลิตร สามารถกำจัดสีได้ 60.66 มีชั้นตะกอน 22% กำจัดค่าซีโอดี 25.89% และเสียค่าใช้จ่าย 165.2 บาท/ลบ.ม.น้ำกากส่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2546.....

##4470660121 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING
KEY WORD : COAGULATION / COLOUR REMOVAL / DISTILLERY SLOP
AMNARD TITTASIRIVIRIYA : COLOR REMOVAL IN DISTILLERY SLOP USING POLYALUMINIUM CHLORIDE WITH BURNED HUSK OR SILICA-ALUMINA OR FLY ASH
THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. PETCHPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D., 247 pp
ISBN 974-17-3773-4

This research investigated the possibility of enhancing the color removal efficiency in distillery slop using polyaluminium chloride with burned husk, silica alumina and fly ash as a core coagulant in the coagulation process. The experiment was carried out by using the Jar Test. The samples were mixed by rapid mixing at 100 rpm for 1 minute followed by slow mixing at 20 rpm for 20 minutes. They were then left to sedimentate for 1 hour. There are 2 type of the distillery slop in this research. The first one was distillery slop treated by an oxidation pond at a retention time of 392 days. The characteristics of wastewater which was diluted with water 5 times were as follows: pH, 8.1 – 8.3; suspended solids, 200 – 500 mg/l; COD, 4,600 – 4,900 mg/l; and color intensity, 900 – 1,000 SU. The other type of distillery slop was not treated by a biological treatment. The characteristics of wastewater which was diluted with water 5 times were as follows: suspended solids, 200 – 500 mg/l; COD, 4,600 – 4,900 mg/l; color intensity, 900 – 1,000 SU, adjusted pH about, 8.1 – 8.3 by sodium hydroxide. The experimental results of the distillery slop treated by a biological treatment indicated that by using polyaluminium chloride at 8 g/l, the color removal efficiency was at 94.64% with a sedimentation of 85%. and COD removal efficiency of 82.78%. By comparison, using polyaluminium chloride (8 g/l) with fly ash at 30 g/l (at sieve number 200 mesh) as a core coagulant, the results indicated that the color removal efficiency was at 92.16% with a sedimentation of 44%, COD removal efficiency of 81.35%. The estimated cost was 86.6 bath/m^3 of distillery slop. The result of distillery slop which was not treated by a biological treatment indicated that by using polyaluminium chloride at 10 g/l, the color removal efficiency was at 65.89% with a sedimentation of 42% and COD removal efficiency of 29.90%. By comparison, using polyaluminium chloride (10 g/l) with fly ash at 10 g/l (at sieve number 200 mesh) as a core coagulant, the results indicated that the color removal efficiency was at 60.66% with a sedimentation of 22%, COD removal efficiency of 25.89%. The estimated cost was 165.2 bath/m^3 of distillery slop.

Department ...Environmental Engineering.....Student's Signature .....
Field of Study ..Environmental Engineering.....Advisor's Signature .....
Academic year .....2003.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้เขียน และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ จนทำให้ผู้เขียนสามารถเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณบริษัท ไทยพีเอซี อินดัสตรี จำกัด ที่ให้โซเลอะลูมิเนียมคลอไรด์สำหรับใช้ทดลองในงานวิจัย ขอขอบพระคุณบริษัท สุราแสงโสม จำกัด ที่อนุญาตให้นำน้ำเสียเพื่อมาใช้ในงานวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของโรงงาน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บน้ำเสียเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ มูลนิธิ ชิน โสภณพนิช และบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับเงินทุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโททุกท่าน ที่ได้ให้ทั้งคำแนะนำ ช่วยเหลือ พร้อมทั้งกำลังใจที่ดีต่างๆ เสมอมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จลงได้

สุดท้ายนี้ ที่มิอาจจะลืมกล่าวขอบพระคุณได้ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนพี่ๆ ของผู้เขียนที่คอยหล่อหลอม จนทำให้ผู้เขียนมีวันนี้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร 4

2.1 ลักษณะน้ำกากส่า 4

2.2 แนวทางการจัดการน้ำกากส่า 7

2.3 ทฤษฎีการตกตะกอน 13

2.4 โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 20

2.5 วัสดุแกนเกาะ 23

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

บทที่ 3 แผนการดำเนินการวิจัย 31

3.1 แผนการทดลอง 31

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง 33

3.3 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 33

3.4 วิธีการทดลอง 34

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 40

4.1 คุณสมบัติน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน ที่ใช้ในการทดลอง 40

