ปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

LEVEL OF SOME HEAVY METAL IN MUSSEL TISSUES AT KHLONG PRAWETBURIROM, LADKRABANG

นางสาวมนันญา บุญทนาวงศ์

นางสาวศรสวรรค์ ศรแก้ว

นางสาวสุกฤตา บริบูรณ์สุข

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

LEVEL OF SOME HEAVY METAL IN MUSSEL TISSUES AT KHLONG PRAWETBURIROM, LADKRABANG

นางสาวมนันญา บุญทนาวงศ์

นางสาวศรสวรรค์ ศรแก้ว

นางสาวสุกฤตา บริบูรณ์สุข

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LEVEL OF SOME HEAVY METAL IN MUSSEL TISSUES AT KHLONG PRAWETBURIROM, LADKRABANG

MISS MANUNYA BOONTNAWONG

MISS SORNSAWAN SORNKAEW

MISS SUKRITTA BORIBOONSUK

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN ENVIRONMENTTAL CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง Levels of Some Heavy Metal in Mussel Tissues at Khlong Prawetburirom, Ladkrabang
ชื่อนักศึกษา	นางสาวมนันญา บุญทนาวงศ์ นางสาวศรสวรรค์ ศรแก้ว นางสาวสุกฤตา บริบูรณ์สุข
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
ผศ. ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์	
อ. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวมนันญา บุญทนาวงศ์
	นางสาวศรสวรรค์ ศรแก้ว
	นางสาวสุกฤตา บริบูรณ์สุข
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	เคมีสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และ สังกะสี (Zn) ณ บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ทำการเก็บตัวอย่างหอยและ ตัวอย่างน้ำ 8 ตำแหน่ง ตลอดลำน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างรวม 3 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน ถึง สิงหาคม ปี 2556 จากการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยใช้วิธี Flame Atomic Absorption พบว่า โลหะหนักสังกะสี (Zn) มี ปริมาณการสะสมในหอยสูงที่สุด และมีค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) เกินค่ามาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 98, 2529 กำหนดไว้ คือ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน เมื่อทดสอบค่าความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p = 0.05$) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในตัวอย่างหอย ณ จุดเก็บตัวอย่างต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในตัวอย่างน้ำ พบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นสังกะสี

คำสำคัญ: โลหะหนัก, หอยขม,หอยเชอรี่,คลองประเวศบุรีรมย์, ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Levels of Some Heavy Metal in Mussel Tissues at KhlongPrawet burirom, Ladkrabang
Students	Manunya Boontnawong Sornsawan Sornkaew Sukritta Boriboonsuk
Degree	Bachelor of Science
Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2013
Project Advisor	Glinsukol Suwannarat

ABSTRACT

The determination of some heavy metals that accumulated in mussel tissues of four species of cadmium (Cd), copper (Cu), lead (Pb) and zinc (Zn) at Khlong Prawetburirom, Ladkrabang, Bangkok were conducted. Water and shells from 8 sites along the channel in 3 months since June to August 2013 were collected. Flame Atomic Absorption Technique of Atomic Absorption Spectrophotometer was used for analyze. The result found that zinc (Zn) was the highest accumulated in the shells while the amount of lead (Pb) was exceeds the standard of the Ministry of Public Health of Thailand, No. 98.2529, set is 1.0 milligrams per kilogram. The risk of the individual of lead (Pb) was not exceed that defined standard is 0.18 mg per kg per day. When testing the difference by using SPSS statistical program at $p = 0.05$ results showed that four types of heavy metals in mussel are significantly different at each sampling sits while cadmium, copper, lead in the water samples at each sits were also significantly different except zinc.

Keywords: heavy metal, *Filopaludin amartensi*, *Pomaceac analiculata*, Khlong Prawetburirom, Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งผู้จัดโครงงานพิเศษนี้จึงใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา และคำแนะนำ และดูแลเอาใจใส่ตลอดจนตรวจสอบ ติชมผลงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และ ผศ. ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์กรรมการที่ช่วยชี้แนะข้อบกพร่องและแนวทางการแก้ไข รวมถึงตรวจสอบ ติชมผลงาน ทำให้โครงงานพิเศษนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุวรรณี ไชยสิทธิ์ และ อ.ธิปชัย วัฒนวิจารณ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ชี้ข้อบกพร่อง ตลอดจนแนะแนวทางแก้ไข ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุทธิชัย สวนพรหม เจ้าของกิจการร้านอาหาร ร้านบ้านข้าวสวย ที่อำนวย ความสะดวกในด้านสถานที่สำหรับการเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณกรมประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน และพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำจืด กรุงเทพมหานคร ที่อนุเคราะห์ให้คณะผู้วิจัยได้ศึกษาและนำข้อมูล เพื่อมาปรับใช้กับโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณคุณลุงสุวัฒน์ ศรีทองนวล ที่อำนวยความสะดวกในการเดินทางเพื่อเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี เจ้าหน้าที่ธุรการภาคเคมี คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ร่วมมือ และอำนวยความสะดวกจนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทั้งในสาขาเคมีสิ่งแวดล้อมและสาขาอื่น ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือกันเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณกำลังใจจากบิดา มารดา ที่ทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จ ตลอดจนบุคคลอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวมา ทางผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวมนันญา บุญทนาวงศ์
นางสาวศรสวรรค์ ศรแก้ว
นางสาวสุกฤตา บริบูรณ์สุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามศัพท์

ศัพท์ต่าง ๆ ที่ได้นำมาใช้ในโครงงานพิเศษมี ดังนี้

mg/L	มิลลิกรัมต่อลิตร
mg/kg	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
µL	ไมโครลิตร
°C	องศาเซลเซียส
ml	มิลลิลิตร
nm	นาโนเมตร
absorbance	ค่าการดูดกลืนแสง
Volumetric flask	ขวดวัดปริมาตร
Standard Solution	สารละลายมาตรฐาน
Calibration curve	กราฟมาตรฐาน
AAS	Atomic Absorption Spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
นิยามศัพท์	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โลหะหนัก	4
2.2 หอย	7
2.3 เทคนิคการเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนัก	17
2.4 ค่ามาตรฐานโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ	19
2.5 คลองประเวศบุรีรมย์	20
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2 อุปกรณ์	25
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3.1 สำรวจลำน้ำและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง	26
3.3.2 วิธีเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์	30
3.3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะหนัก	32
3.3.4 การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่น ๆ	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ปริมาณโลหะหนัก	33
4.2 การประเมินความเสี่ยง	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	46
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลการเก็บตัวอย่างและการเตรียมกราฟมาตรฐาน	50
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ	65
ภาคผนวก ค การคำนวณ	74
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	81
ภาคผนวก จ รูปภาพ	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของโลหะหนักที่มีการปนเปื้อนในอาหาร 20
ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างหอยตลอดลำคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง 26
ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง 31
ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ 32
ตารางที่ ก.1 ช่วงความถี่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ 58
ตารางที่ ก.2 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง 59
ตารางที่ ก.3 การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง 60
ตารางที่ ข.1 ความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าปริมาณออกซิเจน
ที่ละลายน้ำของตัวอย่างน้ำ 66
ตารางที่ ข.2 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ 68
ตารางที่ ข.3 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างหอย 70
ตารางที่ ข.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 72
ตารางที่ ข.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 72
ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักในหอยแต่ละจุดเก็บ 73
ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม (Cd)
หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร 82
ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บ
ตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 84
ตารางที่ ง.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บ
ตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 85
ตารางที่ ง.4 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักทองแดง (Cu)
หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร 86
ตารางที่ ง.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บ
ตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 88
ตารางที่ ง.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บ
ตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.7 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร 90

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 92

ตารางที่ ง.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 93

ตารางที่ ง.10 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี (Zn) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร 94

ตารางที่ ง.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 96

ตารางที่ ง.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 97

ตารางที่ ง.13 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 98

ตารางที่ ง.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 100

ตารางที่ ง.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 101

ตารางที่ ง.16 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักทองแดง (Cu) หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 102

ตารางที่ ง.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 104

ตารางที่ ง.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.19 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 106
ตารางที่ ง.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 108
ตารางที่ ง.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 109
ตารางที่ ง.22 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี (Zn) หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 110
ตารางที่ ง.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA 112
ตารางที่ ง.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan 113
ตารางที่ ง.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละเดือน 114
ตารางที่ ง.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละเดือน 114
ตารางที่ ง.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละจุดเก็บ 115
ตารางที่ ง.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละจุดเก็บ 115
ตารางที่ ง.29 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างน้ำ 116
ตารางที่ ง.30 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างหอย 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 หอยขม 8
รูปที่ 2.2 หอยเชอรี่ 11
รูปที่ 2.3 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer บริษัท PerkinElmer รุ่น AAS-200 19
รูปที่ 2.4 บริเวณลำคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง 20
รูปที่ 3.1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่าง 26
รูปที่ 3.2 จุดเก็บที่ 1 วัดลานบุญ 27
รูปที่ 3.3 จุดเก็บที่ 2 วัดสังฆราชา 27
รูปที่ 3.4 จุดเก็บที่ 3 วัดลาดกระบัง 27
รูปที่ 3.5 จุดเก็บที่ 4 วัดปลูกศรัทธา 28
รูปที่ 3.6 จุดเก็บที่ 5 โรงพยาบาลลาดกระบัง 28
รูปที่ 3.7 จุดเก็บที่ 6 วัดพลมานีย์ 28
รูปที่ 3.8 จุดเก็บที่ 7 สวนอาหารบ้านข้าวสวย 29
รูปที่ 3.9 จุดเก็บที่ 8 วัดราชโกษา 29
รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง 34
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง 35
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง 36
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง 37
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 38
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 39
รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 40
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 41
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักในตัวอย่างน้ำและตัวอย่างหอย 42
รูปที่ 4.10 ค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย 43
รูปที่ ก.1 ภาพรวมแผนที่จุดเก็บตัวอย่าง 50
รูปที่ ก.2 จุดเก็บที่ 1 วัดลานบุญ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.3 จุดเก็บที่ 2 วัดสังฆราชา 52
รูปที่ ก.4 จุดเก็บที่ 3 วัดลาดกระบัง 52
รูปที่ ก.5 จุดเก็บที่ 4 วัดปลูกศรัทธา 53
รูปที่ ก.6 จุดเก็บที่ 5 โรงพยาบาลลาดกระบัง 53
รูปที่ ก.7 จุดเก็บที่ 6 วัดพลมานีย์ 54
รูปที่ ก.8 จุดเก็บที่ 7 สวนอาหารบ้านข้าวสวย 55
รูปที่ ก.9 จุดเก็บที่ 8 วัดราชโกษา 55
รูปที่ จ.1 การเก็บตัวอย่างหอย 118
รูปที่ จ.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ 118
รูปที่ จ.3 การวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้เครื่องวัดภาคสนาม 119
รูปที่ จ.4 ตัวอย่างหอย 119
รูปที่ จ.5 ตัวอย่างหอยที่แกะแล้ว 120
รูปที่ จ.6 การชั่งตัวอย่างหอย 120
รูปที่ จ.7 การย่อยตัวอย่างหอย 120
รูปที่ จ.8 การย่อยตัวอย่างน้ำ 121
รูปที่ จ.9 การกรองตัวอย่างหอยด้วย กระดาษกรอง No.2 121
รูปที่ จ.10 บรรจุสารละลายตัวอย่างหอย ที่ผ่านการกรองด้วย
กระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 μm ลงในขวดยา 121
รูปที่ จ.11 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะหนักเพื่อทำกราฟมาตรฐาน 122
รูปที่ จ.12 เตรียมเครื่อง AAS ให้พร้อมใช้งาน 122
รูปที่ จ.13 การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างหอยโดยเครื่อง AAS 122
รูปที่ จ.14 สารละลายกราฟมาตรฐาน 123
รูปที่ จ.15 สารละลายตัวอย่างน้ำ ทั้ง 3 ครั้ง 123
รูปที่ จ.16 สารละลายตัวอย่างหอย ทั้ง 6 ครั้ง 124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์และพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การอุปโภค บริโภค การเกษตร และการอุตสาหกรรม จึงทำให้น้ำนั้นเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ปัจจุบันเมื่อโลกมีอัตราการเพิ่มของประชากรมากขึ้น จึงทำให้มีอัตราการใช้ทรัพยากรน้ำมากขึ้นส่งผลต่อปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้นตามมา และของเสียที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำก่อให้เกิดปัญหาที่การปนเปื้อนของสารพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งมีผลต่อสุขภาพอนามัยและการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพวกโลหะหนัก

โลหะหนักที่มีการปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำส่วนใหญ่จะมาจากการปล่อยของเสียจากภาคอุตสาหกรรมมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดินหรือดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ และพืชน้ำ ถ้าหากมนุษย์นำสัตว์น้ำหรือพืชน้ำมาบริโภค สารโลหะหนักก็อาจสามารถเข้าสู่ร่างกายได้เป็นดังลักษณะของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ขึ้นกับชนิดและปริมาณที่ได้รับจากสารพิษตัวนั้น ๆ การสะสมดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นอาหาร (Trophic Levels) ของระบบนิเวศน์ ดังนั้นหากมนุษย์บริโภคเข้าไป อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยได้

ในสมัยอดีตนั้นคลองประเวศบุรีรมย์ (Khlong Prawet Buri Rom) เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชนริมน้ำ เริ่มจากการที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) โปรดเกล้าฯ ให้เจ้าพระยาสุรวงศ์ไวยวัฒน์ (วร บุนนาค) ขุดคลองต่อจากคลองพระโขนงไปเชื่อมกับคลองด่าน ออกสู่แม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา และให้ขุดคลองแยกจากคลองประเวศบุรีรมย์อีก 4 คลอง คือ คลองหนึ่ง คลองสอง คลองสาม และคลองสี่ เริ่มขุดตั้งแต่ พ.ศ. 2521 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2523 มีความยาวทั้งสิ้น 1150 เส้น (46 กิโลเมตร) มีการใช้น้ำสำหรับอุปโภค บริโภคและนำสัตว์น้ำ และพืชน้ำมาบริโภค อีกทั้งใช้ยังเป็นเส้นทางคมนาคมด้วย มาจนกระทั่งปัจจุบัน แต่ด้วยจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ริมน้ำมากขึ้น และยังมีนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังตั้งอยู่ในบริเวณใกล้แหล่งน้ำ ซึ่งมีโรงงานประมาณ 200 โรงงาน มีด้วยกันหลายประเภท เช่น โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น จึงอาจส่งผลให้มีสารพิษหรือโลหะหนักปนเปื้อนมากับน้ำ และสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในคลองประเวศบุรีรมย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้คณะผู้วิจัยสนใจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในเนื้อเยื่อหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทำการเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในตัวอย่างแต่ละจุดตลอดลำน้ำ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย (พ.ศ.2529) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับวางมาตรการในการป้องกัน การปนเปื้อนและการวางแผนจัดการคุณภาพน้ำต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง โดยใช้ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยเป็นดัชนีชี้วัด

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างแต่ละจุดตลอดลำน้ำ

3. เพื่อทำการประเมินความเสี่ยงต่อการสะสมของโลหะหนักบางชนิดที่เกินมาตรฐานโลหะหนักในหอย ตามที่กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) ประกาศไว้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เก็บตัวอย่างหอยเชอรี่และหอยขม บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ จำนวน 8 จุด ตลอดลำน้ำช่วงที่ไหลผ่านเขตลาดกระบัง

2. วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ในหอยในบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

3. ศึกษาคุณภาพน้ำด้านอื่น ๆ ในลำคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์ ประกอบด้วย กลิ่น สี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลายของออกซิเจน ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ในน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างทั้ง 8 จุด

4. วิเคราะห์หาความเสี่ยงของหอยจากโลหะหนักบางชนิดที่เกินมาตรฐานโลหะหนักในหอย ตามที่กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) ประกาศไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์ และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ด้วยโปรมแกรมทางสถิติ SPSS Version 16

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อของหอย ในคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

2. ทราบจุดที่มีปริมาณโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อของหอยมากที่สุด ในคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

3. ทราบชนิดโลหะหนักที่มีการสะสมปริมาณมากที่สุดในเนื้อเยื่อหอย และทราบถึงความเสี่ยงต่อการบริโภคหอยเชอรี่ และหอยขมที่มีโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยเกินมาตรฐานโลหะหนักในหอย ตามที่กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) ประกาศไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โลหะหนัก (ทรงพล, 2555)

โลหะหนัก คือ กลุ่มธาตุที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท โครเมียม เป็นต้น และส่วนใหญ่เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมอยู่ในดินหรือดินตะกอนที่อยู่ในน้ำ รวมถึงการสะสมอยู่ในสัตว์น้ำพืชน้ำ

โลหะหนักเป็นวัตถุดิบที่ถูกนำมาใช้ในหลายด้าน เช่น ด้านอุตสาหกรรม ใช้ในการผลิตพลาสติก พีวีซี สี ถ่านไฟฉาย สำหรับทางด้านการเกษตร โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลงและปุ๋ย ส่วนทางด้านการแพทย์ ใช้โลหะหนักเป็นส่วนผสมของยา อุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องสำอาง

แคดเมียม (Cd) (รจนา, 2552)

แคดเมียม (Cd) เป็นธาตุที่ 2 ของหมู่ IIB เลขอะตอม 48 มีน้ำหนักอะตอม 112.40 amu จุดหลอมเหลว 321 องศาเซลเซียส จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 8.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซลติเมตร (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) มีเลขออกซิเดชันสามัญ +2 แคดเมียมเป็นโลหะหนัก มีสีขาว ฟ้า วาว มีลักษณะเนื้ออ่อน สามารถบิดโค้งงอได้และถูกตัดได้ง่ายด้วยมีด ในธรรมชาติพบอยู่ในแร่สังกะสี มีคุณสมบัติละลายได้ทั้งในกรดอินทรีย์ และกรดอนินทรีย์ แคดเมียมใช้ประโยชน์ในการทำแบตเตอรี่

แคดเมียมนำมาใช้ประโยชน์ในการเป็นตัวเคลือบผิวของโลหะอื่น ๆ เช่น เหล็กและเหล็กกล้า แคดเมียมร่วมกับนิกเกิลเพื่อทำแบตเตอรี่ที่สามารถประจุไฟใหม่ได้ (rechar-geable battery) ใช้ทำสีในพลาสติกและแก้ว เป็นส่วนผสมของอมาลกัม (amalgam) ที่ใช้ในร้านทันตกรรม

ความเป็นพิษของแคดเมียม (Cd)

แคดเมียม (Cd) สามารถของสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ ทางปาก จากการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม เช่น อาหารทะเล และทางจมูกโดยการหายใจเอาควัน หรือฝุ่นของแคดเมียมเข้าไป เช่น ในเหมืองสังกะสี ปริมาณของแคดเมียม มากกว่า 300 มิลลิกรัม อาจทำให้คนกินตายได้ แต่ปริมาณต่ำสุด 10 มิลลิกรัมจะทำให้มีอาการพิษของแคดเมียมแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน กลุ่มเสี่ยง

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

คือคนงานที่ทำงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ย การถลุงแร่ผลิตสังกะสี การผลิตแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม การผลิตสี การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนคนทั่วไปจะได้รับแคดเมียมจากอาหาร

อาการพิษเฉียบพลันมักเกิดจากการหายใจสูดไอแคดเมียมที่มีความเข้มข้นสูงเข้าในร่างการทันที ทำให้มีอาการคล้ายกับไข้หวัดใหญ่ หรือที่เรียก “ไข้ไอโลหะ” (metal fume fever) มักเกิดอาการในระยะ 1-8 ชั่วโมงหลังสัมผัส โดยมีอาการที่จมูกและคอแห้ง ไอ ปวดศีรษะ มึนงง หงุดหงิดง่าย อ่อนเพลีย มีไข้หนาวสั่น หายใจไม่สะดวก อาจมีคลื่นไส้ ในรายที่มีอาการรุนแรงอาจเกิดปอดอักเสบและบวมน้ำ ถ้าไม่มีอาการรุนแรง อาการเหล่านี้จะหายเองได้ใน 2-3 วัน บางครั้งการกินแคดเมียมเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษจนเสียชีวิตจากการสูญเสียน้ำและเกลือแร่หรือไตวายได้

อาการพิษเรื้อรังเกิดจากการได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้มีอาการโรคถุงลมโป่งพองและพังผืดในปอดได้ เกิดอาการหอบเหนื่อย หายใจไม่สะดวก อาจทำให้ปวดกระดูก ตัวงอ และเดินลำบาก เนื่องจากกระดูกพรุนและหักง่าย เกิดภาวะไตวาย นิ่วในทางเดินปัสสาวะ เป็นต้น

ตะกั่ว (Pb) (ปราโมทย์, 2556)

ตะกั่ว (Pb) เป็นธาตุที่ 5 ของหมู่ IVA เลขอะตอม 82 มีน้ำหนักอะตอม 207.19 amu จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1737 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 11.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซลติเมตร (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) มีเลขออกซิเดชันสามัญ +2, +4 ตะกั่วเป็นธาตุโลหะ มีสีขาว สามารถตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ แต่ดึงเป็นเส้นได้ไม่ค่อยดี

ตะกั่ว (Pb) นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแบตเตอรี่มากที่สุด และใช้ในงานบัดกรี ทำโลหะเจือ ใช้ในการทำท่อ ในอุตสาหกรรมเคมี เช่น อุตสาหกรรมการผลิตกรดซัลฟูริก กระสุนปืน

ความเป็นพิษของตะกั่ว (Pb)

ตะกั่ว (Pb) เป็นพิษต่อร่างกายมาก ถ้าได้รับในปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น จะเกิดอาการเป็นพิษฉับพลัน เช่น ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรงเป็นพัก ๆ (colicky pain) ปวดศีรษะ กระวนกระวาย อ่อนเพลีย ชัก หมดสติและอาจเสียชีวิตได้ ซึ่งมักเกิดกับคนงานที่ทำงานในอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิต เช่น โรงงานผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ โรงงานผลิตลูกปืน ส่วนคนทั่วไปตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ ทางปากโดยรับประทานอาหาร และ น้ำดื่มที่ปนเปื้อนตะกั่ว ทางการหายใจ โดยเฉพาะจากไอเสียรถยนต์ ส่วนการดูดซึมทางผิวหนัง ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพ เกี่ยวข้องกับตะกั่วเป็นส่วนใหญ่ โดยตะกั่วอินทรีย์ ถูกดูดซึมเข้าผิวหนังได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิษเรื้อรังเกิดจากการได้รับสารตะกั่วปริมาณน้อย ๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ๆ สะสมในร่างกาย จึงแสดงอาการ ส่วนมากเกิดกับบุคคลที่มีอาชีพที่สัมผัสกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ว่าทางใด จะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ไปจับกับเม็ดเลือดแดง แทนที่เหล็ก (Fe^{+2}) ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดอาการโลหิตจาง (Anaemia) และมีผลให้ปริมาณเหล็กในน้ำเหลือง เพิ่มขึ้นผิดปกติ ตะกั่วบางส่วน ไปสะสมในกระดูก ตะกั่ว (Pb^{+2}) จะเข้าไปแทนที่ แคลเซียม (Ca^{+2}) ซึ่งเป็นโลหะ ที่จำเป็นในการสร้างกระดูก และฟัน ทำให้มีอาการปวดตามข้อ กระดูกผุ และหักง่าย ถ้าไปสะสมที่รากฟัน ทำให้เห็นสีม่วง หรือสีดำบริเวณเหงือก บางครั้งเรียกว่า เส้นตะกั่ว (Lead line) ฟันหลุดได้ง่าย

อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้

ทองแดง (Cu) (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา, 2548)

ทองแดง (Cu) เป็นธาตุแรก ของหมู่ IB เลขอะตอม 29 มีน้ำหนักอะตอม 63.54 amu จุดหลอมเหลว 1083 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2582 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 8.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซลติเมตร (ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) มีเลขออกซิเดชันสามัญ +1, +2 ทองแดงเป็นธาตุโลหะ ถ้าบริสุทธิ์จะมีสีแดง มีความแวววาว แข็งและเหนียว สามารถดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ ทองแดงเป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดีรองจากเงิน

ทองแดง (Cu) นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ใช้ผลิตลวดไฟฟ้า วงไฟฟ้า ท่อน้ำ หม้อต้มน้ำ กระทะและเครื่องครัวต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารเคมีทางการเกษตร สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์รบกวนต่าง ๆ

ความเป็นพิษของทองแดง (Cu)

ทองแดง (Cu) เป็นโลหะที่ร่างกายเราต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) ดังนั้นเมื่อได้รับทองแดงในปริมาณมากจะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย คือ คลื่นเหียนอาเจียน เกิดการอักเสบในช่องท้องและกล้ามเนื้อ ท้องเสีย การทำงานของหัวใจผิดปกติ กดระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางจิต

อาการเรื้อรังจากการได้รับติดต่อกันเป็นเวลานาน และตับทำหน้าที่บกพร่อง ไม่สามารถขับทองแดงออกจากร่างกายได้ตามปกติ จึงทำให้มีการสะสมอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของร่างกาย หรือกลุ่มอาการ Wilson' Diseases คือ ร่างกายสั่นเทาอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง มีน้ำมูกน้ำลายไหล ควบคุมการพูดลำบาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดพิษขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป ช่องทางที่ได้รับและสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ทองแดงถูกดูดซึมได้ดีในกระเพาะอาหารและลำไส้ส่วนบน โดยซึมผ่านเข้าผนังลำไส้ไปที่ตับ จากนั้นจะรวมตัวกับน้ำดี แล้วถูกหลั่งออกมาบริเวณลำไส้ ขับออกไปกับอุจจาระ หรืออาจถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกายได้ 30% โดยไปสะสมที่กระดูก กล้ามเนื้อ ตับ สมอง การสะสมจะมากที่ตับและสมอง

สังกะสี (Zn) (ทรงพล, 2555)

สังกะสี (Zn) เป็นธาตุแรก ของหมู่ IIB เลขอะตอม 30 มีน้ำหนักอะตอม 65.37 amu จุดหลอมเหลว 419.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 907 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 7.133 กรัมต่อลูกบาศก์เซลติเมตร (ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) มีเลขออกซิเดชันสามัญ +2 สังกะสีเป็นธาตุโลหะ ถ้าบริสุทธิ์จะมีสีขาวปนน้ำเงินเล็กน้อย มีสมบัติเป็น amphoteric คือทำปฏิกิริยากับทั้งกรดและเบส

สังกะสี (Zn) นำมาใช้ประโยชน์ในการเคลือบโลหะ เพื่อป้องกันสนิมและการกัดกร่อน เช่น ในกระเบื้องสังกะสี หรือสังกะสีลูกฟูก เรียกกันในวงการช่างโลหะว่า เหล็กชุบสังกะสี นอกจากนี้สารประกอบของสังกะสีที่นำมาทำยาฆ่าเชื้อรา เช่น zinc dimethyl dithiocarbamate ในอุตสาหกรรมถ่านไฟฉาย สังกะสีนำมาใช้โดยทำเป็นกล่องนอกของถ่ายไฟฉายซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของเซลล์

ความเป็นพิษของสังกะสี (Zn)

สังกะสีในรูปธาตุไม่ปรากฏเป็นพิษ และตามความเป็นจริงแล้ว สังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของคนและสัตว์ แต่สารประกอบหลายชนิดอาจเป็นพิษ แต่จัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ เพราะสามารถถูกขจัดออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว สังกะสีในรูปผงอาจติดไฟโดยตนเองและเกิดการระเบิดได้ แต่ที่พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฝุ่นหรือควันของซิงค์ออกไซด์ (ZnO) จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การบด ย่อยแร่ ส่วนประกอบรั้วบ้านหลังคา หรือวัสดุ อื่นที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม ผลที่เกิดต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอฝุ่นของ Zn เข้าร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน

2.2 หอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอย หมายถึง สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีเปลือกหุ้มตัว แบ่งออกได้เป็น 2 จำพวกตามลักษณะของเปลือก คือ หอยจำพวกฝาเดียว เช่น หอยขม และหอยจำพวกสองฝา เช่น หอย

นางรม สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการสะสมตัวของโลหะหนักในหอย 2 ชนิด ได้แก่ หอยขม และ หอยเชอรี่

2.2.1 หอยขม (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานีสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556)

หอยขม มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Pond snail, Marsh snail หรือ River snail มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Viviparidae ในประเทศไทยพบว่ามีความหลากหลายของหอยในวงศ์หอยขมมากพอสมควร เช่น ชนิด *Filopaludina martensi*

รูปที่ 2.1 หอยขม

ลักษณะภายนอก

หอยขมเป็นหอยในกลุ่มหอยฝาเดียว มีเปลือกเป็นรูปกรวยรูปไข่ ลักษณะเป็นเกลียวเวียนขวาเรียวขึ้นไปถึงยอดปลายแหลม หอยขมแต่ละชนิดจะมีความหนาของเปลือก ความสูง ความโค้งและร่องลึกที่ผิวเปลือกที่แตกต่างกันไป เกลียววงยอดสุดมีขนาดเล็กเรียกว่า apex เป็นวงที่เกิดก่อนวงอื่นถัดลงมา 2 วง เรียกว่า spire วงล่างสุดเรียกว่า body whorl บริเวณนี้มีช่องเปิดขนาดใหญ่ให้ส่วนหัวและส่วนเท้ายื่นออกมาได้ เรียกว่า aperture ขอบในของช่องเปิดเรียกว่า inner lip ขอบนอกของช่องเปิดเรียกว่า outer lip แกนกลางของเปลือกเป็นท่อกลวงบิดโค้งเป็นเกลียวเรียกว่า columella มีช่องเปิด umbellicus ส่วนของฝาปิดเปลือกเป็นแผ่นบาง ๆ เรียกว่า operculum มีลายรูปวงรีอยู่ตรงกลางฝาปิดเป็นวงการแสดงการเจริญเติบโต สีของเปลือกขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัย เปลือกหอยขมแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้น Periostracum เป็นชั้นนอกสุดประกอบด้วยสารอินทรีย์พวกโปรตีน cochiolin ชั้น Prismatic อยู่ชั้นกลางของเปลือก มีความหนาและแข็ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูนและชั้นในสุดคือ Nacreous ประกอบด้วยสารอินทรีย์จำพวกโปรตีนลักษณะเป็นสีมุกมันวาว ซึ่งเป็นสารประกอบ calcite ในรูปผลึกหินปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะภายใน

มีการแบ่งลำตัวออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนก้อนอวัยวะภายในเรียกว่า visceral mass และส่วนของเท้า

ส่วนหัว มีหนวด 1 คู่ สามารถยืดหดได้ ติดกับโคนหวดหนวดมีตาสีดำ 1 คู่อยู่บนก้านตา ปากมีลักษณะคล้ายท่อกลวงหรืองวงอยู่ตรงกลางระหว่างหนวด เรียกว่า siphon

ส่วนก้อนอวัยวะ เป็นส่วนที่รวมอวัยวะไว้เป็นก้อน ขดเป็นเกลียวตามรูปของเปลือก อวัยวะภายในประกอบไปด้วยต่อมน้ำลาย หัวใจ เหงือก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ เป็นต้น

ส่วนเท้า กล้ามเนื้อเท้าจะยึดติดกับฝาปิดเปลือก กล้ามเนื้อเท้าเป็นแผ่นแบน ๆ กว้าง ๆ จะเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นคลื่นแบบตัวหนอน การทำงานของกล้ามเนื้อเท้าจะทำงานไล่จากส่วนหน้าไปยังส่วนท้ายติดต่อกัน เวลาหอยขมเคลื่อนที่ไปจะยื่นส่วนหัว ส่วนเท้า และ siphon ออกมาจากเปลือก

การกินอาหาร

หอยขมมีปาก ระบบทางเดินอาหารเริ่มจากปากอาหารที่ลอยอยู่ในน้ำ เช่น แพลงก์ตอนเล็ก ๆ สามารถถูกดูดเข้าไปในช่องใต้ปากได้ นอกจากนี้ภายในปากก็จะมี redula ซึ่งมีลักษณะแข็งทำหน้าที่คล้ายเป็นฟันใช้ขูดแทะอาหารที่ติดอยู่กับวัสดุ เช่น ตะไคร่น้ำ ภายในช่องปากมีท่อเปิดจากต่อมน้ำลาย ต่อจากช่องปากคือหลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้ และทวาร ตามลำดับ อาหารของหอยขมได้แก่ ตะไคร่น้ำ พืชน้ำ แพลงก์ตอน และอินทรีย์สารที่เน่าเปื่อย

การหายใจ

หอยขมหายใจด้วยเหงือก เหงือกจะอยู่ในช่อง mantle cavity โดยน้ำจะไหลผ่านช่องนี้ไปทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างน้ำกับเส้นเลือดบริเวณเหงือก

การสืบพันธุ์

หอยขมมีอวัยวะเพศทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ในตัวเดียวกัน สามารถผสมตัวเองหรือผสมข้ามโดยการมาประกบกันได้ และการผสมพันธุ์ได้ด้วยตัวของมันเองจะทำได้เมื่ออายุได้ 60 วัน หอยขมออกลูกเป็นตัวครั้งละ ประมาณ 40-50 ตัว ลูกหอยขมที่ออกมาใหม่ ๆ จะมีวุ้นหุ้มอยู่ แม่หอยขมจะใช้หนวดแทงวุ้นจนแตกเพื่อให้ลูกหอยหลุดออกจากวุ้น ลูกหอยขมสามารถเคลื่อนไหวได้ทันทีเมื่อออกจากตัวแม่ ระยะที่จะพบเห็นชุกชุมอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม-พฤษภาคม มีอายุขัยตั้งแต่ 3-11 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งอาศัย

หอยขมมักอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติทั่วไป เช่น คู หนอง คลอง บึง และในนาข้าว ที่เป็นพื้นดินหรือโคลน ที่ระดับน้ำตั้งแต่ 10 ซม. ถึง 2 ม. โดยใช้เท้ายึดเกาะอยู่ตามวัตถุต่าง ๆ เช่น เสา สะพาน ตอไม้ พันธุ์ไม้น้ำ หรือจมอยู่ในโคลน หอยขมมักอยู่ในน้ำที่ไม่ไหลแรงนักหรือเป็นน้ำนิ่ง ในที่ร่ม มีการแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย สามารถพบได้ทั่วไปในทุกจังหวัด และมีการแพร่กระจายทั่วไปในประเทศใกล้เคียง เช่น พม่า ลาว เวียดนาม และกัมพูชา รวมถึงในจีน และแอฟริกา

พยาธิจากหอยขม

ในธรรมชาติหอยเป็นสัตว์ที่เป็นพาหะในการนำพยาธิมาสู่ผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากวงจรชีวิตของพยาธิในระยะตัวอ่อนจะเข้ามาฝังตัวในหอย โดยเฉพาะในหอยน้ำจืด สำหรับในหอยขมมีชนิดพยาธิที่ตรวจพบดังต่อไปนี้

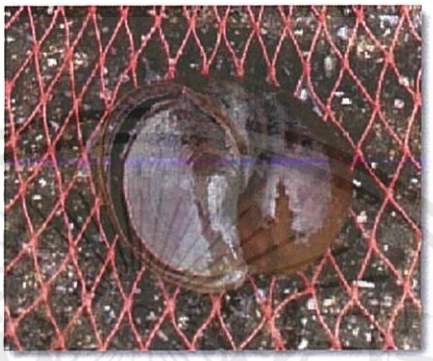
- *Echinostoma malayanum*
- *Echinostoma revolutum*
- *Echinostoma malayanum*
- *Echinostoma ilocanum*
- *Angiostrongylus cantonensis*

2.2.2 หอยเชอรี่ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานีสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมงกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556)

หอยเชอรี่ หรือ หอยโข่งอเมริกาใต้ หรือ หอยเป๋าฮื้อน้ำจืด (อังกฤษ: Golden applesnail, Channeled applesnail; ชื่อวิทยาศาสตร์: *Pomacea canaliculata*) เป็นหอยน้ำจืดจำพวกหอยฝาเดียว สามารถแบ่งหอยเชอรี่ได้ 2 พวก คือ พวกที่มีเปลือกสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อและหนวดสีเหลือง และพวกมีเปลือกสีเขียวเข้มปนดำ และมีสีดำจาง ๆ พาดตามความยาว เนื้อและหนวดสีน้ำตาลอ่อน หอยเชอรี่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ลูกหอยอายุเพียง 1-2 เดือน จะจับคู่ผสมพันธุ์ได้ตลอดเวลา หลังจากผสมพันธุ์ได้ 1-2 วัน ตัวเมียจะวางไข่ในเวลากลางคืน โดยคลานไปวางไข่ตามที่แห้งเหนือน้ำ เช่น ตามกิ่งไม้ ต้นหญ้าริมน้ำ โคนต้นไม้ริมน้ำ ข้าง ๆ คันนา และตามต้นข้าวในนา ไข่มีสีชมพูเกาะติดกันเป็นกลุ่มยาว 2-3 นิ้ว แต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่เป็นฟองเล็ก ๆ เรียงตัวเป็นระเบียบสวยงาม ประมาณ 388-3,000 ฟอง ไข่จะฟักออกเป็นตัวหอยภายใน 7-12 วัน หลังวางไข่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอยเชอรี่ เดิมเป็นหอยน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทวีปอเมริกาใต้ ในประเทศไทยนำเข้ามาครั้งแรกจากประเทศญี่ปุ่นและไต้หวัน ในฐานะของหอยที่กำจัดตะไคร่น้ำและเศษอาหารในตู้ปลา ซึ่งนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายราวก่อนปี พ.ศ. 2530 ต่อมาได้มีผู้คิดจะเลี้ยงเพาะขยายพันธุ์เป็นสัตว์เศรษฐกิจเพื่อการบริโภค แต่ทว่าไม่ได้รับความนิยมจึงปล่อยลงแหล่งน้ำธรรมชาติ จนกลายเป็นปัญหาชนิดพันธุ์ต่างถิ่นในปัจจุบัน



รูปที่ 2.2 หอยเชอรี่

รูปร่างลักษณะ

หอยเชอรี่ (Pomacea canaliculata Lamarck) เป็นหอยฝาเดียว รูปร่างค่อนข้างใหญ่ เปลือก (shell) เรียบ มีฝาปิด (operculum) เป็นแผ่นแข็งสีน้ำตาลเข้มและใส ซึ่งตัวหอยสามารถหลบเข้าอยู่ในเปลือกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันอันตราย หอยเชอรี่มีรูปร่างและขนาดคล้ายกับหอยโข่ง (apple snail, *Pila* spp.) ซึ่งเป็นหอยประจำถิ่นของประเทศไทยนั่นเอง แต่เปลือกบางกว่า และมีร่อง (suture) ลึกกว่า ส่งให้ส่วนยอดของเปลือกหอยนูนสูงขึ้น ฝาปิดของหอยโข่งจะหนาแข็งมากและมีมุกเคลือบเห็นเป็นสีขาว เมื่อหงายขึ้นส่วนวงปาก (mouth) ในหอยเชอรี่จะกลมกว้างกว่า ระยะแรกที่เริ่มระบาดในประเทศไทยพบหอยเชอรี่เป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มเปลือกสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อและหนวดสีเหลือง กับเปลือกสีเขียวเข้มปนดำและมีแถบสีดำจาง ๆ พาดตามความยาว เนื้อและหนวดมีสีน้ำตาลอ่อน แต่ในปัจจุบันสีของเปลือกและเนื้อมีการแปรเปลี่ยนและผสมผสานกันมากกว่าเดิม เช่น พบหอยเปลือกเขียวเข้มเกือบดำมีเนื้อสีดำ และเปลือกดำมีเนื้อสีเหลืองมีปริมาณมากกว่าชนิดที่มีเปลือกสีเหลืองน้ำตาล ทองและเนื้อสีเหลืองสวยงาม ซึ่งกลายเป็นกลุ่มที่หาได้ยาก หอยเชอรี่มีเปลือกหมุนเป็นเกลียววนขวา (dextral) เมื่อโตเต็มที่มีขนาดความสูงเฉลี่ย 80 มิลลิเมตร หนัก 112 กรัม หอยเชอรี่ขนาดใหญ่สุดที่เคยพบสูง 94.5 มิลลิเมตร หนัก 170 กรัม หอยเคลื่อนที่โดยใช้ foot ซึ่งมีลักษณะเป็นกล้ามเนื้อหนา อาจยืดยาวหรือกว้างแบนใช้คืบคลาน สามารถคลานไปตามพื้นดินใต้น้ำ หรือปล่อยตัวลอยไปตามกระแสน้ำ หรือขึ้นสู่ผิวน้ำได้ เมื่อถูกรบกวนจะหดลำตัวพร้อมทั้ง foot เข้าไปในเปลือก ส่วนหัวประกอบด้วยตาเล็ก ๆ ตั้งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนก้านสั้น ๆ 1 คู่ และมีหนวดติดอยู่ด้านข้างก้านตาด้านละ 1 เส้น ส่วนปากมีแผ่นริมฝีปากแผ่กว้างออกรอบปาก และมีหนวดอีกด้านละ 1 เส้นไว้เขี่ยอาหารเข้าปาก

ระบบหายใจ

ภายในช่องลำตัวเป็นโพรงแมนเทิล ซึ่งเป็นโพรงขนาดใหญ่อยู่ระหว่างเยื่อแมนเทิล (mantle) กับก้อนอวัยวะภายใน มีหน้าที่สำคัญในการหมุนเวียนน้ำที่เข้ามาในตัวเพื่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ โพรงแมนเทิลนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ช่องทางด้านขวามีแมนเทิลซึ่งดัดแปลงไปเป็นเหงือก (gill) ใช้ในการหายใจเมื่อหอยอยู่ในน้ำ โดยการแลกเปลี่ยนออกซิเจนจากน้ำ ทางด้านซ้ายมือวัยวะคล้ายปอดทำหน้าที่ช่วยหายใจโดยใช้อากาศ ทำให้สามารถอยู่บนบกได้บางเวลา เช่น ขณะออกไข่ นอกจากนี้ยังมีเนื้อเยื่อส่วนที่สามารถโต้งพับเป็นหลอดยาว คล้ายหลอดดูดและยืดหดได้ เป็นท่อหายใจ (respiratory siphon) มีขนาดยืดยาวได้ถึง 6-7 เซนติเมตร อยู่ทางด้านซ้ายของตัวหอย ใช้ในการหายใจเอาออกซิเจนจากอากาศ ทำให้สามารถอาศัยอยู่ได้ในน้ำที่แม้จะไม่มีออกซิเจนละลายอยู่เลย

การเจริญเติบโต

ลูกหอยที่ฟักออกมาจากไข่มีรูปร่างเหมือนกับตัวแม่แต่มีขนาดเล็กกว่าหอยเจริญ เติบโตโดยมีการสร้างเปลือกต่อจากเดิมทางด้านขอบปาก ซึ่งอยู่ด้านล่างตรงข้ามกับยอดแหลม (spire) ทำให้ขนาดของเปลือกเพิ่มขึ้นโดยรูปร่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง เปลือกมี 3 ชั้น ชั้นนอกสุดคือชั้นเพอริโอสทราคัม (periostracum) ประกอบด้วยสารโปรตีนที่แข็งแรงเหมือนโปรตีนของเขาสัตว์ มีชื่อว่าคอนคิโอลิน (conchiolin) ประกอบด้วยเม็ดสีซึ่งทำให้เปลือกหอยมีสีต่าง ๆ ชั้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันกรดในน้ำ ชั้นกลางเป็นชั้นที่แข็งแรงเพราะประกอบด้วยแคลเซียม โดยปกติไม่มีเม็ดสีจึงมีสีขาว แต่เปลือกที่มีอายุมาก เม็ดสีจากชั้นนอกจะเคลื่อนย้ายมาที่ชั้นกลางอย่างช้า ๆ และชั้นในสุดเป็นผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นแผ่นแบนบางมีความมันวาว เรียงซ้อนอยู่คือชั้นมุก การสร้างเปลือก เกิดจากการทำงานของเนื้อเยื่อแมนเทิล ซึ่งอยู่ติดกับเปลือกรอบช่องลำตัวหรือโพรงแมนเทิล เกิดมีการจัดเรียงตัวกันของชั้นผลึกและการทับถมของผลึก มีสารอินทรีย์ถูกสกัดออกมาก่อนการทับถมของเปลือกด้านใน แล้วจึงมีการเติมแคลเซียมคาร์บอเนตลงไปสลับกับสารอินทรีย์ ระยะแรก ๆ มีลักษณะเป็นผลึกเล็ก ๆ จนในที่สุดเกิดเป็นชั้นของผลึกชั้นกลางขึ้นมา จากนั้นขอบด้านริมของเยื่อแมนเทิล ซึ่งสกัดทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ทำให้ขอบของเปลือกเจริญและเปลือกจะหนาขึ้น โดยเซลล์ชั้นผิวของแมนเทิลที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเรียงตัวกัน เป็นชั้นที่หักเหได้คล้ายปริซึม จึงทำให้มีความมันวาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกินอาหาร

หอยเชอรี่เป็นสัตว์ที่กินทั้งพืชและสัตว์ (omnivores) สามารถกินพืชน้ำได้เกือบทุกชนิดที่มีลักษณะใบอ่อนนิ่ม เช่น แหน แหนแดง จอก จอกหูหนู ไข่น้ำ ผักบุ้ง ผักกะเฉด ต้นแห้ว กระจับ ใบบัว สาหร่ายต่าง ๆ ยอดอ่อนผักตบชวา ต้นข้าวกล้า ต้นหญ้าที่อยู่ริมน้ำ รวมถึงซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยในน้ำที่อยู่ใกล้ ๆ ตัว สามารถกินได้รวดเร็ว เฉลี่ยวันละ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกินได้ตลอด 24 ชั่วโมงในเวลากลางวันที่มีแดดจัดจะหลบอยู่ใต้ร่มเงาของพืชน้ำต่าง ๆ หรืออาศัยอยู่ใต้ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ริมแหล่งน้ำหรือนาข้าวนั้น ๆ แล้วกินอาหารตลอดเวลา การกินอาหารต้องอยู่ในน้ำ กล่าวคือ มีน้ำช่วยพยุงให้ตัวลอยขึ้นแล้วใช้ส่วนขากรรไกร (jaw) กัดชิ้นส่วนของพืชให้ขาดจากกันแล้วส่งเข้าในช่องปาก ซึ่งอยู่ระหว่างรยางค์ที่แผ่ออกเป็นแผ่นเกล้ามเนื้อทางด้านส่วนหัว ภายในปากมีกรามขนาดใหญ่ 1 คู่ใช้กัดกินอาหาร ถัดจากกรามเข้าไปภายในเป็นแรดูลา ซึ่งแข็งแรงเป็นเส้นบางคล้ายโซ่เต็มไปด้วยฟันแหลม มีลักษณะเป็นฟันซี่เล็ก ๆ สีแดงเรียงซ้อนกันอยู่ 5 แถว มีจำนวนหลายร้อยซี่เรียงเป็นแถวขวาง มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันระหว่างซี่ตรงกลางและริม ทำหน้าที่บดอาหารโดยกล้ามเนื้อรอบ ๆ จะทำงานให้ส่วนแรดูลาขยับไปมา ขูดไปบนอาหาร ต่อมาจะถูกส่งผ่านไปถึงหลอดอาหาร (esophagus) และไปสู่กระเพาะซึ่งจะเริ่มมีการย่อยอาหารที่นั่น ส่วนที่ไม่ย่อยจะผ่านออกไปทางทวารหนัก ซึ่งอยู่ใกล้ส่วนหัว

การสืบพันธุ์

หอยเชอรี่มีเพศแยก เพศผู้และเพศเมีย ภายนอกสังเกตได้จากความนูนมากน้อยของแผ่น operculum ถ้าหากนูนมากเป็นหอยเพศผู้ มีอวัยวะสืบพันธุ์ (gonad) เป็นก้อนเดี่ยว อัณฑะมีลักษณะเป็นท่อที่ยืดออกได้เพื่อสอดส่งสเปิร์ม (sperm) เข้าไปผสมกับไข่ก่อนที่ไข่จะมีการสร้างเปลือก หอยโตเต็มวัยพร้อมจะขยายพันธุ์มีอายุประมาณ 3 เดือน น้ำหนัก 5 กรัม มีขนาดเปลือกสูงประมาณ 25 มิลลิเมตร หอยจะจับคู่เพื่อถ่ายสเปิร์มได้ตลอดเวลา หลังจากนั้น 1-2 วัน ตัวเมียจะวางไข่ ส่วนมากเป็นเวลากลางคืน ตั้งแต่ดวงอาทิตย์ตกเป็นต้นไป จนถึงประมาณ 7.00 น. โดยคลานขึ้นไปวางไข่ตามที่แห้งเหนือน้ำ เช่น ตามกิ่งไม้ที่ปักในบ่อ ต้นหญ้าริมน้ำ โคนไม้ริมน้ำ ข้าง ๆ คันนา และตามต้นข้าวในนา ใช้เวลาในการออกไข่ตั้งแต่ 1-6 ชั่วโมงแล้วแต่ขนาดของกลุ่มไข่ ไข่จะเคลื่อนออกมาทีละฟองบนกล้ามเนื้อ foot ซึ่งขยับเป็นระลอก ดันส่งไข่ให้ขึ้นไปซ้อนเข้าใต้ฟองที่ออกมาก่อนเป็นชั้น ๆ ไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ จะอ่อนนิ่มและมีเมือกติด หลังจากนั้นจึงเริ่มแห้งและแข็งขึ้น ไข่มีสีชมพูสดดูสวยงามเกาะติดกันเป็นกลุ่มยาว 5-8 เซนติเมตร แต่ละกลุ่มประกอบด้วยไข่ 388-3,000 ฟอง ขึ้นกับขนาดของแม่หอย ไข่แต่ละฟองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0-2.5 มิลลิเมตร ไข่ที่มีสีชมพูสดจะซีดจางลงจนเกือบเป็นสีขาวภายใน 7-12 วัน แล้วแตกออก ลูกหอยภายในซึ่งมีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดเล็ก ๆ หนักประมาณ 1.7 มิลลิกรัม และมีลักษณะเหมือนตัวแม่ทุกอย่าง แต่เปลือกนิ่ม จะร่วงลงน้ำเริ่ม

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใด...

