

การบำบัดน้ำเสียสีข้อมประเภทละลายน้ำด้วยเกลือโคโคซานจากเปลือกกุ้ง

นางสาวเบญจวรรณ สุทธิไชย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

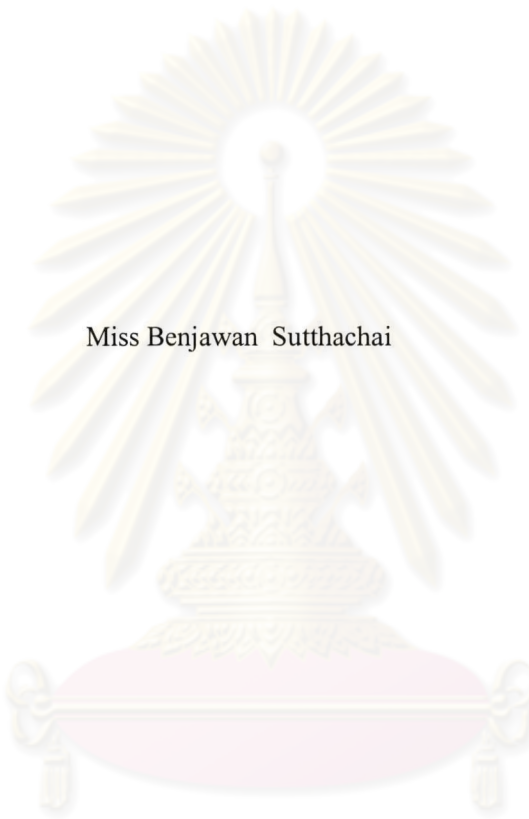
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6058-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TREATMENT OF WATER SOLUBLE DYES WASTEWATER
BY CHITOSAN FLAKES FROM SHRIMP SHELL



Miss Benjawan Sutthachai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6058-2

เบญจวรรณ สุทธิไชย: การบำบัดน้ำเสียสีข้อมประเภทละลายน้ำด้วยเกล็ดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง (TREATMENT OF WATER SOLUBLE DYES WASTEWATER BY CHITOSAN FLAKES FROM SHRIMP SHELL) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชันทอง สุนทรภา, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์, 128 หน้า. ISBN 974-17-6058-2

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เกล็ดไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งในการบำบัดน้ำเสียสีข้อมประเภทละลายน้ำ เกล็ดไคโตซานที่เตรียมได้มีสมบัติร้อยละการกำจัดหมู่แอซิติลเท่ากับ 90.1 ± 4.5 และน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยเท่ากับ 1.8×10^5 คอลตัน ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 ประเภทได้แก่ น้ำหลังการย้อมสีแอซิด สีไคเร็กซ์ และสีรีแอกทีฟ และน้ำเสียรวมของโรงงานฟอกย้อม 3 แห่งพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำหลังการย้อมด้วยเกล็ดไคโตซานขนาด 710-850 ไมโครเมตร คือ ปรับพีเอชของน้ำเสียเท่ากับ 6 ใช้เกล็ดไคโตซานในปริมาณ 0.4 กรัมต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร กวนที่ความเร็ว 150 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง สามารถบำบัดน้ำหลังการย้อม โดยสามารถลดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสีแอซิดและสีไคเร็กซ์ได้ร้อยละ 90.24 ± 0.36 และ 98.87 ± 0.23 ตามลำดับ และลดค่าการดูดกลืนแสงของพื้นที่ได้พิกหลักเท่ากับ 89.06 ± 0.36 และ 89.53 ± 0.66 ตามลำดับ แต่ไม่สามารถลดสีรีแอกทีฟได้ สำหรับน้ำเสียรวมพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัทเอเชียไฟเบอร์เหมือนกับการบำบัดน้ำหลังการย้อม แต่ น้ำเสียรวมของบริษัทสีลิปเสนิพาณิชย์ จำกัด และของ หสน.รณไพศาล สภาวะที่เหมาะสมคือ ปรับพีเอชเท่ากับ 5 กวนที่ความเร็ว 80 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยใช้เกล็ดไคโตซานในปริมาณ 0.2 กรัมและ 0.4 กรัมต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ตามลำดับ สามารถลดค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดได้ร้อยละ 87.89 ± 0.45 , 84.72 ± 0.60 และ 90.39 ± 0.82 ตามลำดับ และลดค่าการดูดกลืนแสงของพื้นที่ได้พิกหลักได้ร้อยละ 83.69 ± 0.48 , 77.16 ± 0.92 และ 85.20 ± 1.21 ตามลำดับ อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาในน้ำย้อมสังเคราะห์สูงกว่าน้ำย้อมจริง เนื่องจากไอออนลบในสารช่วยย้อมแย่งที่การจับกันระหว่างประจุของหมู่ซัลโฟเนต (SO_3^-) ของสีย้อม กับหมู่แอมิโน (NH_3^+) ของไคโตซาน

กราฟไอโซเทอมของการดูดซับน้ำสีข้อมสังเคราะห์แอซิดและไคเร็กซ์ เข้าได้กับทั้งสมการแลงเมียร์และฟลูนดลิกซ์ โดยได้ค่าดูดซับสูงสุดของสีแอซิดและสีไคเร็กซ์จากสมการแลงเมียร์เท่ากับ 13.40 และ 25.51 มิลลิกรัมต่อกรัมไคโตซาน ตามลำดับ

การบ่มตะกอนหลังการบำบัดด้วยไคโตซาน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Klebsiella oxytoca*, *Alcaligenes faecalis* และ *Comamonas acidovorans* ในตะกอน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต เบญจวรรณ สุทธิไชย

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ชันทอง สุนทรภา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อุษา แสงวัฒนาโรจน์

4489083320: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: CHITOSAN FLAKES / WATER SOLUBLE DYES / DYEING EFFLUENT

BENJAWAN SUTTHACHAI: TREATMENT OF WATER SOLUBLE DYES

WASTEWATER BY CHITOSAN FLAKES FROM SHRIMP SHELL. THESIS ADVISOR:

ASSIST. PROF. KHANTONG SOONTARAPA, Ph.D., THESIS CO ADVISOR: ASSIST.

PROF. USA SANGWATANAROJ, Ph.D., 128 pp.

ISBN 974-17-6058-2

The chitosan flakes prepared from shrimp shells were used to remove water soluble dyes in wastewater. The deacetylation and average molecular weight were 90.1 ± 4.5 % and 1.8×10^5 Dalton, respectively. Effluents from dyeing bath (acid dye, direct dye and reactive dye) and total wastewater from 3 case factories were studied. The chitosan flakes were ground to 710-850 μm . In case of effluent from dyeing bath, the optimum condition was obtained by adjusting the pH to be 6, dosing of 0.4 g chitosan per 200 ml effluent at 150 rpm for 4 hours. It was found that the removal efficiencies in absorption at maximum wavelength and in peak area of visible region of acid dye were 90.24 ± 0.36 % and 89.06 ± 0.36 %, respectively. Those of direct dye were 98.87 ± 0.23 and 89.53 ± 0.66 , respectively. However, chitosan could not remove reactive dye. The optimum condition of wastewater from Asia Fiber Public Co., Ltd. was similar to dyeing effluent. But the optimum pH for total wastewater from Sinsaene Co., Ltd and Thanapaisal R.O.P were at 5. Chitosan doses were 0.2 g for Sinsaene Co., Ltd and 0.4 g per 200 ml wastewater for Thanapaisal R.O.P at 80 rpm and 4 hours. The removal efficiencies in absorption at maximum wavelength of total wastewater from these 3 case factories were 87.89 ± 0.45 , 84.72 ± 0.60 and 90.39 ± 0.82 , respectively and those in peak area at visible region were 83.69 ± 0.48 , 77.16 ± 0.92 and 85.20 ± 1.21 , respectively. The adsorption rate in synthetic dye wastewater was higher than in real wastewater, expecting that anionic ion in auxiliaries competed the electrostatic attraction between anionic sulphonate groups (SO_3^-) of dyes and the cationic amino group (NH_3^+) of chitosan.

The adsorption isotherms of synthetic acid and direct dye solution could be fitted well with both Langmuir and Freundlich equations. The maximum sorption capacities of chitosan for acid and direct dyes by Langmuir equation were 13.40 and 25.51 mg/g, respectively.

Klebsiella oxytoca, *Alcaligenes faecalis* and *Comamonas acidovorana* were found in chitosan sludge incubated at 37°C

Field of study Environmental Science

Academic year 2004

Student's signature Benjawan Suttachai

Advisor's signature Khantong Soontarapa

Coadvisor's signature [Signature]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชันทอง สุนทรภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษา แสงวัฒนาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย อีกทั้งสละเวลาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฉมิตานนท์ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ศิริรัตน์ เร่งพิพัฒน์ ที่กรุณาตรวจทาน ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาด้านการวิเคราะห์จุดยืน

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อสารเคมีและสถานที่ในการทำการทดลอง บริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด บริษัทศิลปเสณีพาณิชย์ จำกัด และหสน.รณไพศาล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องสาว ที่ให้กำลังใจ คำปรึกษาในทุกด้าน และการสนับสนุนด้านการศึกษา เพื่อนๆ ห้อง Non waste ที่ช่วยดูแลซึ่งกันและกันตลอดมา และเพื่อนๆ สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ให้กำลังใจเป็นอย่างดีในการทำวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
รายการสัญลักษณ์ และคำย่อ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมฟอกย้อม	4
2.2 กระบวนการฟอกย้อมของโรงงานกรณีศึกษา	7
2.3 สีย้อมและการจำแนกสีย้อม	9
2.4 ชนิดของสีย้อมที่ใช้ในการศึกษา	11
2.5 แหล่งที่มาของน้ำเสียและสิ่งสกปรกจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม	12
2.6 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อม	14
2.7 ผลกระทบของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมต่อสิ่งมีชีวิต	15
2.8 การบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม	16
2.9 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อมกรณีศึกษา	20
2.10 ไคโตซาน	24
2.11 การดูดซับ	29
2.12 ไอโซเทอมของการดูดซับ	33
2.13 จุลินทรีย์ที่บำบัดสีย้อม	37
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	42
3.1 สารเคมี.....	42
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	42
3.3 วิธีการทดลอง.....	43
3.3.1 การเตรียมเกล็ดไคโตซานจากเปลือกกุ้ง.....	43
3.3.2 การวิเคราะห์สมบัติของเกล็ดไคโตซาน.....	45
3.3.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง.....	45
3.3.4 การหาค่าการดูดกลืนแสง.....	46
3.3.5 การเตรียมกราฟมาตรฐานสารละลายสีข้อม.....	46
3.3.6 การศึกษาความสามารถของไคโตซานในการบำบัดสีข้อมจากตัวอย่างน้ำ ของโรงงานฟอกข้อม ด้วยเครื่องจาร์เทส (Jar test).....	47
3.3.7 การศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับ.....	48
3.3.8 การศึกษากลไกการบำบัดสีข้อม.....	48
3.3.9 การศึกษาการลดลงของปริมาณสีข้อม การคัดเลือก และการพิสูจน์ เอกลักษณ์แบคทีเรียในตะกอนไคโตซาน.....	49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4.1 ผลการเตรียมไคติน ไคโตซานจากเปลือกกุ้ง.....	51
4.2 ผลการหาค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำหลังจากการข้อมและ น้ำเสียวของโรงงานฟอกข้อม.....	52
4.3 สมบัติของตัวอย่างน้ำจากโรงงานฟอกข้อม.....	53
4.4 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีข้อมจากตัวอย่างน้ำ ของโรงงานฟอกข้อม.....	54
4.5 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำหลังจากการบำบัดด้วยเกล็ดไคโตซาน.....	65
4.6 ผลการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการบำบัดสีข้อม.....	69
4.7 ผลการศึกษาจลนพลศาสตร์การดูดซับ.....	70
4.8 ผลการศึกษากลไกในการบำบัดสีข้อม.....	73
4.9 ผลการศึกษาการลดลงของปริมาณสีข้อม การคัดเลือก และ พิสูจน์เอกลักษณ์แบคทีเรียในตะกอนไคโตซาน.....	78

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	85
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	85
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	85
รายการอ้างอิง.....	86
ภาคผนวก.....	90
ภาคผนวก ก : ผลการทดลอง.....	91
ภาคผนวก ข : การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.....	115
ภาคผนวก ค : คุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน.....	121
ภาคผนวก ง : ผลการวิเคราะห์สมบัติของไคโตซาน.....	124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	128