4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน โดยใช้ PACl 40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน โดยใช้ PACl ร่วมกับแกลบเผา 43
4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน โดยใช้ PACl ร่วมกับเถ้าลอย 58
4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน โดยใช้ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินา 74
4.6 คุณสมบัติน้ำกากส่าสดที่ใช้ในการทดลอง 93
4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดโดยใช้ PACl 93
4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดโดยใช้ PACl ร่วมกับแกลบเผา 96
4.9 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดโดยใช้ PACl ร่วมกับเถ้าลอย 112
4.10 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดโดยใช้ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินา 128
4.11 ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดี 147
4.12 การศึกษาขนาดอนุภาคของตะกอน 149
4.13 ประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้น 150

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 151
5.1 น้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน 151
5.2 น้ำกากส่าสด 151
5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 154

รายการอ้างอิง 155

ภาคผนวก 159
ภาคผนวก ก ผลการทดลองการปรับความเร็ว และเวลาของการกวนเร็ว และการกวนช้า 160
ภาคผนวก ข ผลการทดลองกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน 163
ภาคผนวก ค ผลการทดลองกำจัดสีน้ำกากส่าสด 195
ภาคผนวก ง ผลการทดลองหาขนาดอนุภาคตะกอน 227
ภาคผนวก จ รายการคำนวณการประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้น 242

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 247

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะโดยเฉลี่ยของน้ำกากส่าจากโรงงานผลิตสุรากรมสรรพสมิต 32 โรง 7
ตารางที่ 2.2 ผลการทดลองการกำจัดสี Indigo dye โดยใช้ระบบเคมีไฟฟ้า 12
ตารางที่ 2.3 ข้อมูลจำเพาะของโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้ในการทดลอง 22
ตารางที่ 2.4 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของแกลบเผา 23
ตารางที่ 2.5 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของซิลิกาอะลูมินา 23
ตารางที่ 2.6 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบออกไซด์หลักของเถ้าลอยหินจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 24
ตารางที่ 2.7 ผลการกำจัดสีน้ำเสียสีย้อมประเภทต่างๆ 28
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน ที่ใช้ในการทดลอง 40
ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช 45
ตารางที่ 4.3 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช ที่เหมาะสม 47
ตารางที่ 4.4 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช 50
ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช 53
ตารางที่ 4.6 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช ที่เหมาะสม 53
ตารางที่ 4.7 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช 58
ตารางที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช 61
ตารางที่ 4.9 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช ที่เหมาะสม 63
ตารางที่ 4.10 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช 66
ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช 69
ตารางที่ 4.12 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช ที่เหมาะสม 71
ตารางที่ 4.13 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช 74
ตารางที่ 4.14 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 100 เมช .. 77
ตารางที่ 4.15 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 100 เมช 79
ตารางที่ 4.16 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 100 เมช 82
ตารางที่ 4.17 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 200 เมช .. 85
ตารางที่ 4.18 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 200 เมช 87
ตารางที่ 4.19 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 200 เมช 90
ตารางที่ 4.20 คุณสมบัติน้ำกากส่าสดที่ใช้ในการทดลอง 93
ตารางที่ 4.21 การวิเคราะห์คุณลมบัติน้ำกากส่าของโรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม 94
ตารางที่ 4.22 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช 99
ตารางที่ 4.23 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช 101

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.24 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 100 เมช 104
ตารางที่ 4.25 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช 107
ตารางที่ 4.26 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช 109
ตารางที่ 4.27 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับแกลบเผาขนาด 200 เมช 112
ตารางที่ 4.28 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช 115
ตารางที่ 4.29 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช 117
ตารางที่ 4.30 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 100 เมช 120
ตารางที่ 4.31 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช 123
ตารางที่ 4.32 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช 125
ตารางที่ 4.33 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับเถ้าลอยขนาด 200 เมช 128
ตารางที่ 4.34 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินา
ขนาด 100 เมช 131
ตารางที่ 4.35 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 100 เมช 133
ตารางที่ 4.36 ตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 100 เมช 136
ตารางที่ 4.37 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินา
ขนาด 200 เมช 139
ตารางที่ 4.38 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 200 เมช 141
ตารางที่ 4.39 ตะกอนแขวนลอยนน้ำกากส่าสดที่ปริมาณ PACl ร่วมกับซิลิกาอะลูมินาขนาด 200 เมช 144
ตารางที่ 4.40 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีของน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน 147
ตารางที่ 4.41 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าซีโอดีของน้ำกากส่าสด 148
ตารางที่ 4.42 ขนาดตะกอนของน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน 149
ตารางที่ 4.43 ขนาดตะกอนของน้ำกากส่าสด 150
ตารางที่ 4.44 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นสำหรับการกำจัดสีน้ำกากส่า 150
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองหลังการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน 151
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองหลังการกำจัดสีน้ำกากส่าสด 153

