**สารบัญ**

หัวเรื่อง หน้า

บทคัดย่อ ค

ABSTRACT ง

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ซ

สารบัญภาพ ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

 1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ .......................................................................................... 3

บทที่ 2 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

 2.1 สีย้อม 4

 2.2 การดูดซับ 7

 2.3 วัสดุดูดซับ 18

 2.4 การกระตุ้นทางกายภาพ และเคมี 22

 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 30

 3.1 วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี 30

 3.2 การเตรียมวัสดุดูดซับแบบเบนโทไนท์ 33

 3.3 การศึกษาสมบัติและลักษณะทางกายภาพของวัสดุดูดซับ 36

 3.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารละลายสีย้อม

 เมทิลลีนบลู และเมทิลออร์เรนจ์ด้วยวัสดุดูดซับ 36

หัวเรื่อง หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 39

 4.1 ผลการศึกษาวิธีการกระตุ้นทางกายภาพและทางเคมี 39

 4.2 ผลการศึกษาสมบัติและลักษณะทางกายภาพของวัสดุดูดซับ 45

 4.3 ผลของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดซับสารละลาย

 สีย้อมเมทิลลีนบลูและเมทิลออเรนจ์ด้วยวัสดุดูดซับ 49

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 58

 5.1 ปรับปรุงคุณสมบัติของเบนโทไนท์โดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี

 และทางกายภาพ 58

 5.2 องค์ประกอบและลักษระทางกายภาพของวัสดุดูดซับ 59

 5.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อม 59

 5.4 ข้อเสนอแนะ 60

บรรณานุกรม 61

ภาคผนวก 68

 ภาคผนวก ก การเตรียมสาร กราฟมาตรฐานและการคำนวณ 69

 ภาคผนวก ข เทคนิค BET Surface area 74

 ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 80

ประวัติผู้วิจัย 83

**สารบัญตาราง**

ตารางที่ หน้า

2.1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแร่ดินเบนโทไนท์ 21

3.1 วัสดุและสารเคมี 30

3.2 เครื่องมือที่ใช้ 31

3.3 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการกระตุ้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 34

3.4 ศึกษาสภาวะที่ใช้ในการกระตุ้นสารละลายไฮโดรคลอริก 34

3.5 การกระตุ้นโดยวิธีการให้ความร้อน (Thermal Activated) 35

4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเบนโทไนท์ 39

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการกระตุ้น 40

4.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการกระตุ้น …….. 41

4.4 ผลการศึกษาการให้ความร้อนในการกระตุ้น (Thermal Activation) วัสดุดูดซับ

 ต่อการดูดซับสีย้อมแคทไอออนเมทิลลีนบลูและเมทิลออเรนจ์ 43

4.5 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์เซชัน 45

4.6 ผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค BET 47

4.7 ระยะเวลาในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่มีต่อวัสดุดูดซับประเภท BA50

 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่แตกต่างกัน 50

4.8ระยะเวลาในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่มีต่อวัสดุดูดซับประเภท BA50

 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่แตกต่างกัน 51

4.9 พีเอชของสารละลายเมทิลลีนบลูที่มีต่อวัสดุดูดซับประเภท BA50 54

4.10 ค่าคงที่จากสมการไอโซเทอมแบบแลงเมียร์และไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช 56

ก.1ความเข้มข้นและค่าการดูดกลืนของสารละลายสีย้อมเมทิลลีนบลู 72

**สารบัญภาพ**

ภาพที่ หน้า

2.1 ขั้นตอนการเคลื่อนตัวของตัวถุกดูดซับในขบวนการ Adsorption 8

2.2 การดูดซับของสารดูดซับด้วยแรงทางไฟฟ้าสถิต 10

2.3 การเปลี่ยนรูปของโลหะหนักในกลุ่มประจุบวกสอง ในสารละลายที่มีค่า pH ต่าง ๆ 13

2.4 รูปแบบ Adsorption Isotherm Isotherm (W : Weight adsorbed ; P0 : adsorbate Equilibrium

 pressure ; P : adsorbate saturated equilibrium pressure ;P/P0 relative pressure) 15

2.5 ลักษณะของ Freundlich Adsorption Isotherm 17

2.6 เบนโทไนท์ 18

2.7 โครงสร้างโมเลกุลแบบเป็นแผ่นของกลุ่มแร่ฟิลโลซิลิเกด 20

2.8 รูปร่างของมอนต์มอริลโลไนต์ 20

2.9 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการกระตุ้นทางกายภาพ 23

2.10 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมี 24

3.1 โครงสร้างของเมทิลีนบลู 31

3.2 โครงสร้างทางเคมีของสีย้อมเมทิลออเรนจ์ 31

4.1 ผลการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาเบนโทไนท์ 39

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการกระตุ้น 41

4.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการกระตุ้น 42

4.4 ผลการศึกษาการให้ความร้อนในการกระตุ้น (Thermal Activation) ความเข้มข้น

 วัสดุดูดซับต่อการดูดซับสีย้อมเมทิลลีนบลูและเมทิลออร์เรนจ์ 44

4.5 Point of zero chang (pHpzc) ของวัสดุดูดซับประเภท BA50 46

4.6 FTIR Spectra ของ BA50 48

4.7 FTIR Spectra ของ BA50 หลังดูดซับ 48

4.8 ระยะเวลาในการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูที่มีต่อวัสดุดูดซับประเภท BA50

 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่แตกต่างกัน 52

4.9 ระยะเวลาในการดูดซับสีย้อมเมทิลออเรนจ์ที่มีต่อวัสดุดูดซับประเภท BA50

 ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่แตกต่างกัน 53

ภาพที่ หน้า

4.10 ผลของพีเอชของสารละลายสีย้อมเมทิลลีนบลูและเมทิลอเรนจ์ที่มีต่อ

 วัสดุดูดซับประเภท BA50 54

4.11 ไอโซเทอมการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูของวัสดุดูดซับ BA50 (A) แบบแลงเมียร์

 (B) แบบฟรุนลิช 56

ก.1  กราฟมาตรฐานของสารละลายสีย้อมเมทิลลีนบลู 72

ข.1 การดูดซับแก๊สไนโตรเจนบนผิวหน้าและภายในรูพรุนของวัสดุ 76

ข.2 การดูดซับโมเลกุลของแก๊สไนโตรเจนของวัสดุเป็นชั้น ๆ 76

ข.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแก๊สที่ถูกดูดซับกับความดันสัมพัทธ์ 77

ข.4  เครื่องวิเคราะห์ขนาดพื้นที่ผิวจำ เพาะและปริมาตรรูพรุน 79

ค.1 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ 81

ค.2 เครื่องเขย่า 81

ค.3 เตาเผา 82

ค.4 เครื่อง pH – Meter 82