ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

นางสาว ชนิตา เสมรัตต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974 – 346 – 592 – 8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I19450205

COLOR REMOVAL EFFICIENCY FOR TEXTILE MILL WASTEWATER BY AGRICULTURAL WASTE AS CARBON ADSORBENT

MISS CHANITA SEMRAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter – Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974 – 346 – 592 – 8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอ ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
โดย	นางสาว ชนิตา เสมรัตต์
สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

ชนิตา เสมรัตต์ : ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร(COLOR REMOVAL EFFICIENCY FOR TEXTILE MILL WASTEWATER BY AGRICULTURAL WASTE AS CARBON ADSORBENT) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธเรศ ศรีสถิตย์ ; 161 หน้า. ISBN 974 – 346 – 592 – 8

การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยสารดูดติดผิวที่ใช้ คือ ถ่านกัมมันต์และถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อันได้แก่ ถ่านกะลาและถ่านชานอ้อยที่ได้ทำการเพิ่มคุณภาพในการดูดติดผิวโดยใช้โซเดียมคลอไรด์ ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว,การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชและการทดสอบความสามารถในการดูดติดผิวโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตรทำการป้อนน้ำเสียแบบไหลลง ความสูงของชั้นสารดูดติดผิว 0.3 , 0.6 , 0.9 และ 1.2 เมตรใช้น้ำทิ้งจริงของโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอและน้ำสีย้อมผ้าประเภทไดเร็กท์ 3 สี คือสีเหลือง สีแดงและสีน้ำเงินที่ความเข้มข้นสี 250 , 500 , 750และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ผลการทดลองพบว่าถ่านกะลาไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานโดยพิจารณาจากผลการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชส่วนถ่านกัมมันต์และถ่านชานอ้อยมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งาน โดยถ่านกัมมันต์มีอายุการใช้งานนานที่สุด คือ 2 – 12 วัน รองลงมาเป็นถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยมีอายุการใช้งาน 2 – 9 วัน และถ่านชานอ้อยมีอายุการใช้งาน 2 – 6 วัน ถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการลดสีและซีโอดีอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 84 – 99 และร้อยละ 54 – 85 ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยมีประสิทธิภาพในการลดสีและซีโอดีอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 50 – 98 และร้อยละ 44 – 75 ส่วนถ่านชานอ้อยมีประสิทธิภาพในการลดสีและซีโอดีอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 51 – 95 และร้อยละ 15 – 73 โดยมีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อใช้กำจัดสีแดงและสีเหลืองที่ความเข้มข้นสี 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

สหสาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต	ชนิตา เสมรัตต์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	-

4072238023: MAJOR INTER – DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD : CARBON ADSORPTION / COLOR REMOVAL / TEXTILE MILL WASTEWATER / AGRICULTURAL WASTE ADSORBENT

CHANITA SEMRAT : COLOR REMOVAL EFFICIENCY FOR TEXTILE MILL WASTEWATER BY AGRICULTURAL WASTE AS CARBON ADSORBENT. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARES SRISATIT , Ph.D. 161 pp. ISBN 974 – 346 – 592 - 8

Research objective is color removal efficiency for textile mill wastewater by agricultural waste as carbon adsorbent. The adsorbents are activated carbon and agricultural waste carbon ; coconut shell carbon and bagasse carbon. In order to increase adsorption efficiency of agricultural waste carbon , sodium chloride solution was used in this study. Physical characteristics of adsorbents , adsorption isotherm test and column adsorption test have been examined. The performance studying of adsorption use down – flow 3 cm. diameter column which is observed at depth of adsorbent 0.3 , 0.6 , 0.9 and 1.2 m. Textile mill effluent and direct dyestuff solution with 3 shades ; yellow, red and blue were used at concentration 250 , 500 , 750 and 1,000 mg / l.

Results reveal that coconut shell carbon is unable to use as adsorbent by considering from adsorption isotherm test. Activated carbon and bagasse carbon are feasible because of its longer breakthrough time. Activated carbon has the longest breakthrough time ; 2 – 12 days. Activated carbon mixed with bagasse carbon is 2 – 9 days and bagasse carbon is 2 – 6 days. Activated carbon has efficiency for color and COD reduction ranging from 84 – 99 % and 54 – 85 % , activated carbon mixed with bagasse carbon has color and COD reduction efficiency ranging from 50 – 98 % and 44 – 75 %.Color and COD reduction efficiency of bagasse carbon are in the range of 51 – 95 % and 15 – 73 %. The adsorbents have the best performance for red and yellow shades removal at 250 mg / l color concentration.