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตสุรา และจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานสุรา 5
รูปที่ 2.2 แสดงชั้นต่างๆ ที่ล้อมอนุภาค และอิทธิพลของระยะห่างอนุภาคที่มีอิทธิพลต่อแรงที่
กระทำระหว่างอนุภาค 15
รูปที่ 2.3 ผลของการเติมอิออนที่มีประจุตรงกันข้ามให้กับอนุภาคคอลลอยด์ 16
รูปที่ 2.4 กลไกการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์แบบต่อเชื่อมด้วยโพลีเมอร์ 18
รูปที่ 4.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่า 41
รูปที่ 4.2 ค่าพีเอชของน้ำกากส่า 41
รูปที่ 4.3 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่า 42
รูปที่ 4.4 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 43
รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 43
รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 44
รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 44
รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 44
รูปที่ 4.9 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 46
รูปที่ 4.10 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 46
รูปที่ 4.11 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 46
รูปที่ 4.12 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 47
รูปที่ 4.13 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 47
รูปที่ 4.14 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 48
รูปที่ 4.15 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 48
รูปที่ 4.16 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 49
รูปที่ 4.17 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 49
รูปที่ 4.18 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 49
รูปที่ 4.19 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 51
รูปที่ 4.20 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 51
รูปที่ 4.21 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 51
รูปที่ 4.22 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 52
รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 52
รูปที่ 4.24 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 54
รูปที่ 4.25 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 54

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.26 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 54
รูปที่ 4.27 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 55
รูปที่ 4.28 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 55
รูปที่ 4.29 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 56
รูปที่ 4.30 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 56
รูปที่ 4.31 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 57
รูปที่ 4.32 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 58
รูปที่ 4.33 ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 58
รูปที่ 4.34 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 58
รูปที่ 4.35 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 59
รูปที่ 4.36 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 59
รูปที่ 4.37 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 59
รูปที่ 4.38 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 59
รูปที่ 4.39 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 61
รูปที่ 4.40 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 62
รูปที่ 4.41 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 62
รูปที่ 4.42 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 62
รูปที่ 4.43 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 63
รูปที่ 4.44 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 64
รูปที่ 4.45 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 64
รูปที่ 4.46 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 64
รูปที่ 4.47 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 65
รูปที่ 4.48 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 65
รูปที่ 4.49 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 67
รูปที่ 4.50 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 67
รูปที่ 4.51 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 67
รูปที่ 4.52 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 68
รูปที่ 4.53 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 68
รูปที่ 4.54 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 69
รูปที่ 4.55 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.56 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 70
รูปที่ 4.57 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 70
รูปที่ 4.57 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 71
รูปที่ 4.59 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 72
รูปที่ 4.60 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 72
รูปที่ 4.61 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 72
รูปที่ 4.62 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 73
รูปที่ 4.63 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 73
รูปที่ 4.64 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 74
รูปที่ 4.65 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 75
รูปที่ 4.66 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 75
รูปที่ 4.67 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 75
รูปที่ 4.68 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 76
รูปที่ 4.69 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 77
รูปที่ 4.70 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 78
รูปที่ 4.71 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 78
รูปที่ 4.72 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 78
รูปที่ 4.73 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 79
รูปที่ 4.74 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 80
รูปที่ 4.75 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 80
รูปที่ 4.76 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 80
รูปที่ 4.77 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 81
รูปที่ 4.78 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 81
รูปที่ 4.79 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 82
รูปที่ 4.80 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 83
รูปที่ 4.81 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 83
รูปที่ 4.82 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 83
รูปที่ 4.83 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 84
รูปที่ 4.84 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 85
รูปที่ 4.85 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.86 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 86
รูปที่ 4.87 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 86
รูปที่ 4.88 ค่าพีเอชน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 87
รูปที่ 4.89 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 6 กรัม/ลิตร 88
รูปที่ 4.90 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 7 กรัม/ลิตร 88
รูปที่ 4.91 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 8 กรัม/ลิตร 88
รูปที่ 4.92 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 89
รูปที 4.93 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 89
รูปที่ 4.94 ภาพประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน
โดยใช้ PACl 8 กรัม/ลิตร ร่วมกับวัสดุแกนเกาะต่างๆ 91
รูปที่ 4.95 ภาพเปรียบเทียบความสูงของชั้นตะกอนก่อน และหลังการกำจัดสีน้ำกากส่า
ที่ผ่านบ่อเก็บกักระยะเวลา 392 วัน โดยใช้ PACl ร่วมกับวัสดุแกนเกาะต่างๆ 92
รูปที่ 4.96 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด 94
รูปที่ 4.97 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด 95
รูปที่ 4.98 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด 96
รูปที่ 4.99 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 97
รูปที่ 4.100 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 97
รูปที่ 4.101 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 97
รูปที่ 4.102 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 98
รูปที่ 4.103 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสดที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 98
รูปที่ 4.104 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสดที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 99
รูปที่ 4.105 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสดที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 100
รูปที่ 4.106 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสดที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 100
รูปที่ 4.107 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสดที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 100
รูปที่ 4.108 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสดที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 101
รูปที่ 4.109 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 102
รูปที่ 4.110 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 102
รูปที่ 4.111 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 102
รูปที่ 4.112 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 103
รูปที่ 4.113 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 103

