

ผลของโลหะหนักต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว

น้ำทิพย์ ศรีวงษ์ฉาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

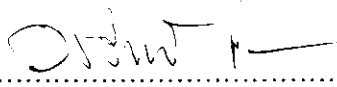
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

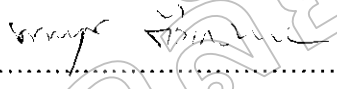
ตุลาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

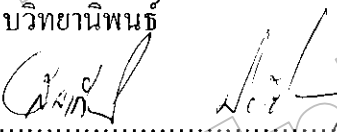
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ น้ำทิพย์ ศรีวงษ์ฉาย ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

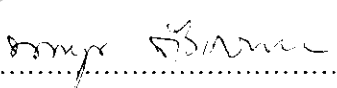

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จีวาพร)

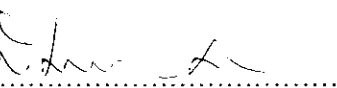

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช ตั้งเกริกโอพาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ปิยะชิตีวงศ์กุล)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ จีวาพร)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช ตั้งเกริกโอพาร)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 11 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา

จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

ประจำภาคฤดูร้อน ปีการศึกษา 2550

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ ชีวาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ทั้งคำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือแก้ปัญหาต่าง ๆ และดูแลลูกศิษย์เป็นอย่างดี ทำให้ผู้วิจัยทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในการทำวิจัย รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรจิตวิกรกุล ประธานการสอบวิทยานิพนธ์อย่างสูง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณฉัฐพาท เจ้าหน้าที่สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สาหร่ายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องสาหร่ายเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาสิ่งแวดล้อม (พี่ตึก พี่เก้ และพี่อ้อม) และหัวหน้าภาควิชาชีววิทยา เจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา เจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้สารเคมี และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณอา ญญ. ญญูวี จำปางาม และน้องสาว เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้กำลังใจที่ดีและสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิจัยตลอดโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการบัณฑิตศึกษา จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

น้ำทิพย์ ศรีวงษ์ฉาย

48910691: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: สาหร่ายสีเขียว/ โลหะหนัก/ การเจริญเติบโต

น้ำทิพย์ ศรีวงษ์ฉาย: ผลของโลหะหนักต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียว (EFFECT OF HEAVY METALS ON THE GROWTH OF GREEN ALGAE): คณะกรรมการควบคุม
วิทยานิพนธ์: วรวิทย์ ชีวาพร, Ph.D., นงนุช ตั้งเกริกโอฬาร, Ph.D. 123 หน้า. ปี พ.ศ. 2550.

การทดสอบผลของโลหะหนักเพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญของสาหร่ายสีเขียว 3 ชนิด *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., และ *Ankistrodesmus* sp. โดยเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร NS III ซึ่งมีโลหะหนักแต่ละชนิด 6 ระดับความเข้มข้น โลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ สารปรอท แคดเมียม สารตะกั่ว สารหนู และทองแดง เมื่อสาหร่ายได้รับโลหะหนักเป็นเวลา 7 วัน ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตจากการนับจำนวนเซลล์ทุกวัน ปริมาณน้ำหนักแห้ง และปริมาณคลอโรฟิลล์เอจากการทดลองพบว่า เมื่อสาหร่ายได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลให้การเจริญเติบโตทั้งจำนวนเซลล์ ปริมาณน้ำหนักแห้ง และคลอโรฟิลล์เอ มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 mg/l กล่าวได้ว่า เมื่อสาหร่ายได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้การเจริญลดลง สำหรับสาหร่ายที่มีความทนทานต่อความเป็นพิษของโลหะหนักสูงสุด ได้แก่ สาหร่าย *Chlorella* sp. รองลงมาคือ สาหร่าย *Ankistrodesmus* sp. และสาหร่าย *Scenedesmus* sp. ตามลำดับ เมื่อหาระดับความเข้มข้นที่มีผลให้การเจริญของสาหร่ายลดลง 50% (EC_{50}) พบว่าสารปรอทมีความเป็นพิษสูงสุด รองลงมาคือ ทองแดง สารหนู แคดเมียม และสารตะกั่ว ตามลำดับ

48910691: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc.

(ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: GREEN ALGAE/ HEAVY METALS/ GROWTH

NAMTIP SRIWONGCHAY: EFFECT OF HEAVY METALS ON THE GROWTH
OF GREEN ALGAE. ADVISORY COMMITTEE: VORAVIT CHEEVAPORN, Ph.D.,
NONGNUCH TRANGKROCK-OLAN, Ph.D. 123 P. 2007.

This study aims to investigate the effects of heavy metals namely; Mercury, Cadmium, Lead, Arsenic and Copper on the growth of selected green algae. *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., and *Ankistrodesmus* sp. were selected as the bioassay testing organisms in this experiment. After being exposed to heavy metals at different concentrations, The daily Growth Rate of green algae was measured by cell count, dry weighing, and measurement of Chlorophyll *a* content. Results of The investigation revealed that the Growth Rate of algae had tendency to decrease when the concentration of heavy metals had surpassed 0.5 mg/ l. *Chlorella* sp. showed higher tolerance to heavy metals than that of *Ankistrodesmus* sp. and *Scenedesmus* sp., respectively. The results on EC₅₀ indicated that Hg had higher effect on the growth of green algae than those of Cu, As, Cd, and Pb, respectively.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
อนุกรมวิธานของสาหร่าย.....	5
ชีววิทยาของสาหร่าย (Biological of Algae).....	8
โลหะหนัก (Heavy Metal).....	11
รายละเอียดเกี่ยวกับโลหะหนัก.....	15
ความเป็นพิษของโลหะหนัก.....	24
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	32
อุปกรณ์.....	32
สารเคมี.....	33
วิธีดำเนินการทดลอง.....	33
การเตรียมอาหาร.....	34
สภาวะที่ใช้ในการทดลอง.....	34
การเพาะเลี้ยงสาหร่าย.....	34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การทดสอบความเป็นพิษ.....	35
การวัดการเจริญของสาหร่าย.....	36
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	37
4 ผลการวิจัย.....	38
เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของสาหร่าย.....	38
ผลของโลหะหนักต่อจำนวนเซลล์สาหร่าย.....	40
การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำหนักแห้งของสาหร่าย.....	77
การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย.....	82
5 สรุปและอภิปรายผล.....	88
สรุปผลการวิจัย.....	88
อภิปรายผลการวิจัย.....	91
ข้อเสนอแนะ.....	98
รายการอ้างอิง.....	99
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงสาหร่าย.....	106
ภาคผนวก ข วิธีวัดค่าการเจริญของสาหร่าย.....	110
ภาคผนวก ค อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	119
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	123

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 โลหะหนักในน้ำเสีย.....	13
2 ปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายสะสมโดยไม่เป็นอันตราย.....	14
3 ผลของพิษต่อความเป็นพิษของ Cadmium, Cobalt และ Copper ต่อ <i>S. bijuga</i>	27
4 ค่า EC ₅₀ ของโลหะหนักแต่ละชนิด หลังจากทดสอบความเป็นพิษในสาหร่ายเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	39
5 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	40
6 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	42
7 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	44
8 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	46
9 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับทองแดงที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	48
10 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	50
11 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับแคดเมียม ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	53
12 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารตะกั่ว ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	55
13 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารหนู ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	56
14 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับทองแดง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารปรอท ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	61
16 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับแคดเมียม ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	63
17 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารตะกั่ว ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	65
18 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารหนู ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	66
19 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับทองแดง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	68
20 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ในวันที่ 7 ของสาหร่าย ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารปรอท ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	70
21 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ในวันที่ 7 ของสาหร่าย ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับแคดเมียม ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	72
22 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ในวันที่ 7 ของสาหร่าย ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารตะกั่ว ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	73
23 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ในวันที่ 7 ของสาหร่าย ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับสารหนู ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	74
24 ค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ในวันที่ 7 ของสาหร่าย ($\times 10^4$ เซลล์/ มิลลิลิตร) หลังจากที่ได้รับทองแดง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 7 วัน.....	76
25 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของ <i>Chlorella</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน	77
26 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของ <i>Scenedesmus</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน	79
27 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
28	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ <i>Chlorella</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน 83
29	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ <i>Scenedesmus</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน 84
30	ค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. (mg/ l) หลังจากที่ได้รับโลหะหนักที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วัน 86

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะเซลล์ของคลอเรลลา.....	5
2 ลักษณะเซลล์ของสปีเคสมัส.....	6
3 ลักษณะเซลล์ของแองคิสโตรเดสมัส.....	7
4 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสาหร่าย.....	10
5 การเปลี่ยนรูปของโปรตีนโดยอาศัยเบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจน.....	16
6 การเกิด Arsenolysis แทนที่กระบวนการ Phosphorylation ของสารหนูใน กระบวนการสร้าง ATP.....	22
7 ภาพถ่ายเซลล์ <i>Scenedesmus</i> sp. (S_2N) ที่ได้รับ Cu ที่ระดับความเข้มข้น 1.5 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	30
8 ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายเพื่อทำเป็น Stock Solutions.....	34
9 ห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการทดสอบความเป็นพิษของโลหะหนักต่อสาหร่าย <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp.....	35
10 แผนการทดลองการได้รับโลหะหนักของสาหร่าย.....	36
11 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ระดับ ความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	41
12 ลักษณะเซลล์ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้น 3 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	41
13 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับแคดเมียมที่ระดับ ความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	43
14 ลักษณะเซลล์ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	43
15 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารตะกั่วที่ระดับ ความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	45
16 ลักษณะเซลล์ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารตะกั่วที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
17 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	47
18 ลักษณะเซลล์ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	47
19 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับทองแดงที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	49
20 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	51
21 ลักษณะเซลล์ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ เป็นเวลา 7 วัน ที่ได้รับสารปรอท.....	51
22 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	53
23 ลักษณะเซลล์ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	54
24 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	55
25 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	57
26 ลักษณะเซลล์ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้น 10 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	57
27 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับทองแดงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	59
28 ลักษณะเซลล์ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับทองแดง เป็นเวลา 7 วัน.....	59
29 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
30 ลักษณะเซลล์ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/l เป็นเวลา 7 วัน.....	62
31 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	63
32 ลักษณะเซลล์ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับที่แคดเมียม เป็นเวลา 7 วัน.....	64
33 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	65
34 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	67
35 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับทองแดงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	69
36 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp. เมื่อได้รับสารปรอทที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	71
37 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp. เมื่อได้รับแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	72
38 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp. เมื่อได้รับสารตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	73
39 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp. เมื่อได้รับสารหนูที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	75
40 การเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ของสาหร่ายทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp. และ <i>Ankistrodesmus</i> sp. เมื่อได้รับทองแดงที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
41 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	78
42 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	79
43 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	81
44 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ <i>Chlorella</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	83
45 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของ <i>Scenedesmus</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	85
46 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ <i>Ankistrodesmus</i> sp. หลังจากได้รับโลหะหนักชนิดต่าง ๆ ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (0.5, 1, 3, 5 และ 10 mg/l) เป็นเวลา 7 วัน.....	86
47 ตำแหน่งการนับจำนวนเซลล์บน Haemocytometer.....	111
48 กระดาษกรอง GF/C หลังจากกรองเซลล์สำหรับที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมไว้.....	112
49 ทำให้อุณหภูมิเย็นลงด้วยโศดุดความชื้น.....	112
50 กราฟมาตรฐานน้ำหนักแห้งของสาหร่าย <i>Chlorella</i> sp., <i>Scenedesmus</i> sp., และ <i>Ankistrodesmus</i> sp.....	113
51 เปอร์เซนต์ยับยั้งการเจริญของจำนวนเซลล์ (% Inhibition) เมื่อเทียบกับ Control ของสาหร่าย <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> และ <i>Ankistrodesmus</i> เพื่อหาค่า EC ₅₀ หลังจากได้รับสารปรอทเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	114
52 เปอร์เซนต์ยับยั้งการเจริญของจำนวนเซลล์ (% Inhibition) เมื่อเทียบกับ Control ของสาหร่าย <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> และ <i>Ankistrodesmus</i> เพื่อหาค่า EC ₅₀ หลังจากได้รับแคดเมียมเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....	115

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
53	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของจำนวนเซลล์ (% Inhibition) เมื่อเทียบกับ Control ของสาหร่าย <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> และ <i>Ankistrodesmus</i> เพื่อหาค่า EC_{50} หลังจากได้รับสารตกัวเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....
54	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของจำนวนเซลล์ (% Inhibition) เมื่อเทียบกับ Control ของสาหร่าย <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> และ <i>Ankistrodesmus</i> เพื่อหาค่า EC_{50} หลังจากได้รับสารหนูเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....
55	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของจำนวนเซลล์ (% Inhibition) เมื่อเทียบกับ Control ของสาหร่าย <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> และ <i>Ankistrodesmus</i> เพื่อหาค่า EC_{50} หลังจากได้รับทองแดงเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.....
56	เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง AND Model hr-200.....
57	เครื่องวัดค่าความเป็นกรดค่า (Multi-Parameter Analyzer) CONSORT C380.....
58	Spectrophotometer GENESYS 20.....
59	Centrifuge UNIVERSAL 32.....
60	สไลด์นับเซลล์สำหรับ Hemacytometer.....
61	ชุดกรองสูญญากาศ.....