

การกำจัดสีย้อมด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว  
ไมโครคาลิปต์ส และแอนทราไซด์



นาย เสกสรรค์ เชี่ยววิญญูกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 947-17-4847-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

121937898

- 4 ต.ค. 2548

DYE REMOVAL USING ACTIVATED CARBON FROM  
COCONUT SHELL, EUCALYPTUS WOOD AND ANTHRACITE

Mr.Seksun Cheawthunyakit

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 947- 17- 4847- 7


หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดสีข้อมด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัส และแอนทราไซต์
โดย	นายเสกสรรค์ เชี่ยววิญญูกิจ
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา(ร่วม)	รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์

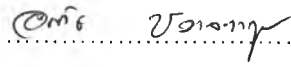
---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัญย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธเวศ ศรีสถิตย์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา (ร่วม)  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตสานต์)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธา ชาวเขียว)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.เขมรัฐ ไอสถาพันธุ์)

เสกสรรค์ เขียวธัญญกิจ : การกำจัดสีย้อมด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัส และแอนทราไซต์. (DYE REMOVAL USING ACTIVATED CARBON FROM COCONUT SHELL, EUCALYPTUS WOOD AND ANTHRACITE) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, อ.ที่ปรึกษา (ร่วม) : รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิจิตรานันต์, 153 หน้า, ISBN 974- 17- 4847- 7

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ประสิทธิภาพการกำจัดและอายุการใช้งานของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว ไม้ยูคาลิปตัส และแอนทราไซต์ ในการกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟแดงและน้ำเงิน น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์นำมาทดลองกำจัดด้วยถ่านกัมมันต์ทั้งในแบบแบตช์โดยใช้การเขย่า และแบบต่อเนื่องโดยใช้การไหลผ่านคอลัมน์สูง 1 เมตร ที่มีชั้นถ่านกัมมันต์ 0.3 เมตร และมีเวลาสัมผัสถึงเปล่า 5, 10 และ 15 นาทีตามลำดับ

จากผลการทดลองแบบแบตช์ปรากฏว่า เวลาอิมิตของการดูดติดผิวแตกต่างกันไปขึ้นกับโครงสร้างและชนิดของสีย้อม ส่วนประสิทธิภาพการกำจัดสีในน้ำเสียขึ้นกับชนิดและปริมาณถ่านกัมมันต์ที่ใช้ ผลของพารามิเตอร์ไอโซเทอมแสดงให้เห็นว่า ถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัสให้ค่าความจุการดูดติดผิวมากที่สุด รองลงมาคือ กะลามะพร้าว 2 กะลามะพร้าว 1 และแอนทราไซต์

จากผลการทดลองกำจัดแบบต่อเนื่องโดยการไหลผ่านคอลัมน์สามารถสรุปว่า สามารถกำจัดสีย้อมในน้ำเสียก่อนเบรคทราจี้ให้เหลือต่ำกว่า 500 เอดีเอ็มไอได้ทุกการทดลอง และเวลาสัมผัสถึงเปล่า 15 นาที(อัตราการระบรทุกทางน้ำ 1.2 ม.<sup>3</sup>/ม.<sup>2</sup> ชม.) จะให้ปริมาตรน้ำที่กรองได้และประสิทธิภาพการกำจัดทั้ง 2 โทนสีมากที่สุด รองลงมาคือเวลาสัมผัสถึงเปล่า 10 นาที(อัตราการระบรทุกทางน้ำ 1.8 ม.<sup>3</sup>/ม.<sup>2</sup> ชม.) และ 5 นาที(อัตราการระบรทุกทางน้ำ 3.6 ม.<sup>3</sup>/ม.<sup>2</sup> ชม.) ตามลำดับ โดยภาวะที่เหมาะสมของสีรีแอกทีฟแดงที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 15 นาที เท่ากับ 1344 ปริมาตรเบต ได้ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยเท่ากับ 72.11 เปอร์เซ็นต์ และภาวะที่เหมาะสมของสีรีแอกทีฟน้ำเงินที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 15 นาที เท่ากับ 1928 ปริมาตรเบต ได้ประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยเท่ากับ 86.00 เปอร์เซ็นต์

ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต ..... เสกสรรค์ เขียวธัญญกิจ  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... อ.อรทัย  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา (ร่วม)..... อ.ดร.ธราพงษ์

##4370594321 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEY WORD : ACTIVATED CARBON/COCONUT SHELL/EUCALYPTUS WOOD/  
ANTHRACITE/ DYE/ COLOR REMOVAL

SEKSUN CHEAWTHUNYAKIT : DYE REMOVAL USING ACTIVATED CARBON FROM COCONUT SHELL, EUCALYPTUS WOOD AND ANTHRACITE. THESIS ADVISOR ASSOC. PROF.ORATHAI CHAVALPARIT., THESIS CO-ADVISOR ASSOC. PROF.THARAPONG VITIDSANT, PH.D, 153 PP.ISBN 947- 17- 4847- 7.

This study is the comparison of the results of the dye removal by activated carbon with three different raw materials i.e., coconut shell, eucalyptus wood and anthracite. Dye wastewater used is the synthetic dye wastewater. Dye wastewater is brought to pass through GAC both in batch test by employing shaker and in the continuous test by employing column one meter high with 0.3 meter GAC height and empty bed contact time (EBCT) of 5,10 and 15 minutes.

The result of the batch test shows that the saturation time periods of the adsorption differ according to color type of dye. As a result of Freundlich isotherm shows that GAC color adsorption capacity of eucalyptus wood gives the best result in color adsorption capacity. It is suitable to use GAC with eucalyptus wood for reactive dye.

The result of the continuous test by column shows that GAC from eucalyptus wood gives the effluent lower than 500 ADMI unit of color every experiments. The 15 minutes EBCT( hydraulic loading rate =  $1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hr}$  ) gives the best result in color removal. The loading and average efficiency of color removal are 1344 bed volume and 72.11 % for red tone reactive dye. The blue tone reactive dye gives 1928 bed volume and 86.00 % of the loading and the average efficiency.

Department Environmental Engineering  
Field of study Environmental Engineering  
Academic year 2003

Student's signature.....*Seksun Cheawthunyakit*  
Advisor's signature.....*Orathai Chavalparit*  
Co-Advisor's signature.....*T. V. Vitidsant*

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และ รศ.ดร.ธเรศ ศรีสถิตย์  
ที่ให้โอกาสในการทำวิจัย และช่วยให้คำปรึกษา ความรู้ต่าง ๆ ทั้งทางวิชาการและการดำเนินชีวิต  
และต้องขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิทิตสานต์ ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์  
และช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ  
จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณ คุณบุญสิตา ประภารักษ์ และเด็กก๊ ที่ให้การสนับสนุน  
ด้านงานเอกสารและที่สำคัญที่สุด คือ ครอบครัวอันเป็นที่รักทั้งแม่ โกวแดง ตีน้อย ที่คอยให้กำลังใจ  
ตลอดเวลา

## สารบัญ

### หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูป.....	ฑ

### บทที่ 1 บทนำ

1.1 ชื่อวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 คำสำคัญ.....	1
1.3 ความเป็นมา.....	1
1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4

### บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์.....	5
2.1.1 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์.....	6
2.1.2 สมบัติทางกายภาพของถ่านกัมมันต์.....	7
2.1.3 กระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์.....	8
2.1.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ.....	9
2.1.3.2 การคาร์บอนไนเซชัน.....	9
2.1.3.3 กระบวนการกระตุ้นถ่านชาร์.....	10
2.2 กระบวนการดูดติดผิว.....	10
2.2.1 การวิเคราะห์กระบวนการดูดติดผิว.....	13
2.2.1.1 ฟรอนด์ลิชไอโซเทอม.....	14
2.2.1.2 แลงมัวร์ไอโซเทอม.....	14

