การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะโดยกระบวนการทางเคมี

นาย กฤษณ์ ถาวรวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2530

ISBN 974-568-476-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014392

COLOR REMOVAL FROM LEACHATE BY A CHEMICAL PROCESS

Mr. Krit Thavonvong

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the requirements

for the Degree of Master of Engineering.

Department of Sanitary Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะโดยกระบวนการทางเคมี
โดย	นาย กฤษณ์ ถาวรวงศ์
ภาควิชา	วิศวกรรมสุขาภิบาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดี บัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิรักษ์ สุจริตตานนท์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กฤษณ์ ถาวรวงศ์ : การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะโดยกระบวนการทางเคมี (COLOR REMOVAL FROM LEACHATE BY A CHEMICAL PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.สุรี ขาวเธียร, 139 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะหนองแขมและศึกษาแนวโน้มของการกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะโดยกระบวนการทางเคมี ทำการทดลองโดยใช้อุปกรณ์จาร์เทสท์ ภายใต้สภาวะการควบคุม ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณสารเคมีต่าง ๆ ตลอดจนการเจือจางน้ำเสียจากกองขยะ สารเคมีที่ใช้ คือ พิคคลิ่ง เวส์ท(Pickling Waste), ปูนขาว, เฟอริคคลอไรด์และสารส้ม

ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะพบว่าปริมาณ ซี.โอ.ดี., บี.โอ.ดี., ไนโตรเจน และไขมันและน้ำมัน มีค่าสูงมาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 8.32-8.70 สีของน้ำเสียจากกองขยะเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างดำ ปริมาณสีสูงสุด 32,500 หน่วยของสี

ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์พบว่าเมื่อเจือจางน้ำเสียจากกองขยะให้มีปริมาณความเข้มของสีไม่เกิน 3,000 หน่วยของสี ด้วยการใช้พิคคลิ่ง เวส์ท(pickling waste)ปริมาณ 15 มล./ลิตร ร่วมกับปูนขาวปริมาณ 1,000 มก./ลิตร สามารถลดปริมาณสีจาก 2,500 หน่วยของสี ลงเหลือ 175 หน่วยของสี ด้วยการใช้เฟอริคคลอไรด์ 450 มก./ลิตร ร่วมกับกรดไฮโดรคลอลิค(1+5)ปริมาณ 5 มล./ลิตร สามารถลดปริมาณสีจาก 2,500 หน่วยของสี ลงเหลือ 100 หน่วยของสี และด้วยการใช้สารส้มปริมาณ 1,500 มก./ลิตร สามารถลดปริมาณสีจาก 2,500 หน่วยของสี ลงเหลือ 100 หน่วยของสี

การใช้สารโพลีเมอร์ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้นและตกอัดตัวแน่นได้อย่างรวดเร็วแต่ไม่เพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะที่ผ่านกระบวนการทางเคมี พบว่าปริมาณซี.โอ.ดี.เฉลี่ย ลดลงจาก 747.81 มก./ลิตร เหลือ 227.81 มก./ลิตร ปริมาณไขมันและน้ำมันเฉลี่ยลดลงจาก 142.50 มก./ลิตร เหลือ 104.38 มก./ลิตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 3.96-6.21 สีของน้ำเสียจากกองขยะมีสีเหลืองใส ปริมาณสีเฉลี่ย 127.5 หน่วยของสี

จากการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะด้วยการใช้สารส้มให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีสูงสุดและมีความสะดวกในการนำไปใช้งาน เนื่องจากไม่ต้องทำการปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากกองขยะก่อน สามารถจัดหาได้ง่ายและมีราคาถูก

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต กฤษณ์ ถาวรวงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

KRIT THAVONVONG : COLOR REMOVAL FROM LEACHATE BY A CHEMICAL PROCESS.
THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SUREE KHAODHIAN, Ed.D. 139 pp.

This research was a study of raw characteristics of leachate at Knong-Kham dumping site and of color removal potential from leachate by a chemical process. Jar tests were performed under various controlled conditions of pH level, different chemical concentrations and ratio of dilutions. Chemicals used were pickling waste, lime, ferric chlide and alum.

It was found that characteristics of leachate concentration in terms of COD, BOD, TKN and fat, oil&grease were very high. The level of pH was between 8.32 to 8.70 . The color was dark brown. The maximum color concentration was 32,500 unit.(Pt-Co Scale)

By dilution, color ranged below 3,000 unit.(Pt-Co Scale), the color was reduced from 2,500 to 175 unit.(Pt-Co Scale)with pickling waste(15 ml/1)& lime(1,000 mg/1), from 2,500 to 100 unit.(Pt-Co Scale)with ferric chloride(450 mg/1)&hydrochloric acid(5 ml/1)and from 2,500 to 100 unit.(Pt-Co Scale)with alum(1,500 mg/1)

It was found that polymers did not significantly improve an efficiency of color removal but produced better flocculation and faster settling.

Characteristics of treated leachate in term of COD was reduced from 747.81 mg/1 to 227.81 mg/1, fat, oil&grease were reduced from 142.50 mg/1 to 104.38 mg/1 and pH ranged between 3.96 to 6.21 . It had 127.5 unit of color. (Pt-Co Scale)

It can be concluded that a chemical treatment by alum to removal color from leachate is better than the other chemicals.

ภาควิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล ลายมือชื่อนิสิต กฤษณ์ ถาวงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมสุขาภิบาล

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ ที่ได้กรุณาแนะนำแนวทางการวิจัยและให้คำที่ปรึกษาในด้านวิชาการต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วีรวรรณ ปัทมาภิรัติ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในงานวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและพิสิกส์ ทั้งทางด้านปฏิบัติการและคำแนะนำทางวิชาการต่างๆด้วย

ขอขอบคุณ กรุงเทพมหานคร ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่าน ที่ให้ความสะดวกและเกื้อกูลในการปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกๆท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และถ่ายทอดวิชาความรู้ด้านต่างๆแก่ผู้วิจัย คุณค่าความดีของวิทยานิพนธ์ ขอมอบให้ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ และ ญาติ ทุกคนซึ่งได้ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาและผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ. ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปประกอบ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ
   - 1.1 ทั่วไป 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ 2
   - 1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
2. ลักษณะสมบัติของน้ำเสียกองขยะและทฤษฎี
   - 2.1 ลักษณะสมบัติของขยะ 3
   - 2.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะ 7
   - 2.3 แนวเหตุผลทฤษฎี 11
3. การดำเนินการวิจัย
   - 3.1 แผนการวิจัย 20
   - 3.2 การดำเนินการทดลอง 23
   - 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการ 26
   - 3.4 วิธีการทดลอง 26
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล
   - 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะ 28
   - 4.2 ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์

หน้า

4.2.1 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 1 33
4.2.2 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 2 41
4.2.3 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 3 46
4.2.4 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 4 51
4.2.5 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 5 53
4.2.6 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 6 57
4.2.7 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 7 62
4.2.8 ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 8 67
4.3 การกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะด้วยสารส้ม 70
5. สรุปผล และ ข้อเสนอแนะ 75

เอกสารอ้างอิง 77

บรรณานุกรม 78

ภาคผนวก

ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 1 81
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 2 94
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 3 107
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 4 113
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 5 115
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 6 121
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 7 128
ผลจากปฏิบัติการจาร์เทสท์ ตัวอย่างน้ำเสียชุดที่ 8 134

ประวัติผู้วิจัย 139

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 Typical Physical Composition of Municipal Solid Wastes. 4

ตารางที่ 2.2 Physical Composition of solid waste properties in Bangkok. 5

ตารางที่ 2.3 Chemical Composition of solid waste properties in Bangkok. 6

ตารางที่ 2.4 Range of Typical Domestic Refuse Leachate Constituent Concentrations. 7

ตารางที่ 2.5 Composition of Leachates from Solid Domestic Waste Landfill Sites in the UK. 8

ตารางที่ 2.6 Characteristics of Leachate. 9

ตารางที่ 2.7 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะทางเคมีและฟิสิกส์บริเวณที่กำจัดขยะอ่อนนุช 10

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆสำหรับชุดตัวอย่างน้ำเสียจากกองขยะแต่ละชุดก่อนผ่านกระบวนการทางเคมี 21

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆสำหรับชุดตัวอย่างน้ำเสียจากกองขยะที่ผ่านกระบวนการทางเคมีด้วยสารส้มที่ให้ประสิทธิผลสูงสุดในแต่ละชุดตัวอย่าง 22

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆสำหรับชุดตัวอย่างน้ำเสียจากกองขยะในแต่ละปฏิบัติการทดลองจาร์เทสท์ของแต่ละชุดตัวอย่าง 23

ตารางที่ 3.4 สารละลายเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 24

ตารางที่ 3.5 สารโพลีเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัย 25

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติต่างๆของตัวอย่างน้ำเสียจากกองขยะหนองแขมที่เก็บมาทดลอง รวม 8 ครั้ง 30

หน้า

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการกำจัดสีของน้ำเสียจากกองขยะด้วย
สารส้มในปริมาณที่ให้ประสิทธิผลสูงสุดในแต่ละชุดตัวอย่าง
รวม 8 ครั้ง 71

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 2.1 กลไกของการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์แบบต่อเชื่อมด้วยสารโพลีเมอร์ 15

รูปที่ 3.1 ถ้วยทดลองและอุปกรณ์จาร์เทสท์ 27

รูปที่ 4.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะทั้ง 8 ชุดตัวอย่าง 31

รูปที่ 4.2 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกองขยะทั้ง 8 ชุดตัวอย่าง (ต่อ) 32

รูปที่ 4.3 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 โดยใช้ pickling waste 34

รูปที่ 4.4 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 โดยใช้ pickling waste (52 มล./ลิตร)ร่วมกับสารโพลีเมอร์ 35

รูปที่ 4.5 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 โดยใช้ pickling waste (61 มล./ลิตร)ร่วมกับสารโพลีเมอร์ 35

รูปที่ 4.6 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 (เจือจาง 1+3) โดยใช้ pickling waste (52 มล./ลิตร)ร่วมกับสารโพลีเมอร์ 36

รูปที่ 4.7 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ pickling waste 37

รูปที่ 4.8 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์ร่วมกับปูนขาวและกรดไฮโดรคลอริค 38

รูปที่ 4.9 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม 39

รูปที่ 4.10 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 1 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 40

รูปที่ 4.11 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ pickling waste 41

รูปที่ 4.12 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ pickling waste (15 มล./ลิตร)และปูนขาว 42

หน้า

รูปที่ 4.13 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ pickling waste (20 มล./ลิตร)และปูนขาว 42
รูปที่ 4.14 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(3 มล./ลิตร)และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) 43
รูปที่ 4.15 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(6 มล./ลิตร)และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) 44
รูปที่ 4.16 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม 45
รูปที่ 4.17 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 2 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม(2,000 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 45
รูปที่ 4.18 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 3 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ pickling waste (15 มล./ลิตร)และปูนขาว 47
รูปที่ 4.19 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 3 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(600 มก./ลิตร)และ
กรดไฮโดรคลอริค(1+5) 48
รูปที่ 4.20 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 3 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม 49
รูปที่ 4.21 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 3 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 50
รูปที่ 4.22 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 4 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม 52
รูปที่ 4.23 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 4 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 52
รูปที่ 4.24 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 5 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) (5 มล./ลิตร) 53
รูปที่ 4.25 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 5 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) (3 มล./ลิตร) 54

หน้า

รูปที่ 4.26 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 5 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม 55
รูปที่ 4.27 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 5 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 56
รูปที่ 4.28 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 5 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 56
รูปที่ 4.29 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) (5 มล./ลิตร) 58
รูปที่ 4.30 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(450 มก./ลิตร)ร่วมกับกรดไฮโดรคลอริค (1+5) (5 มล./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 58
รูปที่ 4.31 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(450 มก./ลิตร)ร่วมกับกรดไฮโดรคลอริค (1+5) (5 มล./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 59
รูปที่ 4.32 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม 60
รูปที่ 4.33 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 61
รูปที่ 4.34 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 6 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 61
รูปที่ 4.35 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 7 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์และกรดไฮโดรคลอริค(1+5) (5 มล./ลิตร) 63
รูปที่ 4.36 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 7 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(450 มก./ลิตร)ร่วมกับกรดไฮโดรคลอริค (1+5) (5 มล./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 64
รูปที่ 4.37 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 7 (เจือจาง 1+9) โดยใช้ สารส้ม 65

หน้า

รูปที่ 4.38 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 7 (เจือจาง 1+9)
โดยใช้ สารส้ม(1,500 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 66
รูปที่ 4.39 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 8 (เจือจาง 1+4)
โดยใช้ เฟอริคคลอไรด์(300 มก./ลิตร)ร่วมกับกรดไฮโดรคลอริค
(1+5) (5 มล./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 67
รูปที่ 4.40 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 8 (เจือจาง 1+4)
โดยใช้ สารส้ม 68
รูปที่ 4.41 การกำจัดสีของตัวอย่างน้ำเสีย ชุดที่ 8 (เจือจาง 1+4)
โดยใช้ สารส้ม(1,200 มก./ลิตร)และสารโพลีเมอร์ 69
รูปที่ 4.42 กระบวนการสังเคราะห์ฮิวมัสตามธรรมชาติ 72
รูปที่ 4.43 โครงสร้างโมเลกุลของกรดฮิวมิค 73