6

การกำจัดสารอินทรีย์และสีพร้อมกันโดยใช้ระบบพีเอซี-แอคติเวตเทดสลัดจ์

นางสาวนวลละออ เนียมส่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-562-423-3

010527

I 18921815

SIMULTANEOUS ORGANICS AND COLOR REMOVAL BY PAC-ACTIVATED SLUDGE SYSTEM

Miss Nualaor Niamsaing

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

ISBN 974-562-423-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดสารอินทรีย์และสีพร้อมกันโดยใช้ระบบฟิเอซี-แอคติเวตเทดสลัดจ์

โดย นางสาวนวลละออ เนียมสอิ้ง

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ ธรรมิกรักษ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การกำจัดสารอินทรีย์และสีพร้อมกัน โดยใช้ระบบพีเอซี-แอคติเวตเทดสลัดจ์

ชื่อนิสิต นางสาวนวลละออ เนียมสอิ้ง

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2525

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การกำจัดสารอินทรีย์และสีพร้อมกันโดยระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์ ทำได้ง่าย ๆ โดยการเติมผงถ่านลงในถังเติมอากาศของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ ได้ทำการทดลองกับน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นจากสีย้อมฝ้าย 6 ประเภทด้วยกัน คือ สีรีแอคตีฟ ไดเรกท์ แวต ซัลเฟอร์ อะโซอิค และเมทัลลิค รวมทั้งสีรวมซึ่งเป็นสีผสมร่วมกันทั้ง 6 ประเภทดังกล่าว

ได้ใช้ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์แบบ เอส์บีอาร์ ทำการทดลองภายใต้อุณหภูมิห้อง โดยใช้อายุเลนตะกอน 10 วัน เป็นตัวควบคุมระบบ และใช้ค่าความเข้มข้นสีในน้ำทิ้งหลังการกำจัดเท่ากับหรือน้อยกว่า 300 เอดีเอ็มไอ เป็นเกณฑ์กำหนด

จากผลการทดลองพบว่า

- ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียสังเคราะห์จากสีย้อมเกือบทุกประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยกเว้นสีเมทัลลิค ระบบฯนี้ไม่สามารถกำจัดสีได้ ยกเว้นสีที่มีอนุภาคเป็นคอลลอยด์ อันสามารถตกตะกอนได้เองอยู่แล้ว ได้แก่ สีแวต ซัลเฟอร์ และอะโซอิค

- ระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์ มีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์และสีให้อยู่ในเกณฑ์กำหนดได้ ยกเว้นสีเมทัลลิค

- ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์ขึ้นอยู่กับประเภทของสีย้อมและปริมาณผงถ่าน ระบบฯสามารถกำจัดสีรีแอคตีฟได้โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 0.27 กรัม/ลบ.ดม. (8 บาท/ลบ.ม.) ส่วนสีย้อมที่ไม่ละลายน้ำเช่น สีแวต อะโซอิค และซัลเฟอร์ ไม่จำเป็น

ต้องใส่ผงถ่านก็สามารถกำจัดสีออกได้ดี ในการทดลองกับสีไดเรกท์ต้องใช้ปริมาณผงถ่านถึง 0.4 กรัม/ลบ.ดม. (12 บาท/ลบ.ม.) น้ำทิ้งหลังบำบัดจึงอยู่ในเกณฑ์ได้ ส่วนในกรณีของสีรวมระบบฯสามารถกำจัดสีได้ดี โดยใช้ปริมาณผงถ่าน 0.25 กรัม/ลบ.ดม. (7.50 บาท/ลบ.ม.)

- ระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสีดีกว่าระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา นอกจากนี้แล้วยังมีผลดีด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น ความสามารถในการจมตัวของเลนตะกอนดีขึ้น ปัญหาเรื่องฟองลดน้อยลง ความต้านทานต่อสารเคมี (สารช่วยย้อม) ดีขึ้น

- สารช่วยย้อมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ และระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์

- ค่าใช้จ่ายของระบบพีเอซี-แอคติเวเต็ดสลัดจ์ค่อนข้างสูง โดยขึ้นอยู่กับปริมาณผงถ่านที่ใส่ลงในระบบฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thsis Title Simultaneous Organics and Color Removal by PAC-Activated Sludge System

Name Miss Nualaor Niamsaing

Thesis Advisor Associate Professor Thongchai Panswad

Department Sanitary Engineering

Academic Year 1982

Abstract

Simultaneous organics and color removal by the PAC-activated sludge system is simply achieved by adding the powder activated carbon into the aeration tank of the activated sludge process. The experiments were done on wastewaters synthetized from six cotton dyestuffs, namely, reactive, direct, vat, sulfur, azoic and metallic as well as the mixed wastewater which was the mixture of the mentioned six wastes.

SBR activated sludge type under room temperature was used for the study whereas the sludge age of 10 days was used as the system control parameter. Meanwhile the color concentration equal to or less than 300 ADMI was the criteria set for treated effluents.

From the result, it was found that:-

- the normal activated sludge system could effectively remove organics from all synthetic dye wastewaters, except the metallic type. This system could not however remove colors from the wastewaters except when the dye, namely Vat sulfur and azoic was of colloidal type and could well settle by itself.

- The PAC-activated sludge process could remove both organics and color to an acceptable level from all wastewaters except for the metallic dye case

- The efficiency of the PAC-activated sludge system depended on the dye types and carbon dosage. The system, using 0.27 gm carbon/cu.dm. (8 ฿/m^3), could effectively remove the color from the reactive dye wastewater. No carbon was required for non-dissolved dye wastewaters, ie, vat, sulfur and azoic. In the direct dye wastewater experiment, 0.4 gm. carbon/cu.dm. (12 ฿/m^3) was required to reduce the wastewater color to the pre-set criteria. In the mixed waste case, 0.25 gm carbon/cu.dm. (7.50 ฿/m^3) was required for the purpose.

- The PAC-activated sludge process was more effective in organic matter and color removal than the normal activated sludge system. Besides, more advantages could be drawn from the process: better settleability of sludge, less foaming problem, better resistance to chemicals (additives).

- Additives had effect on both the activated sludge and PAC-activated sludge process efficiency.

- The cost of the PAC-activated sludge process was relatively high, depending on the carbon dosage.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.รงชัย พรรณสวัสดิ์ ที่ได้เป็นผู้เสนอแนะวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และได้จัดหาทุนสำหรับงานวิจัย ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นคำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณบริษัทยูเนียนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด และบริษัทในเครือสหยูเนียน ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อพัฒนาสังคม และจัดหาอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับงานวิจัย อันเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้งานวิจัยนี้เกิดขึ้นได้ พร้อมกันนี้ขอขอบคุณ คุณวิกรม วันประสพสุข และคณะผู้เชี่ยวชาญของบริษัท ยูเนียนอุตสาหกรรมสิ่งทอ จำกัด ที่ได้กรุณาช่วยเหลือและคำนวณสูตรสังเคราะห์น้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนจัดหาตำราที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสุขาภิบาลที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลองเป็นอย่างดี และคุณสุวรรณี พัฒนพานิชชัย ผู้ช่วยทดลองในห้องปฏิบัติการ.

และขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดี

คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบให้บุพการีที่ได้ส่งเสริมการศึกษาของผู้เขียน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญรูปประกอบ ..... ฒ

สารบัญรูปถ่าย ..... ป

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ทั่วไป 1

1.2 จุดประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของโครงการ 2

2 ทฤษฎี 5

2.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 5

2.1.1 พื้นฐานของระบบ 5

2.1.2 ส่วนประกอบของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 6

2.1.3 การเกิดแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 6

2.1.4 สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 8

2.1.5 ประเภทของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 9

2.1.6 การควบคุมระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 9

2.1.7 ปัญหาที่เกิดในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

2.2 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์แบบเอสบีอาร์
(Sequence Batch Reactor) 15
2.3 สีย้อมและการย้อมสี 17
2.3.1 สีย้อม 19
2.3.2 สารช่วยย้อม 19
2.3.3 การจำแนกสีย้อม 20
2.4 การดูดติดด้วยผงถ่าน 22
2.4.1 กระบวนการดูดติด 23
2.4.1.1 การดูดติดด้วยแอคติเวเต็ดคาร์บอน..... 24
2.4.2 การปรับคืนสภาพของถ่านดูดติด 26
2.4.3 การประเมินและเลือกใช้ถ่าน 26
2.4.4 การเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 30
2.4.4.1 ตัวแปรในระบบ 32
2.4.4.2 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ PACT 34

3 การค้นคว้าจากเอกสาร 36

4 การวางแผนการวิจัยและการดำเนินการทดลอง 51
4.1 การคัดเลือกสีสำหรับการวิจัย 51
4.1.1 การเลือกผงถ่านที่ใช้ในการทดลอง 52
4.1.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ 55
4.2 การทดลอง 59
4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 59
4.2.2 ขอบเขตการทดลอง 60
4.2.3 ขั้นตอนการทดลอง 60
4.2.4 การวัดสี 65

