

การใช้ถ่านกระดุกกำจัดคลอรีน แอมกาปัสและสีจากน้ำ



นางสาวสุดาวดี อุตซึ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0204-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE USE OF BONE CHARCOAL FOR CHLORINE MANGANESE, AND COLOR
REMOVAL FROM WATER

Miss Sudawadee Uttachee

A Thesis Submitted in Partical Fullfillment of the Requiriments
for the Degree of Master of Science in Environment Science

Inter – department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0204-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การใช้ถ่านกระดุกกำจัดคลอรีน แมงกานีสและ
สีจากน้ำ

โดย

นางสาวสุดาวดี อุตซึ

สหสาขาวิชา

วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชิตน์ พัฒนผลไพบุลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรทัย ขวาลภาฤทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ ไชษิตานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเอียร)

สุดาวดี อุดซี : การใช้ถ่านกระดูกกำจัดคลอรีน แอมงกานีสและสีจากน้ำ (THE USE OF BONE CHARCOAL FOR CHLORINE MANGANESE AND COLOR REMOVAL FROM WATER) อ.ที่ปรึกษา: รศ.อรรถัย ขวาลภาฤทธิ์; 107 หน้า, ISBN 974-17-0204-3.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ถ่านกระดูกกำจัดคลอรีน แอมงกานีสและสีจากน้ำเสีย โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของถ่านกระดูก ศึกษาผลของเวลาสัมผัส ปริมาณถ่านกระดูก ความเข้มข้นของสารเริ่มต้น และพีเอชที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด และทดลองแบบคอลัมน์ต่อเนื่องศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีนแอมงกานีสของถ่านกระดูกกับน้ำที่มีการปนเปื้อนจริง

ผลการศึกษากการทดลองแบบกะแสดงให้เห็นว่า เวลาสัมผัส ปริมาณถ่านกระดูก ความเข้มข้นเริ่มต้น และพีเอชมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดคลอรีน แอมงกานีสและสี โดยสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดคลอรีนด้วยถ่านกระดูก คือที่เวลาสัมผัสเท่ากับ 70 นาที พีเอช 6-7 และปริมาณถ่านกระดูก 0.5 กรัม สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแอมงกานีสด้วยถ่านกระดูก คือที่เวลาสัมผัสเท่ากับ 5 ชั่วโมง พีเอช 5-7 และปริมาณถ่านกระดูก 1 กรัม และสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสีด้วยถ่านกระดูก คือที่เวลาสัมผัสเท่ากับ 3 วัน พีเอช 6-7 และปริมาณถ่านกระดูก 1 กรัม

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดด้วยคอลัมน์ทดสอบกับน้ำที่มีการปนเปื้อนจริงคือน้ำประปาที่ความเข้มข้นคลอรีนเริ่มต้น 0.95 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำคลองที่มีความเข้มข้นแอมงกานีสเริ่มต้นเท่ากับ 0.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ผ่านคอลัมน์เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ที่อัตราการไหล 240 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง พบว่ามีประสิทธิภาพในการดูดซับคลอรีนได้ 98.95 % และมีปริมาณน้ำผ่านการบำบัดได้สูงกว่า 7338 BV และกำจัดแอมงกานีสในน้ำคลองที่อัตราการไหล 60 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงพบว่า ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านการบำบัดให้แอมงกานีสต่ำกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่ากับ 1101 BV

สหสาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

สาขาวิชา.....วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

ปีการศึกษา.....2544.....

ลายมือชื่อนิติ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

4289708820: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: BONE CHARCCOAL / ADSORPTION / CHLORINE / MANGANESE / COLOR

SUDAWADEE UTTACHEE : THE USE OF BONE CHARCOAL FOR CHLORINE,

MANGANESE AND COLOR REMOVAL FROM WATER. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE

PROFESSOR ORATHAI CHAVALPARIT, MSC. ISBN 974 -17-0204-3.

This research is a feasibility study in using bone charcoal for chlorine manganese, and color removal from water. Physical characteristics of bone charcoal have been examined, batch adsorption studies have been conducted to determine the effects of contact time, dose of absorbent, concentration and pH and the experiment for adsorption capacity have been performed.

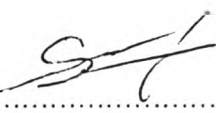
The results indicated that time, solution pH, initial concentration, and bone charcoal weight affected the adsorption capacity. The appropriate conditions for chlorine removal were using bone charcoal weight of 0.5 grams at pH 6-7 for 70 minutes, manganese removal were using bone weight of 1 gram at pH 5-7 for 7 hours, and color Removal were using bone weight of 1 gram at pH 6-7 for 3 days.


For adsorption column experiment, 1 centemeter diameter and 10 centemeters depth column were used the efficiency of chlorine removal by the column was 98.95% when tap- water was feed through. For manganese removal from surface water the column can remove manganese to less than 0.3 ppm for 1101 BV.

Inter-department Environmental Science

Field of study Environmental Science

Academic year 2001

Student's signature 

Advisor's signature 

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็น
อย่างสูง ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ความช่วยเหลืออย่างดีตลอดมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ
ลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์, ผศ.ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์, ดร.สุธา ชาว
เธียร ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณศิริไล กิจวัฒนาและเจ้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปา สามเสน-
ธนบุรี และฝ่ายวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพน้ำ การประปานครหลวงที่ให้ความ
อนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการและทั้งให้คำปรึกษา แนะนำ และความช่วยเหลืออย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่เอื้อเฟื้อและให้ความ
สะดวกในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยและมูลนิธิชิน โสภณพนิช ด้านสิ่งแวดล้อมที่ให้ความ
อนุเคราะห์ในด้านทุนอุดหนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณพ่อแม่ ที่อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนส่งเสริมรวมทั้งเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา เพื่อ
ให้สำเร็จบรรลุจุดประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	3
1.3 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 คลอรีน.....	5
2.1.1 คุณสมบัติของคลอรีน	5
2.1.2 เคมีในน้ำของคลอรีน.....	5
2.1.3 ประโยชน์ของคลอรีน.....	9
2.1.4 โทษของคลอรีน.....	10
2.1.5 การกำจัดคลอรีน.....	11
2.2 แมงกานีส.....	12
2.2.1 แมงกานีสในธรรมชาติ.....	12
2.2.2 คุณสมบัติของแมงกานีส.....	12
2.2.3 เคมีของแมงกานีส.....	13
2.2.4 ประโยชน์ของแมงกานีส.....	16
2.2.5 ปัญหาที่เกิดจากแมงกานีส.....	16
2.2.6 การกำจัดแมงกานีส.....	16
2.3 สี.....	18
2.3.1 ประเภทของสี.....	19

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 การกำจัดสี.....	20
2.4 การดูดติดผิว.....	20
2.5 ไอโซเทอมการดูดติดผิว.....	23
2.6 ถ่านกระดุก.....	28
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	33
3.1 ขั้นตอนการวิจัย.....	33
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	33
3.3 สารเคมีที่ใช้.....	35
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	35
3.4.1 การเตรียมถ่านกระดุก.....	35
3.4.2 การเตรียมน้ำสังเคราะห์.....	36
3.4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง.....	36
3.5 ตัวแปรในการทดลอง.....	42
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง.....	50
4.1 ลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว.....	50
4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ่านกระดุกกำจัดคลอรีน.....	54
4.2.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดคลอรีน.....	54
4.2.2 การศึกษาหาปริมาณถ่านกระดุกที่เหมาะสมในการกำจัดคลอรีน.....	57
4.2.3 การศึกษาหาค่าพีเอชและความเข้มข้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีน.....	60
4.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ่านกระดุกกำจัดแมงกานีส.....	64
4.3.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดแมงกานีส.....	64
4.3.2 การศึกษาหาปริมาณถ่านกระดุกที่เหมาะสมในการกำจัดแมงกานีส.....	66
4.3.3 การศึกษาหาค่าพีเอชและความเข้มข้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีส.....	70
4.4 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ่านกระดุกกำจัดสี.....	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.1 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดสี.....	72
4.4.2 การศึกษาหาปริมาณถ่านกระดุกที่เหมาะสมในการกำจัดสี.....	75
4.4.3 การศึกษาหาค่าพีเอชและความเข้มข้นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการ กำจัดสี.....	78
4.5 สรุปผลการทดลองประสิทธิภาพในการใช้ถ่านกระดุกกำจัดคลอรีน แอมกานีสและ สีโดยการทดลองแบบกะ.....	81
4.6 การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกระดุกในการกำจัดคลอรีน แอมกานีสและสี ในน้ำที่สภาวะที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบคอลัมน์.....	83
4.6.1 การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกระดุกในการกำจัดคลอรีน ในน้ำที่สภาวะที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบคอลัมน์.....	83
4.6.2 การศึกษาประสิทธิภาพของถ่านกระดุกในการกำจัด แอมกานีส ในน้ำที่สภาวะที่เหมาะสมโดยการทดลองแบบคอลัมน์.....	86
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	88
รายการอ้างอิง.....	90
ภาคผนวก ก.....	94
ภาคผนวก ข.....	97
ภาคผนวก ค.....	105
ประวัติผู้เขียน.....	107

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	แสดงมาตรฐานคุณภาพน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรม.....2
2.1	แสดงปริมาณแมงกานีสในน้ำดิบเพื่อใช้ในการผลิตน้ำประปาของโรงงาน กรองน้ำมหาสวัสดิ์.....15
2.2	แสดงสมบัติของถ่านกระดูกเชิงการค้า.....28
3.1	ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลองศึกษาผลของเวลาสัมผัสมันที่มีผลต่อประ สิทธิภาพในการกำจัด คลอรีน แมงกานีส และสี.....43
3.2	ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลองศึกษาผลของปริมาณถ่านกระดูกที่มีผลต่อประสิทธิ ภาพในการกำจัดคลอรีน แมงกานีสและสี.....45
3.3	ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลองศึกษาผลของพีเอชและความเข้มข้นที่มีผลต่อประสิทธิ ภาพในการกำจัดคลอรีน แมงกานีสและสี.....47
3.4	ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลองศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีน แมงกานีส ในน้ำเสียจริงโดยการทดลองแบบคอลัมน์.....49
4.1	ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญของสารดูดติดผิว.....52
4.2	แสดงการสลายตัวของคลอรีนที่เวลาต่างๆ.....54
4.3	สรุปผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ถ่านกระดูกกำจัดคลอรีน แมงกานีส และสี ในการทดลองแบบกะ.....83
4.4	แสดงคุณสมบัติของน้ำประปาที่ใช้ในการทดลองแบบคอลัมน์ต่อเนื่องจาก โรงกรองน้ำสามเสน-ธนบุรี.....84
4.5	แสดงคุณสมบัติของน้ำคลองที่ใช้ในการทดลองแบบคอลัมน์ต่อเนื่อง จากคลอง มหาสวัสดิ์.....86

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	กราฟการเกิด Breakpoint Chlorination.....9
2.2	แสดงการละลายของ Mn (II) ที่ 25 องศาเซลเซียส.....14
2.3	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบแลงมัวร์24
2.4	ไอโซเทอมการดูดติดแบบเบท.....25
2.5	ไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟรุนดลิช27
3.1	แสดงขั้นตอนการวิจัย.....34
4.1	แสดงลักษณะกระดุกโคกระบือก่อนการนำมาเผา51
4.2	ลักษณะถ่านกระดุกโคกระบือหลังจากการเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง.....51
4.3	แสดงลักษณะพื้นผิวของถ่านกระดุกจากเครื่อง SEM ก่อนการทดลอง53
4.4	แสดงลักษณะพื้นผิวของถ่านกระดุกจากเครื่อง SEM ก่อนการทดลอง.....53
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับประสิทธิภาพการกำจัดคลอรีนด้วย ถ่านกระดุก 0.5 กรัม ในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....56
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับความสามารถของถ่านกระดุก 0.5 กรัม ในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....56
4.7	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีนและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....58
4.8	แสดงความสามารถในการกำจัดคลอรีนและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....58
4.9	แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์ของถ่านกระดุกในการกำจัดคลอรีนในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....59
4.10	แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิชของถ่านกระดุกในการกำจัดคลอรีนในน้ำสังเคราะห์คลอรีนความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 7.....60
4.11	ประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีน (จากการดูดซับ) ของถ่านกระดุก 0.5 กรัม62

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.12	แสดงความสามารถในการดูดซับคลอรีนของถ่านกระดุก 0.5 กรัม ที่ความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นต่างๆ.....63
4.13	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดคลอรีนร่วมกับการสลายตัวของถ่านกระดุก 0.5 กรัม ที่ความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นต่างๆ.....63
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับประสิทธิภาพการกำจัดแมงกานีสด้วยถ่านกระดุก 1 กรัม ในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....65
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับความสามารถของถ่านกระดุก 0.5 กรัม ในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....66
4.16	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....67
4.17	แสดงความสามารถในการกำจัดแมงกานีสและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....68
4.18	แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์ของถ่านกระดุกเตรียมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการกำจัดแมงกานีสในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....69
4.19	แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดิชของถ่านกระดุกเตรียมที่อุณหภูมิตั้งแต่ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการกำจัดคลอรีนในน้ำสังเคราะห์แมงกานีสความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 6.....69
4.20	ประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีส (จากการดูดซับ) ของถ่านกระดุก 1 กรัม.....71
4.21	แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดแมงกานีสร่วมกับการตกตะกอนที่ความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นต่างๆ.....71
4.22	แสดงความสามารถในการดูดซับแมงกานีสของถ่านกระดุก 1 กรัม ที่ความเข้มข้นและพีเอชเริ่มต้นต่างๆ.....72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับประสิทธิภาพการกำจัดสีด้วย ถ่านกระดุก 1 กรัม ในน้ำสังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม.....	74
4.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสัมผัสกับความสามารถของถ่านกระดุก 1 กรัม ในน้ำสังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม พีเอช 7.....	74
4.25 แสดงประสิทธิภาพในการกำจัดสีและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำ สังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม พีเอช 7.....	76
4.26 แสดงความสามารถในการกำจัดสีและปริมาณถ่านกระดุกต่างๆ ในน้ำ สังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม พีเอช 7.....	76
4.27 แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงมัวร์ของถ่านกระดุกเตรียมที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการกำจัดสีในน้ำ สังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม พีเอช 7.....	77
4.28 แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดิชของถ่านกระดุกเตรียมที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในการกำจัดสีในน้ำ สังเคราะห์สีความเข้มข้น 100 หน่วยคลอโรแพลทตินัม พีเอช 7.....	78
4.29 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของถ่านกระดุก 1 กรัม ที่ความเข้มข้นและ พีเอชเริ่มต่างๆ	80
4.30 แสดงความสามารถในการดูดซับสีของถ่านกระดุก 1 กรัม ที่ความเข้มข้น และพีเอชเริ่มต้นต่างๆ.....	80
4.31 แสดงร้อยละในการกำจัดคลอรีนกับปริมาตรน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ ความเข้มข้น 0.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ของถ่านกระดุก ซึ่งใช้อัตรากรอง ลิตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นถ่านกระดุก 10 เซนติเมตร.....	85
4.32 แสดงความเข้มข้นของคลอรีนกับปริมาตรน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยถ่านกระดุก ซึ่งใช้อัตรากรอง 240 ลิตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นถ่านกระดุก 10 เซนติเมตร.....	85
4.33 แสดงร้อยละในการกำจัดแมงกานีสกับปริมาตรน้ำที่ผ่านการบำบัดที่ ความเข้มข้น 0.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ของถ่านกระดุก ซึ่งใช้อัตรากรอง 60 ลิตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นถ่านกระดุก 10 เซนติเมตร.....	87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34	แสดงความเข้มข้นของแมงกานีสปริมาณน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยถ่านกระดุก ซึ่งใช้อัตรากรอง 60 ลิตรต่อชั่วโมง ความสูงของชั้นถ่านกระดุก 10 เซนติเมตร.....87