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.3 บีบีทีไอโซเทอม.....	15
2.2.1.4 เขตการถ่ายเทมวล.....	16
2.2.1.5 ความจุการดูดติดผิวด้วยถ่านกัมมันต์.....	17
2.2.1.6 ความจุการดูดติดผิวเบรคทรู.....	17
2.3 การมองเห็นสี.....	18
2.4 สีข้อม.....	18
2.4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของสีข้อม.....	18
2.4.2 การเกิดของสีข้อม.....	19
2.4.3 การจำแนกสีข้อม.....	20
2.4.3.1 จำแนกตามลักษณะกายภาพ.....	21
2.4.3.2 จำแนกตามวิธีใช้.....	21
2.4.3.3 จำแนกตามโครงสร้างทางเคมี.....	21
2.4.4 สีข้อมรีแอกทีฟ.....	25
2.4.4.1 ประวัติสีรีแอกทีฟ.....	25
2.4.4.2 คุณสมบัติของสีรีแอกทีฟ.....	25
2.4.4.3 โครงสร้างทางเคมีของสีรีแอกทีฟ.....	25
2.4.4.4 กลุ่มอะตอมที่ทำให้เกิดสี.....	26
2.4.4.5 กลุ่มรีแอกทีฟ.....	27
2.4.5 การกำจัดสีในโรงงานฟอกข้อม.....	28
2.4.5.1 การกำจัดสีโดยวิธีกายภาพ.....	28
2.4.5.2 การกำจัดสีโดยวิธีทางเคมี.....	30
2.4.5.3 การกำจัดสีโดยกระบวนการทางชีวภาพ.....	31
2.5 งานวิจัยที่ผ่านมา.....	33



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

<b>บทที่ 3 แผนการทดลองและการดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>41</b>
3.1 รูปแบบงานวิจัย.....	41
3.2 สถานที่ทำงานวิจัย.....	41
3.3 แผนการทดลอง.....	41
3.3.1 ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	41
3.3.1.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในงานวิจัย.....	42
3.3.2 การทดสอบเวลาที่เหมาะสมของการดูดติดผิว สำหรับการทดลองแบบแบดซ์.....	42
3.3.3 การทดสอบแบบแบดซ์เพื่อหาถ่านกัมมันต์เม็ดที่ให้ผลดี.....	42
3.3.4 การทดสอบแบบต่อเนื่อง.....	45
3.4 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปร.....	49
3.4.1 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามหัวข้อ 3.3.2 .....	49
3.4.2 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามหัวข้อ 3.3.3.....	49
3.4.3 การกำหนดค่าและประเภทตัวแปรตามหัวข้อ 3.3.4.....	50
3.5 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์.....	50
3.6 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	50
3.6.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์.....	50
3.6.2 การทดลองแบบแบดซ์และแบบต่อเนื่อง.....	51
3.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.....	51
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....</b>	<b>52</b>
4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์.....	52
4.2 การทดสอบหาเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของการดูดติดผิว ในการทดลองแบบแบดซ์...55	
4.2.1 ผลการทดสอบหาเวลาอิ่มตัวของสีรีแอกทีฟแดง.....	55
4.2.1.1 ผลการทดสอบหาเวลาอิ่มตัวของสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....	55

## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

4.2.1.2 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....	57
4.2.1.3 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....	59
4.2.1.4 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	61
4.2.2 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน.....	64
4.2.2.1 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซด์.....	64
4.2.2.2 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....	66
4.2.2.3 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....	68
4.2.2.4 ผลการทดสอบหาเวลาอิมตัวของสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	70
4.2.3 สรุปผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของการดูดติดผิว.....	72
4.3 การทดสอบแบบแบดจ์เพื่อหาถ่านกัมมันต์ที่ให้ผลดี.....	75
4.3.1 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสีรีแอกทีฟแดง.....	75
4.3.1.1 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสีรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซด์.....	75
4.3.1.2 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสีรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....	77
4.3.1.3 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสีรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....	78

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1.4 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีไฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	79
4.3.2 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีฟน้ำเงิน.....	80
4.3.2.1 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....	80
4.3.2.2 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....	81
4.3.2.3 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....	82
4.3.2.4 ผลการทดสอบไอโซเทอมของสรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	83
4.3.3 สรุปผลการทดสอบไอโซเทอม.....	84
4.4 การทดสอบแบบต่อเนื่อง.....	85
4.4.1 ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของการกำจัดสรีแอกทีไฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	86
4.4.2 ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของการกำจัดสรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	89
4.4.3 สรุปผลการทดสอบแบบต่อเนื่องในการกำจัดสีย้อม ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....	92
4.5 การนำไปใช้งานจริง.....	93
<b>บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....</b>	<b>94</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	94
<b>รายการอ้างอิง.....</b>	<b>95</b>

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	100
ภาคผนวก ก.....	101
ภาคผนวก ข.....	103
ภาคผนวก ค.....	107
ภาคผนวก ง.....	117
ภาคผนวก จ.....	122
ภาคผนวก ฉ.....	138
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	153

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์.....8
2.2	การจำแนกสีย้อมตามลักษณะการใช้งาน.....23
2.3	แสดงเปอร์เซ็นต์การกระจายโครงสร้างของกลุ่มโครโมฟอร์ ในสีรีแอกทีฟแบ่งตามโทนสีต่างๆ.....27
4.1	สมบัติถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลอง.....53
4.2	สมการฟรอนดลิชไอโซเทอมของถ่านกัมมันต์ในการดูดติดสี.....84
4.3	ความจุการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์ในการดูดติดสี.....84
4.4	สรุปผลการทดสอบแบบต่อเนื่อง.....92

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	ปริมาณการนำเข้าและส่งออกถ่านกัมมันต์ของประเทศไทย .....2
1.2	แสดงโครงสร้างสี C.I. Reactive 180.....4
1.3	แสดงโครงสร้างสี Remazol Black B..... 4
2.1	โครงสร้างกราฟไฟท์..... 6
2.2	โครงสร้างของถ่านกัมมันต์..... 7
2.3	ภาพตัดขวางถ่านกัมมันต์เม็ด.....12
2.4	กราฟเบรคทรูสำหรับถ่านกัมมันต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของ MTZ เทียบกับปริมาตรที่ผ่านทั้งหมด.....16
2.5	รูปแบบพรุนดิลิชไอโซเทอม..... 18
3.1	แผนภาพแสดงการหาเวลาที่เหมาะสมในการดูดติดผิวของสีย้อม ของถ่านกัมมันต์..... 43
3.2	แผนภาพการทดสอบแบบเบตซ์ เพื่อหาถ่านกัมมันต์ที่ให้ผลดี..... 44
3.3	แผนภาพการทดสอบแบบต่อเนื่อง..... 46
3.4	คอลัมน์ที่ใช้ทดสอบแบบต่อเนื่อง..... 47
3.5	ชุดอุปกรณ์ทดสอบแบบต่อเนื่อง..... 48
4.1	แสดงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์..... 53
4.2	แสดงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1..... 54
4.3	แสดงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2..... 54
4.4	แสดงพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส..... 54
4.5	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟแดงหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์..... 56
4.6	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์..... 57
4.7	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟแดงหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1..... 58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....59
4.9	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟแดงหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....60
4.10	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....61
4.11	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟแดงหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....62
4.12	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟแดง ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....63
4.13	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟน้ำเงินหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....64
4.14	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....65
4.15	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟน้ำเงินหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....66
4.16	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟน้ำเงินด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....67
4.17	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟน้ำเงินหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....68
4.18	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....69
4.19	ความเข้มข้นของสีรีแอกทีฟน้ำเงินหลังการดูดติดผิว ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....70
4.20	ประสิทธิภาพการกำจัดสีรีแอกทีฟน้ำเงิน ด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....71
4.21	การทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิว สีรีแอกทีฟแดง.....73
4.22	การทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิว สีรีแอกทีฟน้ำเงิน.....74

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....76
4.24	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1.....77
4.25	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2 .....78
4.26	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟแดง กับถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส .....79
4.27	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์.....80
4.28	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 1 .....81
4.29	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว 2.....82
4.30	พรุณดลิตซ์ไอโซเทอมของสิรีแอกทีฟน้ำเงิน กับถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส.....83
4.31	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟแดง (ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 1310 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 5 นาที.....86
4.32	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟแดง (ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 1310 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 10 นาที...87
4.33	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟแดง(ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 1310 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 15 นาที....88
4.34	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟน้ำเงิน (ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 2244 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 5 นาที..89
4.35	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟน้ำเงิน (ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 2244 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 10 นาที.....90
4.36	การทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส ในการกำจัดสิรีแอกทีฟน้ำเงิน (ความเข้มข้นสีเริ่มต้น 50 มก./ล., 2244 เอดีเอ็มไอ) เวลาสัมผัสถึงเปล่า 15 นาที.....91