5 ผลการทดลอง 66

บทที่ หน้า

5.1 การคัดเลือกผงถ่านที่ใช้ในการทดลอง 66
5.2 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรีแอคตีฟ 67
5.2.1 สีย้อมรีแอคตีฟชนิดควบคุม 67
5.2.2 สีย้อมรีแอคตีฟชนิดปกติ 74
5.3 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีไดเรกท์ 74
5.3.1 สีย้อมไดเรกท์ชนิดควบคุม 74
5.3.2 สีย้อมไดเรกท์ชนิดปกติ 79
5.4 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรวม 85
5.4.1 สีรวมชนิดควบคุม 85
5.4.2 สีรวมชนิดปกติ 91
5.5 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีแวต 96
5.5.1 สีย้อมแวตชนิดควบคุม 96
5.5.2 สีย้อมแวตชนิดปกติ 96
5.6 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีซัลเฟอร์ 99
5.6.1 สีย้อมซัลเฟอร์ชนิดควบคุม 99
5.6.2 สีย้อมซัลเฟอร์ชนิดปกติ 99
5.7 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีอะโซอิค 99
5.7.1 สีย้อมอะโซอิคชนิดปกติ 102
5.8 การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีเมทัลลิค 102
5.8.1 สีย้อมเมทัลลิคชนิดควบคุม 102
5.8.2 สีย้อมเมทัลลิคชนิดปกติ 102

6 วิจารณ์ผลการทดลอง 107
6.1 อิทธิพลของประเภทสีย้อมที่มีต่อระบบบำบัดน้ำเสีย 107
6.1.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 107
6.1.2 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ที่มีการเติมผงถ่าน (PACT) ... 109
6.2 อิทธิพลของสารช่วยย้อม 115

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

6.2.1 อิทธิพลของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการ
กำจัดสารอินทรีย์ 115
6.2.1.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ 115
6.2.1.2 ระบบ PACT 116
6.2.2 อิทธิพลของสารช่วยย้อมที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดสี ... 117
6.2.2.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 117
6.2.2.2 ระบบ PACT 118
6.3 บทบาทของปริมาณผงถ่านในระบบ PACT 119
6.3.1 ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสม 119
6.3.2 อัตราส่วนอาหารต่อมวลจุลชีพ (F/M) 121
6.3.3 การจมตัวของตะกอน 124
6.3.4 การเกิดฟอง 130
6.4 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารอินทรีย์และสีด้วยระบบ 131
6.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบ PACT 133

7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 134
7.1 สรุปผลการทดลอง 134
7.1.1 ระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ 134
7.1.2 ระบบ PACT 134
7.1.3 สารช่วยย้อม 134
7.1.4 ปริมาณผงถ่าน 147
7.1.5 ราคาค่าใช้จ่ายของระบบ PACT 137
7.2 ข้อเสนอแนะในการทดลองที่น่าจะทำต่อไป 138

เอกสารอ้างอิง 139

ภาคผนวก ก. 146
ข. 200

ประวัติผู้ทดลอง 213

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะต่าง ๆ ของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 10

2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 12

2.3 ความสามารถกำจัดสารประกอบต่าง ๆ ในน้ำเสีย 31

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุเลนตะกอน ปริมาณผงถ่าน และ SVI .. 39

3.2 ผลของการเติมผงถ่านลงในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ (PACT) ... 44

3.3 ผลของโครเมียมและโคบอลท์ต่อการกำจัดบีโอดีด้วยระบบการเติมผงถ่านในระบบยีวิทยากับระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ 47

3.4 ราคาค่าใช้จ่ายประจำปี 82 (ดอลล่าร์/1000 แกลลอน) 50

4.1 ชนิดของสีย้อมที่ใช้ในการทดลอง 53

4.2 ส่วนประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ในรูปของสารอินทรีย์ 56

4.3 ขั้นตอนทดลองในแต่ละวัน 62

4.4 ข้อมูลปฏิบัติงานการทดลอง 64

5.1 ผลการทดลอง Adsorption Isotherm 68

6.1 ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ ด้วยระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ธรรมดา (อายุตะกอนเลน = 10 วัน) 108

6.2 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรีแอคตีฟโดยระบบ PACT 110

6.3 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีไดเรกท์โดยระบบ PACT 110

ตารางที่ หน้า

6.4 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีรวม โดยระบบ PACT 111

6.5 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีแวต โดยระบบ PACT 111

6.6 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสี ซัลเฟอร์โดยระบบ PACT 112

6.7 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสี อะโซอิคโดยระบบ PACT 112

6.8 การกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมสีเมททัลลิค โดยระบบ PACT 112

6.9 ปริมาณผงถ่านที่เหมาะสมสำหรับระบบ PACT ในการบำบัดน้ำเสีย ที่เกิดจากสีย้อมประเภทต่าง ๆ 120

7.1 ลักษณะของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย 135

7.2 ผลกระทบของสารช่วยย้อมต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ และสีของระบบบำบัดน้ำเสีย 136

7.3 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อม ประเภทต่าง ๆ 137

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	ผังระบบบำบัดแบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์	5
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของบักเตรีกับระยะเวลา ..	8
2.3	ระบบเอสบีอาร์ที่มีบ่อปรับคุณภาพน้ำทิ้ง	16
2.4	แสดงผังในการผลิตอุตสาหกรรมสิ่งทอ	18
2.5	ลักษณะถ่านและการดูดติดสาร	25
2.6	วิธีการฟื้นฟูคุณภาพถ่านด้วยการเผา	27
2.7	การเจริญเติบโตของบักเตรีในระบบ PACT และการฟุ้งกระจายของถ่าน	31
2.8	ปริมาณถ่านมีผลต่อการบำบัดบีโอดีในน้ำเสีย	32
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุเลนตะกอนและบีโอดีของน้ำทิ้ง	33
2.10	อิทธิพลของอายุตะกอนเลนและอุณหภูมิที่มีต่อบีโอดีของน้ำทิ้ง	34
2.11	ผังระบบ PACT	35
3.1	ผลการกำจัดสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในน้ำเสียด้วยระบบ PACT	40
3.2	ผังระบบบำบัดน้ำเสียของ Du Pont PACT	41
3.3	ผลการกำจัดบีโอดีในปริมาณผงถ่าน 50, 300 และ 1,000 มก./ลบ.ดม. เปรียบเทียบอายุเลนตะกอน 3, 5, 10 และ 15 วัน	43
3.4	ผลการกำจัดบีโอดีเมื่อเทียบกับอายุของเลนตะกอนในปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน	43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

3.5 ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด
ของโรงกลั่นน้ำมัน 45

3.6 ปริมาณบีโอดีในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด
ของโรงกลั่นน้ำมัน 45

3.7 การกำจัดสารอินทรีย์และสารแขวนลอยด้วยระบบ PACT
และระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ปกติ 46

3.8 ผลการกำจัดสีด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 46

3.9 ผลการกำจัดแอมโมเนียด้วยระบบ PACT 48

3.10 ระบบการฟื้นฟูคุณภาพของถ่าน 49

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 61

5.1 Adsorption Isotherm 69

5.2 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีย้อมรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 70

5.3 การกำจัดสี และสารอินทรีย์ของสีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.1 กรัม/ลบ.ดม. 70

5.4 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 71

5.5 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 71

5.6 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.35 กรัม/ลบ.ดม. 72

5.7 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.4 กรัม/ลบ.ดม. 72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

5.8 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.5 กรัม/ลบ.ดม. 73

5.9 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 75

5.10 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.1 กรัม/ลบ.ดม. 75

5.11 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 76

5.12 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 76

5.13 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.35 กรัม/ลบ.ดม. 77

5.14 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.4 กรัม/ลบ.ดม. 77

5.15 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีรีแอคตีฟชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.5 กรัม/ลบ.ดม. 78

5.16 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีไดเรกทีฟชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 80

5.17 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีไดเรกทีฟชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.05 กรัม/ลบ.ดม. 80

5.18 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีไดเรกทีฟชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.1 กรัม/ลบ.ดม. 81

5.19 การกำจัดลีและสารอินทรีย์ของลีไดเรกทีฟชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.15 กรัม/ลบ.ดม. 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

5.20 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 82

5.21 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.25 กรัม/ลบ.ดม. 82

5.22 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 83

5.23 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 84

5.24 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.15 กรัม/ลบ.ดม. 84

5.25 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 86

5.26 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.25 กรัม/ลบ.ดม. 86

5.27 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 87

5.28 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.35 กรัม/ลบ.ดม. 87

5.29 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีไดเรกท์ชนิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.4 กรัม/ลบ.ดม. 88

5.30 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 89

5.31 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมชนิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.1 กรัม/ลบ.ดม. 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

5.32 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.15 กรัม/ลบ.ดม. 90

5.33 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.20 กรัม/ลบ.ดม. 90

5.34 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.25 กรัม/ลบ.ดม. 92

5.35 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 92

5.36 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 93

5.37 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.15 กรัม/ลบ.ดม. 93

5.38 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 94

5.39 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.25 กรัม/ลบ.ดม. 94

5.40 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 95

5.41 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีรวมย่นิดปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.35 กรัม/ลบ.ดม. 95

5.42 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีแวตย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 97

5.43 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีแวตย่นิดควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 97

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

5.44 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีแวตย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม..... 98

5.45 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีแวตย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 98

5.46 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีซัลเฟอร์ย้อมควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 100

5.47 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีซัลเฟอร์ย้อมควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 100

5.48 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีซัลเฟอร์ย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 101

5.49 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีซัลเฟอร์ย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 101

5.50 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีอะโซอิคย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 103

5.51 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีอะโซอิคย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0.3 กรัม/ลบ.ดม. 103

5.52 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีเมทาลิคย้อมควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 104

5.53 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีเมทาลิคย้อมควบคุม
ปริมาณผงถ่าน = 0.2 กรัม/ลบ.ดม. 104

5.54 การกำจัดสีและสารอินทรีย์ของสีเมทาลิคย้อมปกติ
ปริมาณผงถ่าน = 0 กรัม/ลบ.ดม. 106

รูปที่ หน้า

6.1 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีรีแอคตีฟ) 113

6.2 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีไดเรกท์) 113

6.3 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีแวต) 113

6.4 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีซัลเฟอร์) 114

6.5 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีอะโซอิค) 114

6.6 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีเมทัลลิค) 114

6.7 ประสิทธิภาพของระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์เทียบกับระบบ PACT (ลีรวม) 114

6.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับลีรีแอคตีฟ 122

6.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับลีไดเรกท์ 122

6.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง F/M และปริมาณผงถ่านที่ภาวะคงตัว (Steady State) สำหรับลีรวม 122

6.11 การเผาเลนตะกอนที่มีปริมาณผงถ่านผสมอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กัน และที่อุณหภูมิต่างกัน 123

6.12 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีรีแอคตีฟ ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 125

รูปที่ หน้า

6.13 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลิไดเรกท์
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 125

6.14 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีรวม
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 125

6.15 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีแวต
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 126

6.16 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีซัลเฟอร์
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 126

6.17 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีอะโซอิค
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 126

6.18 ความเร็วในการจมตัวของเลนตะกอนในลีเมทาลลิค
ด้วยปริมาณผงถ่านต่าง ๆ กัน 126

6.19 ค่าใช้จ่ายผงถ่านในการลดลีสำหรับน้ำเสียของลีย้อมประเภท
ต่าง ๆ 132

การจมตัวของตะกอนลีรีแอคตีฟย่นิดควบคุม 204

การจมตัวของตะกอนลีรีแอคตีฟย่นิดปกติ 205

การจมตัวของตะกอนลีไดเรกท์ย่นิดควบคุม 206

การจมตัวของตะกอนลีไดเรกท์ย่นิดปกติ 207

การจมตัวของตะกอนลีรวมย่นิดควบคุม 208

การจมตัวของตะกอนลีรวมย่นิดปกติ 209

การจมตัวของตะกอนลีแวตย่นิดควบคุม 210

การจมตัวของตะกอนลีแวตย่นิดปกติ 210

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ หน้า

การจมตัวของตะกอนลีซัลเฟอร์ชนิดควบคุม 210

การจมตัวของตะกอนลีซัลเฟอร์ชนิดปกติ 210

การจมตัวของตะกอนลีย้อมอะโซอิคชนิดปกติ 211

การจมตัวของตะกอนลีย้อมเมทัลลิคชนิดควบคุม 211

การจมตัวของตะกอนลีย้อมเมทัลลิคชนิดปกติ 211

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปถ่าย

รูปถ่ายที่ หน้า

6.1 น้ำทิ้งของลีรีแอคตีฟหลังการตกตะกอน 128

6.2 น้ำทิ้งของลีเมทาลิค 128

6.3 เลนตะกอนของลีรีแอคตีฟในระบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์ 129

6.4 เลนตะกอนของลีรีแอคตีฟในระบบ PACT 129

6.5 การเกิดฟองในลีย้อมเมทาลิคย่นิดปกติ 130

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย