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	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการดูดซับ (Adsorption)	4
2.2 โลหะหนัก (Heavy metals)	6
2.3 สาหร่ายทะเล	11
2.4 กลไกการสะสมโลหะหนักโดยจุลินทรีย์	13
2.3 การวิจัยที่เกี่ยวข้องและคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ทำ	18
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	23
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี	23
3.2 วิธีการทดลอง	24
3.2.1 การหาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ ตะกอนดินและสิ่งมีชีวิตในน้ำ	24
3.2.2 การศึกษาความสามารถดูดซับโลหะหนักบางชนิดโดยสาหร่ายทะเล	26
3.2.3 การศึกษา sorption-desorption	27
3.2.4 การศึกษาการดูดซับโลหะหนักสารหนูโดยจุลินทรีย์	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปราย	33
4.1 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง	33
4.2 การศึกษาความสามารถดูดซับโลหะหนักโดยตัวอย่างสาหร่ายแบบไม่ต่อเนื่อง	40
4.3 กระบวนการ Adsorption-desorption ของตะกั่วโดยวัสดุตัวอย่างสาหร่ายผมนาง	49

Prince of Songkla University Pattani Campus

หน้า

4.4 การคัดแยกเชื้อจากธรรมชาติและการทดสอบความสามารถดูดซับโลหะหนักสารหนู 50

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 59

เอกสารอ้างอิง 62

ภาคผนวก ก 67

ภาคผนวก ข 73

Prince of Songkla University
Pattani Campus

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สะสมโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ไว้ในเซลล์ และปริมาณการสะสมในระดับที่ยอมรับในอุตสาหกรรม	14
4.1	แสดงค่าพีเอช ในน้ำตัวอย่างที่เก็บจากแม่น้ำปัตตานีตอนบน 3 ครั้ง	33
4.2	ปริมาณทองแดง ตะกั่ว และสารหนูที่ตรวจพบในตัวอย่างสัตว์น้ำที่เก็บจากลำน้ำปัตตานี จังหวัดยะลา 4 บริเวณ จำนวน 3 ครั้ง (1 : พฤศจิกายน 2544, 2 : ธันวาคม 2544, 3 : มกราคม 2545)	39
4.3	แสดงค่าความสามารถสูงสุดในการดูดซับโลหะ ($Q_m \pm SD$) แต่ละชนิด ของตัวอย่างสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด และถ่านกัมมันต์	46
4.4	ค่าการดูดกลืนแสง (Optical density, OD) ของเชื้อที่คัดแยกได้จากธรรมชาติ เจริญในอาหาร NB ที่มีสารหนูเข้มข้น 12 mg/L เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (เจือจาง 30 เท่า)	51
4.5	ผลการทดสอบสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ W 2-4 3 เปรียบเทียบกับ *P. aeruginosa* TISTR 358	54
4.6	ปริมาณการดูดซับสารหนู (%As Adsorption) และความสามารถดูดซับสารหนูของเซลล์ W 2-4 3 ในสภาพมีชีวิตและไม่มีชีวิตในอาหาร NB ที่มีสารหนูเข้มข้น 12 mg/L	57

Prince of Songkla University Pattani Campus

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.1	ปริมาณทองแดง (mg/L) ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ บริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่ง เมื่อ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	33
4.2	ปริมาณตะกั่ว (mg/L) ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ บริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่ง เมื่อ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	34
4.3	ปริมาณสารหนู (µg/L) ที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ บริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่ง เมื่อ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	34
4.4	ปริมาณทองแดงที่ปนเปื้อนในตัวอย่างตะกอนดิน (mg/kg) ซึ่งเก็บจากบริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่งจำนวน 3 ครั้งคือ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	36
4.5	ปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในตัวอย่างตะกอนดิน (mg/kg) ซึ่งเก็บจากบริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่งจำนวน 3 ครั้งคือ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	37
4.6	ปริมาณสารหนูที่ปนเปื้อนในตัวอย่างตะกอนดิน (mg/kg) ซึ่งเก็บจากบริเวณลำน้ำปัตตานี 4 แห่งจำนวน 3 ครั้งคือ 1) เดือนพฤศจิกายน 2544 2) เดือนธันวาคม 2544 และ 3) เดือนมกราคม 2545	37
4.7	ความสามารถดูดซับทองแดง (Q±SD, mg/g) โดยสาหร่ายผมนาง *(G. fisheri)* และสาหร่ายผักกาด (*U. reticulata)* ที่พีเอชต่าง ๆ (ทองแดง 20 mg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	40
4.8	ความสามารถดูดซับตะกั่ว (Q±SD, µg/g) โดยสาหร่ายผมนาง *(G. fisheri)* และสาหร่ายผักกาด (*U. reticulata)* ที่พีเอชต่าง ๆ (ตะกั่ว 70 µg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	41
4.9	ความสามารถดูดซับสารหนู (Q±SD, µg/g) โดยสาหร่ายผมนาง *(G. fisheri)* และสาหร่ายผักกาด (*U. reticulata)* ที่พีเอชต่าง ๆ (สารหนู 50 µg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	42
4.10	ความสามารถดูดซับทองแดง (Q±SD, mg/g) โดยสาหร่ายผักกาดในปริมาณต่าง ๆ กัน (Cu = 20 mg/L, pH 5.0±0.5, 100 rpm agitation)	43
4.11	ความสามารถดูดซับสารหนู (Q±SD, µg/g) โดยสาหร่ายผักกาดในปริมาณต่าง ๆ กัน (As = 50 µg/L, pH 5.0±0.5, 100 rpm agitation)	43
4.12	ความสามารถดูดซับโลหะทองแดง (Q±SD, mg/g) โดยตัวอย่างสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด และถ่านกัมมันต์ (ทองแดงตั้งต้น 0-20 mg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	44

Prince of Songkla University Pattani Campus

รูปที่		หน้า
4.13	ความสามารถดูดซับโลหะหนักตะกั่ว โดยตัวอย่างสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด และถ่านกัมมันต์ (ตะกั่วตั้งต้น 0-4 mg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	45
4.14	ความสามารถดูดซับโลหะหนักสารหนู โดยตัวอย่างสาหร่ายผมนาง สาหร่ายผักกาด และถ่านกัมมันต์ (สารหนูตั้งต้น 0-70 µg/L, pH 5.0±0.5; สาหร่าย 0.2 g/100 mL)	45
4.15	ความสามารถดูดซับทองแดง (Q±SD, mg/g) ของสาหร่าย 2 ชนิด ที่เวลาต่าง ๆ (เส้นประ-10 mg/L Cu และ เส้นทึบ-20 mg/L Cu)	47
4.16	ความสามารถดูดซับตะกั่ว (Q±SD, µg/g) ของสาหร่าย 2 ชนิด ที่เวลาต่าง ๆ (เส้นประ-25 µg/L Pb และ เส้นทึบ-50 µg/L Pb)	48
4.17	ความสามารถดูดซับสารหนู (Q±SD, µg/g) ของสาหร่าย 2 ชนิด ที่เวลาต่าง ๆ (เส้นประ-25 µg/L As และ เส้นทึบ- 50 µg/L As)	48
4.18	Adsorption ของตะกั่ว (20 mg/L) โดยตัวอย่างสาหร่ายผมนางที่ผ่านการชะด้วย 0.1 M HNO_3 และ 0.1 M $CaCl_2$ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	49
4.19	Desorption ของตะกั่วโดยตัวอย่างสาหร่ายผมนางที่ผ่านการชะด้วย 0.1 M HNO_3 และ 0.1 M $CaCl_2$ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	49
4.20	กราฟแสดงปริมาณการดูดซับสารหนู (% As Adsorption) โดยแบคทีเรีย 8 ไอโซเลต ที่คัดแยกจากธรรมชาติเลี้ยงในอาหาร NB ที่มีสารหนูเข้มข้น 12 mg/L เป็นเวลา 7 วัน	51
4.21	กราฟแสดงน้ำหนักแห้งของเซลล์แบคทีเรียไอโซเลต W 2-4 3 (mg/100 mL) ที่เวลาต่าง ๆ	52
4.22	กราฟแสดงการเจริญของเซลล์ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 358 ในหน่วยค่าการดูดกลืนแสง (Optical density) ที่ 570 nm	52
4.23	กราฟแสดงการเจริญของเซลล์ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 358 ในหน่วยจำนวนจุลินทรีย์	53
4.24	เซลล์แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากธรรมชาติ (W 2-4 3) ย้อมสีแกรม กำลังขยาย 100 เท่า	55
4.25	เซลล์ *Pseudomonas aeruginosa* TISTR 358 ย้อมสีแกรม กำลังขยาย 100 เท่า	55
4.26	กราฟแสดงปริมาณการดูดซับสารหนู (% As Adsorption) โดยเซลล์ W 2-4 3 เลี้ยงในอาหาร NB ที่พีเอชต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน	56
4.27	กราฟแสดงปริมาณการดูดซับสารหนู (% As Adsorption) โดยเซลล์ W 2-4 3 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	57
4.28	ปริมาณการดูดซับสารหนู (%) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดย *P. aeruginosa* TISTR 358	58

Prince of Songkla University Pattani Campus