

# สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
คุณสมบัติของสารตะกั่วและการนำไปใช้.....	6
แหล่งที่มาและการปนเปื้อนของตะกั่วสู่สิ่งแวดล้อม.....	7
ผลกระทบของตะกั่วต่อสิ่งแวดล้อม.....	10
การเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และการกระจายของตะกั่ว.....	11
พิษของตะกั่วต่อร่างกาย.....	11
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของพื้นที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว.....	12
กระบวนการสะสมโลหะหนักทางชีวภาพของแบคทีเรีย.....	15
กระบวนการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ของแบคทีเรีย.....	16
ลักษณะทั่วไปของเชื้อ <i>Bacillus megaterium</i> .....	18
สถานการณ์การปนเปื้อนสารตะกั่วในพื้นที่ลำห้วยคลิตี้.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ในการวิจัย.....	23
ตัวอย่างดินที่ใช้ในการวิจัย.....	23
เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	23
สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในงานวิจัย.....	24

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
แผนการทดลอง.....	24
วิธีการทดลองทางเคมี.....	27
วิธีการทดลองทางจุลินทรีย์.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	30
<b>4 ผลการวิจัย.....</b>	<b>31</b>
ผลการทดสอบความสามารถในการทนต่อพิษตะกั่ว ของ เชื้อ <i>Bacillus megaterium</i> สายพันธุ์ RS91.....	31
ผลการทดสอบการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย.....	33
ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมตะกั่วภายในเซลล์.....	35
ผลของน้ำหนักแห้งของเซลล์ ค่า pH หลังบ่ม และจำนวน Log ของเซลล์ที่เพิ่มขึ้น หลังบ่มของเชื้อ <i>B.megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E.coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ ในสภาวะต่างๆ.....	40
ทดสอบการสะสมตะกั่วภายในเซลล์แบคทีเรียจากดินตะกอนท้องน้ำลำห้วยคลิด้ จุดเก็บตัวอย่าง NU 5 ที่ระดับความลึก 8 – 12 เซนติเมตร.....	42
<b>5 บทสรุป.....</b>	<b>45</b>
สรุปผลการวิจัย.....	45
อภิปรายผล.....	46
ข้อเสนอแนะ.....	50
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>51</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>59</b>
<b>ประวัติผู้วิจัย.....</b>	<b>64</b>

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตัวอย่างสารประกอบของสารตะกั่ว และการนำไปใช้ประโยชน์.....	7
2	ปริมาณการปลดปล่อยตะกั่วจากแหล่งต่างๆ สู่พื้นดิน.....	9
3	งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสะสมตะกั่วของแบคทีเรีย.....	18
4	จำนวนเซลล์รอดชีวิตที่ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว 1,000 – 4,000 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	32
5	ผลการวิเคราะห์ร้อยละของตะกั่วที่วิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการเก็บตัวอย่างของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ .....	34
6	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์และการดูดซับ ตะกั่วไว้ที่ผิวเซลล์ของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ .....	35
7	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ โดยพิจารณาที่ระดับ pH 5.....	36
8	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ โดยพิจารณาที่ระดับ pH 7.....	36
9	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ โดยพิจารณาที่ระดับ pH 8.....	37
10	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับ pH ที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ โดยพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	38

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

11	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับ pH ที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ . โดยพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	38
12	แสดงค่าการวิเคราะห์ทางสถิติของร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ที่ระดับ pH ที่แตกต่างกันของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ . โดยพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นตะกั่วเริ่มต้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร.....	39
13	แสดงน้ำหนักแห้งของเซลล์ ค่า pH หลังบ่ม และจำนวน Log ของเซลล์ ที่เพิ่มขึ้นหลังบ่มของเชื้อ <i>B. megaterium</i> RS91 และ <i>E. coli</i> DH5 $\alpha$ . ....	41
14	ผลการวิเคราะห์ร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ ที่ระดับ pH 5.....	42
15	ผลการวิเคราะห์ร้อยละการสะสมตะกั่วภายในเซลล์ของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91 และ <i>E. coli</i> สายพันธุ์ DH5 $\alpha$ ที่ระดับ pH 7.5.....	43
16	บันทึกผลการเจริญของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91.....	60

## สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงการสะสมตะกั่วไว้ภายนอกเซลล์ของเชื้อ <i>Pseudomonas marginalis</i> (A) แสดงการสะสมตะกั่วไว้ในเซลล์ของเชื้อ <i>Bacillus megaterium</i> (B)....	19
2 แสดงวิธีการตรวจนับจำนวนเซลล์ด้วย drop plate method.....	28
3 ลักษณะโคโลนีที่ปกติของกลุ่มทดสอบที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม.....	31
4 (A) แสดงการเปรียบเทียบระหว่างร้อยละของการวิเคราะห์ปริมาณ bioavailability ของตะกั่วในดินตะกอนตัวอย่าง NU 5 และ NU 4.3 ด้วยวิธีสกัด แบบลำดับ (SE) กับวิธีทดสอบการสะสมตะกั่วภายในเซลล์แบคทีเรีย (สายพันธุ์ RS 91) ที่ระดับ pH 5 (B) แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง ร้อยละของการวิเคราะห์ปริมาณ bioavailability ของตะกั่วในดินตะกอน ตัวอย่าง NU 5 ด้วยวิธีสกัดแบบลำดับ (SE) กับวิธีทดสอบ การสะสมตะกั่วภายในเซลล์ (RS 91, DH 5 $\alpha$ ) ที่ระดับ pH 7.5 .....	44
5 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตกับเวลาของเชื้อ <i>B. megaterium</i> สายพันธุ์ RS91.....	61