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.114 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 105
รูปที่ 4.115 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 105
รูปที่ 4.116 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 105
รูปที่ 4.117 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 106
รูปที่ 4.118 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 106
รูปที่ 4.119 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 107
รูปที่ 4.120 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 108
รูปที่ 4.121 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 108
รูปที่ 4.122 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 108
รูปที่ 4.123 ค่าพีเอชของน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 109
รูปที่ 4.124 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 110
รูปที่ 4.125 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 110
รูปที่ 4.126 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 110
รูปที่ 4.127 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 111
รูปที่ 4.128 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 111
รูปที่ 4.129 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 112
รูปที่ 4.130 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 113
รูปที่ 4.131 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 113
รูปที่ 4.132 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 113
รูปที่ 4.133 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 114
รูปที่ 4.134 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 115
รูปที่ 4.135 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 116
รูปที่ 4.136 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 116
รูปที่ 4.137 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 116
รูปที่ 4.138 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 117
รูปที่ 4.139 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 118
รูปที่ 4.140 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 118
รูปที่ 4.141 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 118
รูปที่ 4.142 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 119
รูปที่ 4.143 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 119

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.144 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 121
รูปที่ 4.145 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 121
รูปที่ 4.146 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 121
รูปที่ 4.147 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 122
รูปที่ 4.148 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 122
รูปที่ 4.149 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 123
รูปที่ 4.150 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 124
รูปที่ 4.151 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 124
รูปที่ 4.152 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 124
รูปที่ 4.153 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 125
รูปที่ 4.154 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 126
รูปที่ 4.155 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 126
รูปที่ 4.156 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 126
รูปที่ 4.157 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 127
รูปที่ 4.158 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 127
รูปที่ 4.159 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 128
รูปที่ 4.160 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 129
รูปที่ 4.161 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 129
รูปที่ 4.162 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 129
รูปที่ 4.163 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 130
รูปที่ 4.164 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 131
รูปที่ 4.165 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 132
รูปที่ 4.166 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 132
รูปที่ 4.167 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 132
รูปที่ 4.168 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 133
รูปที่ 4.169 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าสดที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 134
รูปที่ 4.170 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าสดที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 134
รูปที่ 4.171 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าสดที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 134
รูปที่ 4.172 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าสดที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 135
รูปที่ 4.173 ปริมาณตะกอนแขวนลอยของน้ำกากส่าสดที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 135

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.174 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 136
รูปที่ 4.175 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 137
รูปที่ 4.176 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 137
รูปที่ 4.177 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 137
รูปที่ 4.178 ประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 138
รูปที่ 4.179 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 139
รูปที่ 4.180 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 140
รูปที่ 4.181 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 140
รูปที่ 4.182 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 140
รูปที่ 4.183 ค่าพีเอชน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 141
รูปที่ 4.184 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 9 กรัม/ลิตร 142
รูปที่ 4.185 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 10 กรัม/ลิตร 142
รูปที่ 4.186 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 11 กรัม/ลิตร 142
รูปที่ 4.187 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 12 กรัม/ลิตร 143
รูปที่ 4.188 ปริมาณตะกอนแขวนลอยน้ำกากส่าสด ที่ PACl 13 กรัม/ลิตร 143
รูปที่ 4.189 ภาพประสิทธิภาพการกำจัดสีน้ำกากส่าสด โดยใช้ PACl 10 กรัม/ลิตร
ร่วมกับวัสดุแกนเกาะต่างๆ 145
รูปที่ 4.190 ภาพเปรียบเทียบความสูงของชั้นตะกอนก่อนและหลังการกำจัดสีน้ำกากส่าสด
โดยใช้ PACl 10 กรัม/ลิตร ร่วมกับวัสดุแกนเกาะต่างๆ 146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย