

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ด
อักษรย่อและสัญลักษณ์	ท
1. บทนำ	
1.1 สมบัติของสารหนู	1
1.2 การสะสมตัวและการแพร่กระจายของสารหนู	2
1.3 วัฏจักรของสารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติ	5
1.4 การใช้ประโยชน์ของสารหนู	6
1.5 ทางเข้าสู่สิ่งแวดล้อม	7
1.6 ปริมาณความเข้มข้นในสิ่งแวดล้อม	8
1.7 ความเป็นพิษของสารหนู	10
1.8 การลดปริมาณสารหนูในน้ำ	10
1.9 ชนิดของดินและแร่ที่ใช้เป็นตัวดูดซับ	15
1.10 ทฤษฎีการดูดซับ	16
1.11 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	20
2. การทดลอง	
2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี	21
2.2 ตัวอย่างดินและแร่	22
2.3 การเก็บตัวอย่างดินและแร่	22
2.4 การเตรียมตัวอย่างดินและแร่	22
2.5 การหาการกระจายขนาดอนุภาคของดินและแร่	22
2.6 การวิเคราะห์หาชนิดของดินและแร่ที่ประกอบอยู่ในตัวอย่างโดยใช้	23

X-ray diffraction spectrometer (XRD)

	หน้า
2.7 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างดินและแร่โดยใช้ X-ray fluorescence spectrometer (XRF)	23
2.8 การศึกษาความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดินและแร่	23
2.9 การศึกษาสภาวะสมดุลของดินและแร่ที่ pH 2-12	23
2.10 การศึกษาวิธีการวิเคราะห์อาร์ซีนิก(V) และอาร์ซีนิก (III) โดยวิธี Molybdenum-blue	23
2.11 การศึกษาวิธีการวิเคราะห์ฟอสเฟตโดยวิธี Molybdate-malachite green	25
2.12 การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกาโดยวิธี Molybdenum-blue	26
2.13 การศึกษาการรบกวนของซิลิกาที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วยวิธี Molybdenum-blue	27
2.14 การศึกษาการรบกวนของฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วยวิธี Molybdenum-blue	27
2.15 การศึกษาการรบกวนของซิลิการวมกับฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วยวิธี Molybdenum-blue	28
2.16 การศึกษาการรบกวนของฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วยวิธี Molybdenum-blue	28
2.17 การศึกษาการรบกวนของอาร์ซีนิกที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วยวิธี Molybdate-blue	28
2.18 การศึกษาปริมาณของซิลิกาที่ถูกชะออกมาที่ pH ต่าง ๆ	28
2.19 การศึกษาปริมาณของฟอสเฟตที่ถูกชะออกมาที่ pH ต่าง ๆ	29
2.20 การศึกษาปริมาณของอาร์ซีนิก(V) ที่ถูกชะออกมาที่ pH ต่าง ๆ	29
2.21 การศึกษาปริมาณของอาร์ซีนิก(III) ที่ถูกชะออกมาที่ pH ต่าง ๆ	29
2.22 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่ pH ต่าง ๆ	29
2.23 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(III) ที่ pH ต่าง ๆ	29
2.24 การศึกษาเวลาในการดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่เวลาต่าง ๆ	30
2.25 การศึกษาเวลาในการดูดซับอาร์ซีนิก(III) ที่เวลาต่าง ๆ	30

	หน้า
2.26 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(V) ที่ pH 4	31
2.27 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(III) ที่ pH 4	31
2.28 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(V) ที่ pH 7	32
2.29 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(III) ที่ pH 7	32
2.30 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(V) โดยใช้คอลัมน์	33
2.31 การวิเคราะห์หาปริมาณอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่าง	33
2.32 การศึกษาการกำจัดอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่างโดยวิธีการเยาะ	33
2.33 การศึกษาการกำจัดอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่างโดยวิธีผ่านคอลัมน์	33
3. ผลการทดลอง	
3.1 การหาการกระจายขนาดของอนุภาคของดินและแร่	34
3.2 การวิเคราะห์หาชนิดของดินและแร่ที่ประกอบอยู่ในตัวอย่างโดยใช้ X-ray diffraction spectrometer(XRD)	35
3.3 การวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของธาตุที่ประกอบอยู่ในตัวอย่างโดยใช้ X-ray fluorescence spectrometer (XRF)	45
3.4 การศึกษาความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดินและแร่	51
3.5 การศึกษาสภาวะสมดุลของดินและแร่ที่ pH 2-12	52
3.6 การศึกษาวิธีวิเคราะห์อาร์ซีนิก(V) และอาร์ซีนิก(III) โดยใช้วิธี Molybdenum- blue	58
3.7 การศึกษาวิธีวิเคราะห์ฟอสเฟตโดยวิธี Molybdate- malachite green	60
3.8 การศึกษาวิธีวิเคราะห์ซิลิกาโดยวิธี Molybdenum-blue	61
3.9 การศึกษาการรบกวนของซิลิกาที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วย วิธี Molybdenum-blue	62
3.10 การศึกษาการรบกวนของฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วย วิธี Molybdenum-blue	63
3.11 การศึกษาการรบกวนของซิลิกาและฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วย วิธี Molybdenum-blue	64
3.12 การศึกษาการรบกวนของฟอสเฟตที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วย วิธี Molybdenum-blue	65

3.13 การศึกษาการรบกวนของอาร์ซีนิกที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วยวิธี Molybdenum-blue	66
3.14 การศึกษาปริมาณของซิลิกาที่ถูกชะออกมาที่ pH 2-12	67
3.15 การศึกษาปริมาณของฟอสเฟตที่ถูกชะออกมาที่ pH 2-12	73
3.16 การศึกษาปริมาณของอาร์ซีนิก(V) ที่ถูกชะออกมาที่ pH 2-12	80
3.17 การศึกษาปริมาณของอาร์ซีนิก(III) ที่ถูกชะออกมาที่ pH 2-12	81
3.18 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่ pH 2-12	82
3.19 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(III) ที่ pH 2-12	90
3.20 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่เวลาต่าง ๆ	98
3.21 การศึกษาเวลาที่ใช้ในการดูดซับอาร์ซีนิก(III) ที่เวลาต่าง ๆ	102
3.22 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(V) ที่ pH 4	106
3.23 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(III) ที่ pH 4	116
3.24 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(V) ที่ pH 7	126
3.25 การศึกษา Adsorption isotherm ของอาร์ซีนิก(III) ที่ pH 7	136
3.26 การศึกษาการดูดซับอาร์ซีนิก(V) โดยวิธีผ่านคอลัมน์	146
3.27 การวิเคราะห์หาปริมาณอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่าง	149
3.28 การศึกษาการกำจัดอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่างโดยใช้วิธีเยาะ	150
3.29 การศึกษาการกำจัดอาร์ซีนิกในน้ำตัวอย่างโดยใช้วิธีผ่านคอลัมน์	152
4. วิจัยและสรุปผลการทดลอง	
4.11 วิจัยผลการทดลอง	154
4.12 สรุปผลการทดลอง	166
เอกสารอ้างอิง	169
ประวัติผู้เขียน	173

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ชนิดของแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบ	2
1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในน้ำทิ้งจากกิจกรรมประเภทต่าง ๆ	7
1.3 ปริมาณสารหนูที่ออกสู่บรรยากาศ	8
1.4 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำที่มีสารหนูปนเปื้อน	14
1.5 การเปรียบเทียบการดูดซับทางเคมีและทางกายภาพ	17
3.1 การกระจายขนาดอนุภาคของดินแดงกาญจนบุรี	34
3.2 การกระจายขนาดอนุภาคของดินแดงคอยสะเก็ด	34
3.3 การกระจายขนาดอนุภาคของศิลาแลง	35
3.4 ผล X-ray diffraction ของดินแดงกาญจนบุรี ขนาด (-200 mesh)	35
3.5 ผล X-ray diffraction ของดินแดงคอยสะเก็ด ขนาด (-200 mesh)	36
3.6 ผล X-ray diffraction ของดินแดงกาญจนบุรี ขนาด (-120+200 mesh)	37
3.7 ผล X-ray diffraction ของศิลาแลง ขนาด (-200 mesh)	37
3.8 ผล X-ray diffraction ของศิลาแลง ขนาด (-120+200 mesh)	38
3.9 ผล X-ray diffraction ของฮีมาไทต์ ขนาด (-200 mesh)	38
3.10 ผล X-ray fluorescence ของดินแดงกาญจนบุรี ขนาด (-200 mesh)	45
3.11 ผล X-ray fluorescence ของดินแดงคอยสะเก็ด ขนาด (-200 mesh)	46
3.12 ผล X-ray fluorescence ของดินแดงคอยสะเก็ด ขนาด (-120+200 mesh)	47
3.13 ผล X-ray fluorescence ของศิลาแลง ขนาด (-200 mesh)	48
3.14 ผล X-ray fluorescence ของศิลาแลง ขนาด (-120+200 mesh)	49
3.15 ผล X-ray fluorescence ของฮีมาไทต์ ขนาด (-200 mesh)	50
3.16 ค่า pH ของสารละลายตัวอย่าง ณ สภาวะสมดุล	51
3.17 การหาความแม่นยำ (Precision) และขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit) ของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณอาร์ซีนิก(V) โดยวิธี Molybdenum-blue	58
3.18 การหาความแม่นยำ (Precision) และขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit) ของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณอาร์ซีนิก(III) โดยวิธี Molybdenum- blue	59

ตาราง(ต่อ)	หน้า
3.19 การหาความแม่นยำ (Precision) และขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit) ของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตโดยวิธี Molybdate -malachite green	60
3.20 การหาความแม่นยำ (Precision) และขีดจำกัดของการตรวจวัด (Detection limit) ของวิธีวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกาโดยวิธี Molybdenum-blue	61
3.21 ผลการวิเคราะห์อาร์ซีนิกที่มีซิลิกาอยู่ในสารละลายที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิก ด้วยวิธี Molybdenum-blue	62
3.22 ผลการวิเคราะห์อาร์ซีนิกที่มีฟอสเฟตอยู่ในสารละลายที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิก ด้วยวิธี Molybdenum-blue	63
3.23 ผลการวิเคราะห์อาร์ซีนิกที่มีซิลิกาและฟอสเฟตอยู่ในสารละลายที่มีผลต่อการวิเคราะห์อาร์ซีนิกด้วยวิธี Molybdenum-blue	64
3.24 ผลการวิเคราะห์ซิลิกาที่มีฟอสเฟตอยู่ในสารละลายที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วยวิธี Molybdenum-blue	65
3.25 ผลการวิเคราะห์ซิลิกาที่มีอาร์ซีนิกอยู่ในสารละลายที่มีผลต่อการวิเคราะห์ซิลิกาด้วยวิธี Molybdenum-blue	66
3.26 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 2	67
3.27 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 3	67
3.28 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 4	68
3.29 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 5	68
3.30 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 6	69
3.31 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 7	69
3.32 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 8	70
3.33 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 9	70
3.34 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 10	71
3.35 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 11	71
3.36 ผลการวิเคราะห์ปริมาณซิลิกาในตัวอย่างที่ pH 12	72
3.37 ปริมาณ Silica ที่ถูกชะที่ pH ต่าง ๆ	72

ตาราง (ต่อ)	หน้า
3.38 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 2	73
3.39 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 3	73
3.40 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 4	74
3.41 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 5	74
3.42 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 6	75
3.43 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 7	75
3.44 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 8	76
3.45 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 9	76
3.46 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 10	77
3.47 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 11	77
3.48 ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างที่ pH 12	78
3.49 ปริมาณฟอสเฟตที่ถูกชะที่ pH ต่าง ๆ	78
3.50 ปริมาณอาร์ซีนิก(V) ที่ถูกชะที่ pH ต่าง ๆ	80
3.51 ปริมาณอาร์ซีนิก (III) ที่ถูกชะที่ pH ต่าง ๆ	81
3.52 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 2	82
3.53 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 3	82
3.54 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 4	83
3.55 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 5	83
3.56 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 6	84
3.57 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 7	84
3.58 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 8	85
3.59 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 9	85
3.60 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 10	86
3.61 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 11	86
3.62 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 12	87
3.63 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ 10.0 mgAs(V)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH ต่างๆ	87
3.64 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 2	90

ตาราง (ต่อ)	หน้า
3.65 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 3	90
3.66 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 4	91
3.67 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 5	91
3.68 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 6	92
3.69 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 7	92
3.70 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 8	93
3.71 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 9	93
3.72 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 10	94
3.73 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 11	94
3.74 ผลการดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH 12	95
3.75 เปรูเซ็นต์การดูดซับ 10.0 mgAs(III)/l , 50ml บนตัวดูดซับที่ pH ต่าง ๆ	95
3.76 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงกาญจนบุรีที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	98
3.77 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงคอยสะเกิดที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	98
3.78 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของศิลาแลงที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	99
3.79 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของฮิมาไทต์ที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	99
3.80 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงกาญจนบุรีที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	102
3.81 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงคอยสะเกิดที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	102
3.82 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของศิลาแลงที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	103
3.83 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของฮิมาไทต์ที่เวลาต่าง ๆ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l ที่ pH 4	103

ตาราง(ต่อ)	หน้า
3.84 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงกาญจนบุรี ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	106
3.85 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงคอยสะเก็ด ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	107
3.86 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก(V) ของศิลาแลง ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	108
3.87 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของฮิมาไทต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	109
3.88 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดง กาญจนบุรี ที่ pH 4	110
3.89 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดง คอยสะเก็ดที่ pH 4	111
3.90 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนศิลาแลง ที่ pH 4	113
3.91 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนฮิมาไทต์ ที่ pH 4	114
3.92 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงกาญจนบุรี ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	116
3.93 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงคอยสะเก็ด ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	117
3.94 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของศิลาแลง ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	118
3.95 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของฮิมาไทต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 4	119
3.96 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนดินแดง กาญจนบุรี ที่ pH 4	120
3.97 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนดินแดง คอยสะเก็ดที่ pH 4	121
3.98 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนศิลาแลง ที่ pH 4	123
3.99 ค่าแลงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนฮิมาไทต์ ที่ pH 4	124
3.100 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงกาญจนบุรี ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	126
3.101 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงคอยสะเก็ด ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	127
3.102 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของศิลาแลง ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	128

ตาราง(ต่อ)	หน้า
3.103 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (V) ของฮิมาไทต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	129
3.104 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดงกาญจนบุรี ที่ pH 7	130
3.105 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก(V) บนดินแดงคอยสะเก็ดที่ pH 7	131
3.106 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนศิลาแลงที่ pH 7	133
3.107 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนฮิมาไทต์ที่ pH 7	134
3.108 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงกาญจนบุรี ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	136
3.109 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงคอยสะเก็ด ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	137
3.110 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของศิลาแลง ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	138
3.111 ผลการดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของฮิมาไทต์ ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่าง ๆ ที่ pH 7	139
3.112 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนดินแดงกาญจนบุรี ที่ pH 7	140
3.113 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนดินแดงคอยสะเก็ด ที่ pH 7	141
3.114 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนศิลาแลงที่ pH 7	143
3.114 ค่าแรงเมียร์และฟรอยด์ลิกพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการดูดซับอาร์ซีนิก (III) บนฮิมาไทต์ที่ pH 7	144
3.115 การกำจัดอาร์ซีนิก (V) ของดินแดงคอยสะเก็ด โดยการผ่านคอลัมน์ความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	146
3.116 การกำจัดอาร์ซีนิก (V) ของศิลาแลง โดยการผ่านคอลัมน์ ความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	147
3.118 ปริมาณอาร์ซีนิก (V) ในน้ำตัวอย่าง	149
3.119 ปริมาณอาร์ซีนิก (III) ในน้ำตัวอย่าง	149

ตาราง(ต่อ)	หน้า
3.120 การกำจัดอาร์ชีนิค (V) ของดินแดงคอยสะเกิด ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีเขย่า	150
3.121 การกำจัดอาร์ชีนิค (III) ของดินแดงคอยสะเกิด ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีเขย่า	150
3.122 การกำจัดอาร์ชีนิค (V) ของศิลาแลง ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีเขย่า	151
3.123 การกำจัดอาร์ชีนิค (III) ของศิลาแลง ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีเขย่า	151
3.124 การกำจัดอาร์ชีนิค(V) ของดินแดงคอยสะเกิด ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีผ่านคอลัมน์	152
3.125 การกำจัดอาร์ชีนิค (III) ของดินแดงคอยสะเกิด ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีผ่านคอลัมน์	152
3.126 การกำจัดอาร์ชีนิค (V) ของศิลาแลง ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีผ่านคอลัมน์	153
3.127 การกำจัดอาร์ชีนิค (III) ของศิลาแลง ในน้ำตัวอย่างโดยวิธีผ่านคอลัมน์	153

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 วัฏจักรของสารหนูในแหล่งน้ำธรรมชาติ	5
3.1 X-ray diffraction spectrum ของดินแดงกาญจนบุรี (ขนาด -200 mesh)	39
3.2 X-ray diffraction spectrum ของดินแดงดอยสะเก็ด (ขนาด -200 mesh)	40
3.3 X-ray diffraction spectrum ของดินแดงดอยสะเก็ด (ขนาด -120+200 mesh)	41
3.4 X-ray diffraction spectrum ของศิลาแลง (ขนาด -200 mesh)	42
3.5 X-ray diffraction spectrum ของศิลาแลง (ขนาด -120+200 mesh)	43
3.6 X-ray diffraction spectrum ของฮีมาไทต์ (ขนาด -200 mesh)	44
3.7 กราฟของ pH ณ สภาวะสมดุล	51
3.8 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 2	52
3.9 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 3	52
3.10 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 4	53
3.11 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 5	53
3.12 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 6	54
3.13 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 7	54
3.14 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 8	55
3.15 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 9	55
3.16 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 10	56
3.17 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 11	56
3.18 กราฟสภาวะสมดุลที่ pH 12	57
3.19 กราฟมาตรฐานของสารละลายอาร์ซีนิก(V)	58
3.20 กราฟมาตรฐานของสารละลายอาร์ซีนิก(III)	59
3.21 กราฟมาตรฐานของสารละลายฟอสเฟต	60
3.22 กราฟมาตรฐานของสารละลายซิลิกา	61
3.23 ปริมาณการชะของซิลิกาที่ pH ต่าง ๆ	79
3.24 ปริมาณการชะของฟอสเฟต ที่ pH ต่าง ๆ	79
3.25 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่ pH ต่าง ๆ ของดินแดงกาญจนบุรี	88

รูป(ต่อ)	หน้า
3.26 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก (V) ที่ pH ต่าง ๆ ของดินแดงคอยสะเก็ด	88
3.27 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่ pH ต่าง ๆ ของศิลาแลง	89
3.28 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่ pH ต่าง ๆ ของฮิมาไทต์	89
3.29 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงกาญจนบุรีที่ pH ต่าง ๆ	96
3.30 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของดินแดงคอยสะเก็ดที่ pH ต่าง ๆ	96
3.31 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของศิลาแลงที่ pH ต่าง ๆ	97
3.32 เปอร์เซ็นต์การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ของฮิมาไทต์ที่ pH ต่าง ๆ	97
3.33 การดูดซับอาร์ซีนิก(V) ที่เวลาต่าง ๆ ของดินแดงกาญจนบุรี โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	100
3.34 การดูดซับอาร์ซีนิก (V) ที่เวลาต่าง ๆ ของดินแดงคอยสะเก็ด โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	100
3.35 การดูดซับอาร์ซีนิก (V) ที่เวลาต่าง ๆ ของศิลาแลง โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	101
3.36 การดูดซับอาร์ซีนิก (V) ที่เวลาต่าง ๆ ของฮิมาไทต์ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.00 mg/l	101
3.37 การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ที่เวลาต่าง ๆ ของดินแดงกาญจนบุรี โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	104
3.38 การดูดซับอาร์ซีนิก(III) ที่เวลาต่าง ๆ ของดินแดงคอยสะเก็ด โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	104
3.39 การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ที่เวลาต่าง ๆ ของศิลาแลง โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	105
3.40 การดูดซับอาร์ซีนิก (III) ที่เวลาต่าง ๆ ของฮิมาไทต์ โดยความเข้มข้นเริ่มต้น 10.0 mg/l	105
3.41 แล่งเมียร์ฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดงกาญจนบุรี	110
3.42 ฟรอยด์ลิกฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดงกาญจนบุรี	111
3.43 แล่งเมียร์ฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดงคอยสะเก็ด	112
3.44 ฟรอยด์ลิกฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนดินแดงคอยสะเก็ด	112
3.45 แล่งเมียร์ฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนศิลาแลง	113
3.46 ฟรอยด์ลิกฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนศิลาแลง	114
3.47 แล่งเมียร์ฟลอตของการดูดซับอาร์ซีนิก (V) บนฮิมาไทต์	115

รูป(ต่อ)	หน้า
3.48 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนฮีมาไทด์	115
3.49 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงกาญจนบุรี	120
3.50 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงกาญจนบุรี	121
3.51 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงคอยสะเก็ด	122
3.52 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงคอยสะเก็ด	122
3.53 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนศิลาแลง	123
3.54 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนศิลาแลง	124
3.55 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนฮีมาไทด์	125
3.56 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนฮีมาไทด์	125
3.57 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนดินแดงกาญจนบุรี	130
3.58 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนดินแดงกาญจนบุรี	131
3.59 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนดินแดงคอยสะเก็ด	132
3.60 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนดินแดงคอยสะเก็ด	133
3.61 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนศิลาแลง	133
3.62 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนศิลาแลง	134
3.63 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนฮีมาไทด์	135
3.64 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (V) บนฮีมาไทด์	135
3.65 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงกาญจนบุรี	140
3.66 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงกาญจนบุรี	141
3.67 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงคอยสะเก็ด	142
3.68 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนดินแดงคอยสะเก็ด	142
3.69 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนศิลาแลง	143
3.70 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนศิลาแลง	144
3.71 แลงเมียร์พลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนฮีมาไทด์	145
3.72 ฟรอยด์ลิกพลอตของการดูซ้ำบอรัชนี (III) บนฮีมาไทด์	145
3.73 ปริมาณการดูซ้ำบอรัชนี (V) ของดินแดงคอยสะเก็ดโดยการผ่านคอลัมน์	148
3.74 ปริมาณการดูซ้ำบอรัชนี (V) ของศิลาแลง โดยการผ่านคอลัมน์	148

อักษรย่อและสัญลักษณ์

XRD	=	X-ray diffraction spectrometer
XRF	=	X-ray fluorescence spectrometer
ml	=	Millilitre
nm.	=	Nanometer
M	=	Molarity
mg/l	=	Milligram per liter
%	=	Percentage
g	=	gram
mmol	=	Millimol
mmol/g	=	Millimol per gram
mg / kg	=	Milligram per kilogram
AAS	=	Atomic absorption spectrometer
ICP-AES	=	Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer
HPLC-HGAAS	=	High performance liquid chromatography hydride generation atomic absorption spectrometer
Mo-blue	=	Molybdenum -blue
Mo-MG	=	Molybdate Malachite Green
S.D.	=	Standard deviation
RSD.	=	Relative standard deviation
Abs.	=	Absorbance
kJ/mol	=	Kilojoule per molality
µg/g	=	Microgram per gram