สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ง
สารบัญเรื่อง	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เบนทอไนท์ (Bontonite)	5
2.2 สีย้อม (Dyes)	9
2.3 การดูดซับ (Adsorption)	16
2.4 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ทำ	22
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	25
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	25
3.2 วิธีการทดลอง	26
3.2.1 การเตรียมเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร	26
3.2.2 การศึกษาสมบัติของเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร	26
3.2.3 การศึกษาความสามารถดูดซับโลหะและสีย้อมแอซิดของตัวอย่างเบนทอไนท์ที่เตรียมได้	27
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	31
4.1 ตัวอย่างเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปรที่เตรียมได้	31
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร	31
4.1.2 หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร	33

Prince of Songkla University Pattani Campus

หน้า

4.1.3 ความสามารถการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของเบนทอไนท์ 36

4.2 ความสามารถในการดูดซับโลหะโดยเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร 37

4.2.1 ผลของระยะเวลาสัมผัสต่อความสามารถดูดซับโลหะตะกั่วและสังกะสี 37

4.2.2 ผลของ pH ของสารละลายต่อความสามารถดูดซับโลหะตะกั่วและสังกะสี 38

4.2.3 ผลของปริมาณตัวอย่างเบนทอไนท์ต่อความสามารถดูดซับโลหะตะกั่วและสังกะสี 40

4.2.4 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะตะกั่วและสังกะสี 42

4.2.5 ไอโซเทอร์มของการดูดซับโลหะ 42

4.3 ความสามารถการดูดซับสีย้อมโดยเบนทอไนท์ธรรมชาติและเบนทอไนท์ดัดแปร 47

4.3.1 ผลของเวลาสัมผัสต่อความสามารถดูดซับสี 47

4.3.2 ผลของ pH ต่อความสามารถดูดซับสี 48

4.3.3 ผลของปริมาณตัวอย่างเบนทอไนท์ต่อความสามารถดูดซับสี 51

4.3.4 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสี 52

4.3.5 ไอโซเทอร์มของการดูดซับสี 55

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง 61

ภาคผนวก ก 66

ภาคผนวก ข 69

ภาคผนวก ค 74

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างผงสีอนินทรีย์	12
4.1	เลขคลื่นและหมู่ฟังก์ชันของเบนทอไนท์ธรรมชาติ (N-bentonite) และเบนทอไนท์ดัดแปรNa-bentonite, ODA-bentonite และ CTA-bentonite	33
4.2	ความสามารถการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของเบนทอไนท์ธรรมชาติ (N-bentonite) และเบนทอไนท์ดัดแปร (Na-bentonite, CTA-bentonite และ ODA-bentonite)	36
4.3	Langmuir และ Freundlich isotherms สำหรับการดูดซับตะกั่วและสังกะสีโดยตัวดูดซับ N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite	44
4.4	ความสามารถดูดซับสูงสุด (q_m) สำหรับตะกั่วและสังกะสี โดยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ	46
4.5	Langmuir และ Freundlich isotherms สำหรับการดูดซับสี Black MLD และ Congo Red ด้วย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite	55
4.6	ความสามารถดูดซับสีย้อมสูงสุด (q_m, mg/g) โดยตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ	57

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเบนทอไนท์	6
2.2	ลักษณะการแลกเปลี่ยนไอออนในชั้นซิลิเกตของเบนทอไนท์ด้วยสารอินทรีย์	9
4.1	ลักษณะของเบนทอไนท์ธรรมชาติ N-bentonite (ก) และเบนทอไนท์ดัดแปร Na-bentonite (ข) ODA-bentonite (ค) และ CTA-bentonite (ง)	31
4.2	ปริมาณภาพถ่าย SEM ของเบนทอไนท์ธรรมชาติ N-bentonite (ก) และเบนทอไนท์ดัดแปร Na-bentonite (ข) ODA-bentonite (ค) และ CTA-bentonite (ง) (กำลังขยาย 5000 เท่า)	32
4.3	FTIR spectra ของ N-bentonite (ก) Na-bentonite (ข) CTA-bentonite (ค) และ ODA-bentonite (ง)	34
4.4	โครงสร้างเคมีของ (ก) ออกตะเดซิลเอมีน (Octadecylamine, ODA) และ (ข) เซทิลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (CTAB)	35
4.5	ความสามารถดูดซับตะกั่วโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ที่เวลาต่าง ๆ (Pb^{2+} 20 mg/L, pH 5.0, ปริมาณตัวดูดซับ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm)	37
4.6	ความสามารถดูดซับสังกะสีโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ที่เวลาต่าง ๆ (Zn^{2+} 10 mg/L, pH 5.0, ปริมาณตัวดูดซับ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm)	38
4.7	ความสามารถดูดซับตะกั่วโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ที่ pH ต่าง ๆ (Pb^{2+} 20 mg/L, ปริมาณตัวดูดซับ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	39
4.8	ความสามารถดูดซับสังกะสีโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ที่ pH ต่างๆ (Zn^{2+} 10 mg/L, ปริมาณตัวดูดซับ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	39
4.9	ร้อยละการดูดซับตะกั่วโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ปริมาณต่าง ๆ (Pb^{2+} 10 และ 20 mg/L, pH 5.0, เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	41
4.10	ร้อยละการดูดซับสังกะสีโดย N-bentonite, Na-bentonite และ ODA-bentonite ปริมาณต่างๆ (Zn^{2+} 10 mg/L, pH 5.0, เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	41
4.11	ความสามารถดูดซับตะกั่วของตัวอย่างเบนทอไนท์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ ของสารละลายตะกั่ว pH 5.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 4 g/L เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	42
4.12	ความสามารถดูดซับสังกะสีของตัวอย่างเบนทอไนท์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ ของสารละลายสังกะสี pH 5.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 4 g/L เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	43
4.13	ความสามารถดูดซับตะกั่ว ของตัวอย่างเบนทอไนท์ที่ความเข้มข้นสมดุลของสารละลายตะกั่ว pH 5.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 4 g/L เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr)	43

Prince of Songkla University Pattani Campus

รูปที่ หน้า

4.14 ความสามารถดูดซับสังกะสีของตัวอย่างเบนทอไนท์ที่ความเข้มข้นสมดุลของสารละลายสังกะสี pH 5.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 4 g/L เขย่าที่ 250 rpm, 2 hr) 44

4.15 ความสามารถดูดซับสี Black MLD โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite ที่เวลาต่างๆ (สารละลายสีเข้มข้น 20, 30 และ 60 mg/L ตามลำดับ pH 4.0, ปริมาณเบนทอไนท์ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm) 47

4.16 ความสามารถดูดซับสี Congo Red โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite ที่เวลาต่าง ๆ (สารละลายสีเข้มข้น 50, 100 และ 100 mg/L ตามลำดับ pH 4.0, ปริมาณ เบนทอไนท์ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm) 48

4.17 ความสามารถดูดซับสี Black MLD โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentoniteที่ pH ต่าง ๆ (สารละลายสีเข้มข้น 20, 30 และ 60 mg/L ตามลำดับ, ปริมาณเบนทอไนท์ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm) 49

4.18 ความสามารถดูดซับสี Congo Red โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite ที่ pH ต่าง ๆ (สารละลายสีเข้มข้น 50, 100 และ 100 mg/L ตามลำดับ, ปริมาณเบนทอไนท์ 2 g/L, เขย่าที่ 250 rpm) 49

4.19 โครงสร้างของสี Black MLD (ก) และ Congo Red (ข) 50

4.20 ร้อยละการดูดซับสี Black MLD โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite ปริมาณต่างๆ (สารละลายสีเข้มข้น 20, 30 และ 60 mg/L pH 4.0 ตามลำดับ เขย่าที่ 250 rpm) 51

4.21 ร้อยละการดูดซับสี Congo Red โดย N-bentonite, Na-bentonite และ CTA-bentonite ปริมาณต่างๆ (สารละลายสีเข้มข้น 50, 100 และ 100 mg/L pH 7.0 ตามลำดับ เขย่าที่ 250 rpm) 52

4.22 ความสามารถดูดซับสี Black MLD โดย N-bentonite, Na-bentonite (ก) และ CTA-bentonite (ข) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ ของสารละลายสี pH 4.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 1, 4 และ 2 g/L ตามลำดับ เขย่าที่ 250 rpm) 53

4.23 ความสามารถดูดซับสี Congo Red โดย N-bentonite, Na-bentonite (ก) และ CTA-bentonite (ข) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ ของสารละลายสี pH 7.0 (ปริมาณเบนทอไนท์ 2 g/L เขย่าที่ 250 rpm) 54

Prince of Songkla University Pattani Campus