Inter - department	Environmental Science	Student's signature	Chanita Semrat
Field of study	Environmental Science	Advisor's signature	T. Srisatit
Academic Year	2000	Co - advisor's signature	-

พ่อสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีอันเนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ทั้งคำแนะนำ ข้อคิดเห็น ความช่วยเหลือต่าง ๆ รวมทั้งท่านยังได้สละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อผิดพลาดตลอดในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ รองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ และรองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งเพื่อเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณสำอางค์ ใช้บางยาง เจ้าหน้าที่ฝ่ายสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย โรงงานไทยโทเรเท็กซ์ไทล์มิลล์ จำกัด คุณจันทรวรรณ ตันเจริญ นักวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการมูลฝอย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการอำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการใช้สถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการมูลฝอยและห้องปฏิบัติการน้ำเสียตลอดการทำงานวิจัย นอกจากนี้ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว

อุปกรณ์ถังดูดติดผิวที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะไม่สำเร็จได้หากไม่ได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากคุณสมพร เอี่ยมสำอางค์ และเจ้าหน้าที่ของหน่วยเครื่องมือกล ศูนย์พัฒนาและบริการเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ทุนในการทำงานวิจัยบางส่วนได้รับการสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัย สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อมและมูลนิธิ ชิน โสภณพนิช จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ขอขอบคุณพี่และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือในการศึกษามาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม 4

2.2 กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสิ่งทอ 5

2.3 สีย้อมและการจำแนกสีย้อม 11

2.4 แหล่งที่มาของน้ำเสียและสิ่งสกปรกที่เกิดจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ 15

2.5 ลักษณะน้ำเสียของโรงงานฟอกย้อม 17

2.6 ผลกระทบของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมที่มีต่อสิ่งแวดล้อม 17

2.7 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย 18

2.8 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ – เคมี 19

2.9 การดูดติดผิว 19

2.10 การดูดติดผิวด้วยถ่าน 21

2.11 สารดูดติดผิว 22

2.12 ถ่านกัมมันต์ 23

2.13 การศึกษาและทดลองวิเคราะห์ระบบการดูดติดผิว 30

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

2.14 ไอโซเทอมการดูดติดผิว 31
2.15 สี 35
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
3. แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย 44
3.1 แผนการทดลอง 44
3.2 การเตรียมสารดูดติดผิวและน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง 47
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 49
3.4 การติดตั้งอุปกรณ์ถังดูดติดผิวแบบแท่ง 49
3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ 51
3.6 การควบคุมการทดลอง 53
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 54
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว 54
4.2 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช 56
4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการดูดติดผิวแบบต่อเนื่องโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง 64
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 90
5.1 สรุปผลการทดลอง 90
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อไปในอนาคต 93
รายการอ้างอิง 94
บรรณานุกรม 97
ภาคผนวก 99
ภาคผนวก ก 99
ภาคผนวก ข 106
ภาคผนวก ค 114
ภาคผนวก ง 127
ประวัติผู้วิจัย 161

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 คุณลักษณะของถ่านดูดซึมชนิดเม็ดบางชนิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 24

2.2 ช่วงความยาวคลื่นเด่นของแสงต่าง ๆ 40

3.1 แผนการทดลองการทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช 46

3.2 แผนการทดลองการทดสอบประสิทธิภาพการดูดติดผิวโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่ง 47

3.3 พารามิเตอร์ ตำแหน่ง และความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ 52

3.4 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ 52

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว 54

4.2 สรุปสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์ 56

4.3 ค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านกัมมันต์ 57

4.4 สรุปสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านกะลา 59

4.5 ค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านกะลา 59

4.6 สรุปสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านชานอ้อย 61

4.7 ค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชของถ่านชานอ้อย 61

4.8 อายุการใช้งานในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ถังดูดติดผิวแบบแท่งของแต่ละการทดลอง 78

4.9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีในแต่ละความเข้มข้นของแต่ละสี 79

4.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีในแต่ละสีของแต่ละความเข้มข้น 81

4.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของสารดูดติดผิวแต่ละชนิด ที่น้ำเสียแต่ละความเข้มข้น 84

5.1 สรุปค่าใช้จ่ายของการใช้สารดูดติดผิวชนิดต่าง ๆ ในการบำบัดน้ำเสีย 93

ก.1 การกระจายขนาดของถ่านกัมมันต์ 100

ก.2 ค่า Effective Mean Particle Diameter ของถ่านกัมมันต์ 101

ก.3 การกระจายขนาดของถ่านกะลา 102

ก.4 ค่า Effective Mean Particle Diameter ของถ่านกะลา 103

ก.5 การกระจายขนาดของถ่านชานอ้อย 104

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ก.6 ค่า Effective Mean Particle Diameter ของถ่านชานอ้อย 105
ข.1 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีเหลือง 107
ข.2 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีแดง 108
ข.3 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีน้ำเงิน 109
ค.1 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 115
ค.2 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 116
ค.3 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 117
ค.4 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 118
ค.5 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 119
ค.6 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 120
ค.7 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 121
ค.8 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น1000มิลลิกรัมต่อลิตร 122
ค.9 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 123
ค.10 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 124

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ค.11 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 125
ค.12 การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิชที่น้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 126
ง.1 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำทิ้งโรงงาน 128
ง.2 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 129
ง.3 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 130
ง.4 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 131
ง.5 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 131
ง.6 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 132
ง.7 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 133
ง.8 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 134
ง.9 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 135
ง.10 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 136

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ง.11 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 137
ง.12 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 138
ง.13 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์และน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 138
ง.14 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำทิ้งโรงงาน 139
ง.15 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 140
ง.16 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 141
ง.17 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 142
ง.18 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีเหลือง ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 142
ง.19 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 143
ง.20 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 144
ง.21 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 145
ง.22 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีแดง ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 146

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ง.23 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 146
ง.24 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 147
ง.25 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 148
ง.26 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านชานอ้อยและน้ำเสียสีน้ำเงิน ความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 149
ง.27 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำทิ้งโรงงาน 150
ง.28 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 151
ง.29 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 152
ง.30 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 153
ง.31 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 153
ง.32 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 154
ง.33 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 155
ง.34 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 156

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

ง.35 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 157

ง.36 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 157

ง.37 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 158

ง.38 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 159

ง.39 ผลการทดลองถังดูดติดผิวแบบแท่งโดยใช้ถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย และน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 160

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 แผนผังการผลิตของอุตสาหกรรมสิ่งทอ 10
2.2 แผนผังการผลิตสีย้อม 11
2.3 ความสัมพันธ์ของตัวถูกละลาย ตัวทำละลาย และสารดูดติด 20
2.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ 26
2.5 ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงมัวร์ 33
2.6 ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบเบท 34
2.7 ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช 35
2.8 สามเหลี่ยมแม็กซ์เวลล์ 38
3.1 แผนภาพการทำงานของถังดูดติดผิวแบบแท่ง 50
3.2 ถังดูดติดผิวแบบแท่งที่ใช้ในการทดลอง 51
4.1 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ที่น้ำทิ้งจริงของโรงงาน 65
4.2 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ที่น้ำเสียสีเหลือง 66
4.3 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ที่น้ำเสียสีแดง 67
4.4 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ที่น้ำเสียสีน้ำเงิน 69
4.5 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านชานอ้อยที่น้ำทิ้งจริงของโรงงาน 69
4.6 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีเหลือง 70
4.7 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีแดง 72
4.8 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีน้ำเงิน 73
4.9 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อย ที่น้ำทิ้งจริงของโรงงาน 73
4.10 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีเหลือง 75
4.11 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีแดง 76
4.12 ประสิทธิภาพการลดสีและซีโอดีของถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยที่น้ำเสียสีน้ำเงิน 77

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.13 ประสิทธิภาพการลดสีในแต่ละความสูงของถ่านกัมมันต์ในถังดูดติดผิว 87

4.14 ประสิทธิภาพการลดสีในแต่ละความสูงของถ่านชานอ้อยในถังดูดติดผิว 87

4.15 ประสิทธิภาพการลดสีในแต่ละความสูงของถ่านกัมมันต์ผสมถ่านชานอ้อยในถังดูดติดผิว 87

ก.1 ค่า Effective Size และ Uniformity Coefficient ของถ่านกัมมันต์ 100

ก.2 ค่า Effective Size และ Uniformity Coefficient ของถ่านกะลา 102

ก.3 ค่า Effective Size และ Uniformity Coefficient ของถ่านชานอ้อย 104

ข.1 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 110

ข.2 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 110

ข.3 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 110

ข.4 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีเหลืองความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 111

ข.5 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 111

ข.6 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 111

ข.7 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 112

ข.8 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีแดงความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 112

ข.9 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร 112

ข.10 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร 113

ข.11 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 750 มิลลิกรัมต่อลิตร 113

ข.12 ความยาวคลื่นที่เหมาะสมของน้ำเสียสีน้ำเงินความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร 113