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การจำแนกสีข้อมตามลักษณะการใช้งาน.....	10
2.2 ตัวอย่างแบบที่เรียกที่สามารถลดสีได้.....	37
3.1 สภาพะในการบำบัดสีข้อม.....	47
4.1 สมบัติของไคโตซาน.....	52
4.2 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดและพื้นที่การดูดกลืนแสงได้พีคหลัก ของตัวอย่างน้ำจากโรงงานฟอกข้อม.....	53
4.3 สมบัติของตัวอย่างน้ำจากโรงงานฟอกข้อม.....	54
4.4 อัตราเร็วและเวลาในการกวนของสภาวะต่างๆ.....	55
4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดสีข้อม ณ อัตราเร็วและเวลาในการกวนที่ดีที่สุด.....	58
4.6 ลักษณะสีของน้ำหลังการบำบัดด้วยเกลือไคโตซาน.....	64
4.7 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ไคโตซานบำบัดน้ำเสียของโรงงานฟอกข้อม.....	64
4.8 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดสีข้อม.....	65
4.9 ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำของโรงงานฟอกข้อมหลังการบำบัดด้วยเกลือไคโตซาน.....	68
4.10 คุณภาพน้ำหลังการบำบัดด้วยเกลือไคโตซานและการบำบัดของโรงงานฟอกข้อม.....	69
4.11 อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาในการดูดซับสีแอซิดและสีไคเร็กซ์ด้วยเกลือไคโตซาน.....	73
4.12 ค่าคงที่ของสมการแลงเมียร์และพลุนดลิช จากการดูดซับสีแอซิดและสีไคเร็กซ์ ในน้ำข้อมสังเคราะห์ด้วยไคโตซาน.....	75
4.13 เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสูงสุดของสีข้อมบนไคโตซานและถ่านกัมมันต์.....	76
4.14 หมูฟุ้งกัซันของไคโตซานก่อนและหลังใช้บำบัดกับน้ำหลังการข้อม และน้ำข้อมสังเคราะห์.....	77
ก.1 ผลการเตรียมไคดินและไคโตซานของเปลือกกุ้ง.....	91
ก.2 ร้อยละการกำจัดหมูฟุ้งกัซัน.....	92
ก.3 สมบัติตัวอย่างน้ำของโรงงานฟอกข้อม.....	95
ก.4 ประสิทธิภาพการบำบัดสีข้อมด้วยเกลือไคโตซาน ณ สภาวะต่างๆ (น้ำตัวอย่างของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด).....	96
ก.5 ประสิทธิภาพการบำบัดสีข้อมด้วยเกลือไคโตซาน ณ สภาวะต่างๆ (น้ำตัวอย่างของบริษัทสีลิปเสนีพาณิชย์ จำกัด).....	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.6 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ สภาวะต่างๆ (นำตัวอย่างของหสน. ธนไฟศาล).....	98
ก.7.1 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ พีเอช ต่างๆ (นำตัวอย่างของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด).....	99
ก.7.2 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ พีเอช ต่างๆ (นำตัวอย่างของบริษัทศิลปเสณีพาณิชย์ จำกัด).....	100
ก.7.3 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ พีเอช ต่างๆ (นำตัวอย่างของหสน. ธนไฟศาล).....	100
ก.7.4 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ ปริมาณเกลือโคโตซานต่างๆ (นำตัวอย่างของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด).....	101
ก.7.5 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ ปริมาณเกลือโคโตซานต่างๆ (นำตัวอย่างของบริษัทศิลปเสณีพาณิชย์ จำกัด).....	102
ก.7.6 ประสิทธิภาพการบำบัดสี้อมด้วยเกลือโคโตซาน ณ ปริมาณเกลือโคโตซานต่างๆ (นำตัวอย่างของหสน. ธนไฟศาล).....	102
ก.8.1 ประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพน้ำของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	103
ก.8.2 ประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพน้ำของบริษัทศิลปเสณีพาณิชย์ จำกัด.....	104
ก.8.3 ประสิทธิภาพการบำบัดคุณภาพน้ำของหสน.ธนไฟศาล.....	105
ก.9.1 ปริมาณสีเอนซิดที่ถูกดูดซับด้วยเกลือโคโตซาน ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	106
ก.9.2 ปริมาณสีไคเร็กซ์ที่ถูกดูดซับด้วยเกลือโคโตซาน ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	106
ก.10.1 ปริมาณสีเอนซิดที่ถูกดูดซับ ณ เวลาต่าง.....	107
ก.10.2 ปริมาณสีไคเร็กซ์ที่ถูกดูดซับ ณ เวลาต่างๆ.....	108
ก.11.1 ปริมาณสีเอนซิดที่ถูกดูดซับ ณ ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ กัน.....	109
ก.11.2 ปริมาณสีไคเร็กซ์ที่ถูกดูดซับ ณ ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ กัน.....	109
ก.12 ปริมาณสี้อมในตะกอนโคโตซานหลังการบำบัดน้ำหลังการย้อม.....	110
ก.13.1 จำนวนแบคทีเรียที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	111
ก.13.2 รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย <i>Klebsiella oxytoca</i>	112
ก.13.3 รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย <i>Alcaligenes faecalis</i>	113
ก.13.4 รายละเอียดการตรวจวิเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย <i>Comamonas acidovorans</i>	114

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการฟอกย้อมของโรงงานฟอกย้อมกรณีศึกษา.....	8
2.2 ตัวอย่างโครงสร้างของสีย้อมแต่ละชนิด.....	12
2.3 ระบบบำบัดแบบเอเอสของหสน.ธนไพศาล.....	22
2.4 ระบบบำบัดแบบเอเอสของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	23
2.5 โครงสร้างโมเลกุลของไคตินและไคโตซาน.....	24
2.6 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการเตรียมไคติน.....	25
2.7 ขั้นตอนทั่วไปของกระบวนการเตรียมไคโตซาน.....	27
2.8 ลักษณะของ Langmuir adsorption isotherm.....	35
2.9 ลักษณะของ Freudlich adsorption isotherm.....	36
2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของตัวดูดซับชนิดต่างๆ โดยพิจารณา จากรูปแบบ Freudlich adsorption isotherm.....	36
3.1 ขั้นตอนการเตรียมไคโตซานจากเปลือกกุ้ง.....	44
3.2 จุดเก็บน้ำของโรงงานฟอกย้อมกรณีศึกษา.....	45
4.1 ลักษณะทั่วไปของไคตินและไคโตซาน.....	51
4.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการย้อมสีแอซิดของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	55
4.3 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการย้อมสีไดเรกต์ของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	56
4.4 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	56
4.5 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	57
4.6 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของหสน.ธนไพศาล.....	57
4.7 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการย้อมสีแอซิด ณ พีเอช ต่างๆ ของ บริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	59
4.8 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการย้อมสีไดเรกต์ ณ พีเอช ต่างๆ ของ บริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	59
4.9 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวม ณ พีเอช ต่างๆ ของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	60
4.10 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวม ณ พีเอช ต่างๆ ของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	60
4.11 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวม ณ พีเอช ต่างๆ ของหสน.ธนไพศาล.....	60
4.12 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการย้อมสีแอซิด ณ ปริมาณไคโตซาน ต่างๆ ของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำหลังการข้อมสีไคเร็กซ์ ณ ปริมาณโคโตะซานต่างๆ ของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด.....	62
4.14 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวม ณ ปริมาณโคโตะซานต่างๆ ของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด.....	63
4.15 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด ณ ปริมาณโคโตะซานต่างๆ.....	63
4.16 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของหสน.ชนไพศาล ณ ปริมาณโคโตะซานต่างๆ.....	64
4.17 การลดค่า BOD ของน้ำหลังการข้อมและน้ำเสียรวมของ โรงงานกรณีศึกษา.....	66
4.18 การลดค่า COD ของน้ำหลังการข้อมและน้ำเสียรวมของ โรงงานกรณีศึกษา.....	67
4.19 การลดค่า TSS ของน้ำหลังการข้อมและน้ำเสียรวมของ โรงงานกรณีศึกษา.....	68
4.20 ปริมาณการดูดซับสีข้อมประเภทสีแอซิดและสีไคเร็กซ์ ณ อุณหภูมิต่างๆ.....	70
4.21 ปริมาณสีแอซิดที่ถูกดูดซับ ณ เวลาในการกวนต่างๆ.....	70
4.22 ปริมาณสีไคเร็กซ์ที่ถูกดูดซับ ณ เวลาในการกวนต่างๆ.....	71
4.23 ปริมาณสีแอซิดที่ถูกดูดซับจากน้ำหลังการข้อมบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด และน้ำข้อมสังเคราะห์.....	71
4.24 ปริมาณสีไคเร็กซ์ที่ถูกดูดซับจากน้ำหลังการข้อมบริษัทศิลปเสนีพาณิชย์ จำกัด และน้ำข้อมสังเคราะห์.....	72
4.25 ภาพขยายพื้นผิวของโคโตะซานเมื่อดูด้วยกล้อง SEM ก่อนและหลังการบำบัดกับ น้ำหลังการข้อมของ โรงงานฟอกข้อม.....	72
4.26 สมการการดูดซับสีแอซิดในน้ำข้อมสังเคราะห์ด้วยเกลือโคโตะซานตาม สมการแลงเมียร์และฟลูนดลิตซ์.....	74
4.27 สมการการดูดซับสีไคเร็กซ์ในน้ำข้อมสังเคราะห์ด้วยเกลือโคโตะซานตาม สมการแลงเมียร์และฟลูนดลิตซ์.....	75
4.28 หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของโคโตะซานเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดในน้ำหลังการข้อมของ โรงงานฟอกข้อม.....	77
4.29 หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของโคโตะซานเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR ก่อนการบำบัด และหลังการบำบัดในน้ำข้อมสังเคราะห์.....	78

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.30 ปริมาณสีข้อมที่เหลืออยู่ในตะกอนไคโตซาน ณ เวลาการบ่มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	79
4.31 ตะกอนไคโตซานหลังบำบัดน้ำหลังการข้อมสีแอซิด หลังการบ่ม ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	80
4.32 ตะกอนไคโตซานหลังบำบัดน้ำหลังการข้อมสีไคเร็กซ์ หลังการบ่ม ณ เวลาต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	80
4.33 ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญในตะกอนไคโตซานที่บำบัดน้ำหลังการข้อมสีแอซิดและสีไคเร็กซ์ ณ เวลาการบ่มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	82
4.34 ปริมาณแบคทีเรียที่เจริญในตะกอนไคโตซานที่บำบัดน้ำเสีรวมของโรงงานฟอกข้อม ณ เวลาการบ่มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	83
4.35 แบคทีเรียที่ตรวจพบในตะกอนไคโตซาน.....	84
ก.1 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำหลังการข้อมประเภทสีแอซิด สีไคเร็กซ์ และสีรีแอกทีฟ ณ ความยาวคลื่นต่างๆ.....	93
ก.2 ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำเสีรวมของบริษัทเอเชียไฟเบอร์ จำกัด บริษัทสีลปเสณีพาณิชย์ จำกัด และ หสน.ธนไพศาล ณ ความยาวคลื่นต่างๆ.....	93
ก.3 กราฟมาตรฐานของสารละลายสีข้อมประเภทสีแอซิด สีไคเร็กซ์ และสีรีแอกทีฟ ณ ความเข้มข้นต่างๆ.....	94

รายการสัญลักษณ์ และคำย่อ

มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
มก./ก.	=	มิลลิกรัมต่อกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
ก./ล.	=	กรัมต่อลิตร
Abs	=	ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
Peak area	=	พื้นที่ใต้พีค
pH	=	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
mol/g	=	โมลต่อกรัม
g/mol	=	กรัมต่อ โมล
°C	=	องศาเซลเซียส
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
COD	=	Chemical Oxygen Demand
TSS	=	Total Suspended Solid
BOD _{inf}	=	ค่า BOD ของน้ำเสียก่อนการตกตะกอน
BOD _{eff}	=	ค่า BOD ของน้ำเสียหลังการตกตะกอน
COD _{inf}	=	ค่า COD ของน้ำเสียก่อนการตกตะกอน
COD _{eff}	=	ค่า COD ของน้ำเสียหลังการตกตะกอน
TSS _{inf}	=	ค่า TSS ของน้ำเสียก่อนการตกตะกอน
TSS _{eff}	=	ค่า TSS ของน้ำเสียหลังการตกตะกอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย