สมบัติการดูดซับสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้แร่ดินร่วมกับสารจับก้อนเคมี

นางสาววิมลโรจน์ โอสถานุเคราะห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-627-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ADSORPTION PROPERTY OF MIXTURE OF CLAY-MINERALS AND CHEMICAL COAGULANTS ON DYESTUFFS IN WASTEWATER FROM TEXTILE INDUSTRY

MISS VIMOLROJ OSATHANUGRAH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Interdepartment of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-627-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ สมบัติการดูดซับสีย้อมในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้แร่ดินร่วมกับสารจับก้อนเคมี

โดย นางสาววิมลโรจน์ โอสถานุเคราะห์

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.พีรวรรณ พันธุมนาวิน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพรัช สายเชื้อ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. พีรวรรณ พันธุมนาวิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร. วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิมลโรจน์ โอสถานุเคราะห์ : สมบัติการดูดซับสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยใช้แร่ดินร่วมกับสารจับก้อนเคมี (ADSORPTION PROPERTY OF MIXTURE OF CLAY-MINERALS AND CHEMICAL COAGULANTS ON DYESTUFFS IN WASTEWATER FROM TEXTILE INDUSTRY) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. พีรวรรณ พันธุมนาวิน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ ดร. วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์, 127 หน้า. ISBN 974-584-627-9

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาการกำจัดสีย้อม โดยใช้สมบัติการดูดซับของแร่ดินที่สามารถหาได้ในประเทศไทย ได้แก่แร่ดินเบนโตไนท์และเคโอลิไนท์ และการใช้แร่ดินร่วมกับสารตกตะกอนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมในสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิดที่เตรียมขึ้นในห้องทดลอง และตัวอย่างน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทออีก 5 ตัวอย่าง ในการทดลองนี้นำสีย้อมมาทำการทดลอง 3 ประเภทได้แก่ ดีสเพิส, ไดเร็กท์ และรีแอกทีฟ ประเภทละ 2 โทนสี คือ สีแดงและสีน้ำเงิน โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ อิทธิพลของค่าพีเอชที่มีต่อสารละลายสีย้อมมาตรฐาน, สารตกตะกอน, แร่ดิน และปริมาณที่เหมาะสมของสาร ตกตะกอน, แร่ดิน และชนิดของสารตกตะกอนร่วมที่เหมาะสมกับแร่ดิน จากผลการทดลอง พบว่าสารตกตะกอนที่สามารถตกตะกอนได้ดีที่สุดเมื่อปรับค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ได้แก่ อะลัม ส่วนแร่ดินที่สามารถทำการดูดซับได้ดีที่สุดได้แก่ แร่ดินเบนโตไนท์ และพบว่า ค่าพีเอชไม่มีผลต่อการดูดซับของแร่ดิน

ภาควิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต วิมลโรจน์ โอสถานุเคราะห์

สาขาวิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C526366 MAJOR ENVIRONMENT SCIENCE
KEY WORD: WASTEWATER/DYE/TEXTILE

VIMOLROJ OSATHANUGRAH : ADSORPTION PROPERTY OF MIXTURE OF CLAY-MINERALS AND CHEMICALS ON DYESTUFFS IN WASTEWATER FROM TEXTILE INDUSTRY. THESIS ADVISOR ASSO. PROF. PIRAWAN BHANTHUMNAWIN, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR VARAPORN LEEPIPATPIBOON, Ph.D. 127 pp. ISBN 974-584-627-9

This research is intended to investigate the adsorption property of clay-minerals available in Thailand ie, bentonite and kaolinite, and the mixture of clay-minerals and chemical coagulants, on removal of dyestuffs from 6 dye solutions prepared in the laboratory and 5 samples of textile effluent collected from sites. In this study three kinds of dyestuffs ie, disperse, direct and reactive, and two tones ie, red and blue were used. Factors such as an impact of pH on dye-solutions, chemical coagulants and clay-minerals were studied. Optimum dose of chemical-coagulants, clay-minerals and clay-minerals together with chemical-coagulants were determined. It was found that bentonite clay is the best adsorbent and alums are more effective coagulant than the others when they reach the optimum pH. But pH has no effect on bentonite adsorption.

ภาควิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต อิมลิโรจน์ โอสถานุเคราะห์

สาขาวิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ: แวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ปิยวรรณ ภันธุมนาวิน

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พีรวรรณ พันธุมนาวิน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, อาจารย์ ดร.วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม, รองศาสตราจารย์ไพรัช สายเชื้อ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กำธร ธีรคุปต์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์, อาจารย์พนวสันต์ เอี่ยมจันทร์ และคณาจารย์ทุกท่านที่เมตตาให้คำแนะนำและความกรุณามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณจารุณี-คุณสงบ ปานดอกไม้ , คุณชัชรินทร์-คุณประภาส ภานุไพศาล, คุณเทอดขวัญ กำภู ณ อยุธยา และคุณนวลศรี กาญจนกุล ซึ่งให้ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับแร่ดินและอุตสาหกรรมสิ่งทอ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่กระทรวงอุตสาหกรรม, เจ้าหน้าที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, เจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัย, เจ้าหน้าที่ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คุณประยูร พงศ์พิทยากร เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเคมี, คุณประนอม ขาวเมฆ, คุณรุจิพร ประทีปเสน เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คุณเสาวภา ชูมณี บริษัทเค. เวิลด์ เท็กซ์ไทล์, เจ้าของ-ผู้จัดการ บริษัท แสนทวีเท็กซ์ไทล์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สีย้อมและน้ำทิ้งตัวอย่าง, คุณวรี รุ่งพรชัย, คุณบัวเรียน นาเมืองรักษ์, พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องนิสิตทุกคน ที่สละเวลามาให้ความช่วยเหลือ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่-คุณป้า, รองศาสตราจารย์สุนันท์ ปัทมาคม, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กันยรัตน์ กลัมพากร และผู้ช่วยศาสตราจารย์วาณี ลิมปิสวัสดิ์ ซึ่งเป็นที่รักยิ่งของผู้เขียนที่ให้ความช่วยเหลือ, ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจอันยิ่งใหญ่ เป็นผลให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

2. ทฤษฎีและการทบทวนเอกสาร 5

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง 26

4. ผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง 38

5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 92

รายการอ้างอิง 93

ภาคผนวก 97

ประวัติผู้เขียน 127

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นแสงที่ถูกดูดกลืนโดยวัตถุ และสีของแสงที่ปรากฏ 17

4.1 ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด, ค่าการดูดกลืนแสง และค่าพีเอช ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 38

4.2 ประเภทและสมบัติทางกายภาพที่สังเกตได้ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 42

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และลักษณะทางกายภาพของสีที่สังเกตได้ ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 43

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 44

4.5 ลักษณะทางกายภาพของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายอะลัมความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 48

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายอะลัมความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 49

4.7 ลักษณะทางกายภาพของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 51

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 52

ตารางที่ หน้าที่

4.9 ลักษณะทางกายภาพของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้นของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 54

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 55

4.11 ลักษณะทางกายภาพของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้นของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ปริมาณ 500 mg 58

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ปริมาณ 500 mg 59

4.13 ลักษณะทางกายภาพของสารละลายและตะกอนที่เกิดขึ้นของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเคโอลิไนท์ปริมาณ 500 mg 61

4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเคโอลิไนท์ปริมาณ 500 mg 62

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายอะลัมและค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 5-6 67

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต และ ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 8-10 69

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายเฟอรัสซัลเฟตและค่าการ ดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 8-10 71

ตารางที่ หน้าที่

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเบนโตไนท์ที่เปลี่ยนแปลงไปและ
ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 73

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเบนโตไนท์ที่เปลี่ยนแปลงไปและ
ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด (ต่อ) 74

4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเคโอลิไนท์ที่เปลี่ยนแปลงไปและ
ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 76

4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายอะลัม ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม
และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์
ปริมาณ 1 g 79

4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต
ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่น
ที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด
เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ ปริมาณ 1 g 81

4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายเฟอรัสซัลเฟต ความเข้มข้น
500 พีพีเอ็ม และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่า
การดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด
เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ปริมาณ 1 g 83

4.23 ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด, ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น,
ค่าพีเอช และสมบัติทางกายภาพของสีที่สังเกตได้ของน้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด 85

4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเบนโตไนท์และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย
วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของน้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด 88

4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารตกตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไป
และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด
ของน้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ปริมาณ 2 g 90

ตารางที่ หน้าที่

4.26 แสดงค่าพีเอช, ค่าบีโอดี, ค่าซีโอดี และค่าเอสเอสของ
น้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด ก่อนและหลังทำการทดลอง 91

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	แสดงการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงาน ($\triangle E$) ของสารที่เป็น M ระหว่างการดูดกลืนโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ $h\nu$	15
2.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสง (ABSORBANCE) กับความยาวคลื่น (WAVELENGTH)	16
2.3	แสดงส่วนประกอบอย่างย่อของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	18
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน RED B-S 200	39
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน BLUE GL-S 300	39
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน LIGHT ROSE FR	40
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน BLUE BRL	40
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน RED HE 7B	41
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงกับความยาวคลื่นของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน BLUE HA	41
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด	45
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายอะลัมความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3	50

รูปที่ หน้าที่

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ความเข้มเข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 53

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมสารละลายเฟอรัสซัลเฟตความเข้มเข้น 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 5 cm^3 56

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ ปริมาณ 500 mg 60

4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย วัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อม มาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเคโอลิไนท์ ปริมาณ 500 mg 63

4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายอะลัม และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย ที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 5-6 68

4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 8-10 70

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายเฟอรัสซัลเฟต และค่าการ ดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด ที่ช่วงพีเอช 8-10 72

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเบนโตไนท์ที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 75

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเคโอลิไนท์ที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด 77

รูปที่ หน้าที่

4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายอะลัมที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ 1 g 80

4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของสารละลายสีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ 1 g 82

4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารละลายเฟอรัสซัลเฟต และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารละลาย สีย้อมมาตรฐาน 6 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินเบนโตไนท์ 1 g 84

4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ดินเบนโตไนท์ และค่าการดูดกลืนแสง เฉลี่ยวัดที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของน้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด 89

4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรสารตกตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไป และค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ของน้ำทิ้งตัวอย่าง 5 ชนิด เมื่อเติมแร่ดินปริมาณ 2 g 90