กินพืชพวกสาหร่ายต่าง ๆ แล้วเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเปลือกจะแข็งหลังหล่นลงน้ำ 2 วัน และเริ่มคืบคลานได้เมื่อมีขนาด 2-5 มิลลิเมตร อัตราการฟักของไข่สูงมากคือ 77-91 เปอร์เซ็นที่อุณหภูมิประมาณ 34 องศาเซลเซียส หลังจากวางไข่ 4-10 วัน ตัวเมียจะวางไข่ได้อีก และสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี ตลอดอายุขัย 2-3 ปี

ที่อยู่อาศัย

หอยเชอรี่อยู่ทั่วไปได้ตามแหล่งน้ำทุกประเภท ได้แก่ บึง สระ หนอง คลอง แม่น้ำ ลำธาร กล่าวคือ อยู่ได้ทั้งในที่น้ำไหลและใสสะอาด มีออกซิเจนสูงพอ ๆ กับในน้ำนิ่งและน้ำตื้นเพียงไม่กี่เซนติเมตร เต็มไปด้วยเศษพืช หรือเกือบไม่มีออกซิเจนอยู่เลยก็ยังเจริญเติบโตได้ดี ขอเพียงแต่มีอาหารบ้างและสภาพน้ำไม่เป็นกรดมากนัก อุณหภูมิที่พอเหมาะประมาณ 18-30 องศาเซลเซียส ในอุณหภูมิต่ำหอยจะมีอายุขัยนานประมาณ 3 ปี หากอยู่ในที่อุณหภูมิสูง เช่น ในนาข้าวจะมีอายุประมาณ 12-16 เดือน สังเกตพบว่าในคูที่แม้น้ำจะเน่าจนสีเกือบดำ หอยก็ยังมีชีวิตอยู่ได้เพียงแต่อาจเจริญเติบโตไม่ดีและออกไข่น้อยครั้งกว่า ปกติ

การจำศีล

โดย ทั่วไปหอยเชอรี่ไม่จำเป็นต้องจำศีล (aestivation) หากมีน้ำและอาหารอุดมสมบูรณ์ การจำศีล คือ การที่หอยลดกระบวนการสร้างและกระบวนการทำลายภายในร่างกายลงเพื่อความอยู่รอด ทั้งนี้โดยมีความแห้งแล้งเป็นสาเหตุ ดังนั้น หอยเชอรี่ที่อาศัยในข้าว เมื่อน้ำแห้งก็จะปิดฝาแล้วหมกตัวอยู่ในโคลน เป็นการทำตัวให้รอดจากความแห้งแล้ง ในประเทศญี่ปุ่นแม้น้ำจะแห้งจนดินแตกระแหงเป็นเวลานาน 3-4 เดือน หอยก็ยังรอดตายอยู่ได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าอยู่ตามพงหญ้าก็จะรอดตายเพียงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และหอยเชอรี่สามารถมีชีวิตอยู่รอดผ่านฤดูหนาวที่มีหิมะปกคลุมได้ จากการทดสอบโดยนำหอยใส่ตู้อบที่ตั้งอุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียส และ -6 องศาเซลเซียสพบว่าหอยจะตายภายใน 25 วัน 3 วัน และ 1 วัน ตามลำดับ แสดงว่าในเขตอบอุ่น หอยจะทนอยู่ในฤดูหนาวได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิว่าต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เพียงใด หอยขนาด 20-30 มิลลิเมตร จะมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำมากกว่าหอยขนาดใหญ่ ในประเทศญี่ปุ่นประชากรหอยจะเพิ่มขึ้น 3-9 เท่าต่อปี แม้ว่าจะผ่านฤดูหนาว สำหรับประเทศไทยไม่มีฤดูหนาว ดังนั้น ในท้องที่ที่มีน้ำตลอดปีหอยจึงไม่มีการจำศีล คาดว่าประชากรของหอยน่าจะเพิ่มขึ้นมากกว่า 9-10 เท่าต่อปี นอกจากนี้ความแข็งของดิน น้ำแห้งเร็วหรือช้า ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการจำศีลด้วย

ในประเทศไทยเคยพบหอยขนาดใหญ่ 59.2 คูณ 63.4 มิลลิเมตร สามารถจำศีลอยู่ในดินแห้งนานถึง 7 เดือน โดยปิดฝาเมื่อน้ำเริ่มแห้งและคว่ำอยู่ในดินเพียงครึ่งตัว จากการทดลองในห้องปฏิบัติการเมื่อปล่อยให้หอยจำศีลโดยฝังตัวในดินแห้ง พบว่าฝังลึกไม่เกิน 4 เซนติเมตร แม้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาจะผ่านไปนานถึง 16 เดือน หอยเชอรี่ก็ยังมีชีวิตรอดอยู่ได้ เฉลี่ย 7.87 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักเนื้อหอยลดลง 84.31 เปอร์เซ็นต์แต่ความชื้นในดินและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศไม่มีอิทธิพลต่อการ รอดชีวิต เฉพาะช่วงเวลาการจำศีลเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับการรอดชีวิต กล่าวคือยิ่งจำศีลนานเปอร์เซ็นต์การตายก็จะยิ่งเพิ่มขึ้น

การเป็นพาหะนำโรค

เนื่องจากหอยเชอรี่อยู่ในวงศ์เดียวกับหอยโข่ง (*Pila* sp.) จึงอาจเป็นเจ้าบ้านตัวกลาง (intermediate host) ของหนอนพยาธิตัวกลม (nematode) เช่นเดียวกับหอยโข่ง นั่นคือ พยาธิ Angiostrongylus cantonensis Chen ซึ่งผ่านเข้าสู่คนโดยการกินเนื้อหอยดิบ ๆ เช่น พล่าหรือยำหอย ถ้าหอยมีพยาธิอยู่ ตัวอ่อนระยะที่ 1 ของพยาธิก็เข้าสู่คน ถ้าหากไปอยู่ที่สมองจะมีอาการเยื่อหุ้มสมองบวมอักเสบ (Eosinophilic meningo-encephalitis) คือ ปวดศีรษะ ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน คอแข็ง มีอัมพาตของส่วนใดส่วนหนึ่ง ถ้าพยาธิไชเข้าสู่ดวงตาก็ทำให้ตาบอด นอกจากนี้ยังอาจเป็นตัวนำเจ้าบ้านตัวกลางของหนอนพยาธิ *Echinostoma ilocanum* Gerrison ซึ่งเป็นพยาธิใบไม้ในลำไส้ เมื่อคนกินหอยที่มีตัวอ่อนพยาธิเข้าไปจะเกิดอาการของกระเพาะอาหารและลำไส้ เช่น ปวดท้อง ท้องเดิน เป็นต้น เช่นเดียวกับกรบริโภคหอยโข่ง

ศัตรูธรรมชาติ

โดยทั่วไปศัตรูของหอยเชอรี่ในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น นกกระปูดใหญ่ (Greater Coucal: *Centropus sinensis*) นกกะปูดเล็ก (Lesser Coucal: *Centropus bengalensis*) ซึ่งพบทั่วทุกภาค หากินตามชายทุ่งและสวน ทำรังตามพุ่มไม้เตี้ย ๆ มักอยู่ตามพื้นดินและกินสัตว์เล็ก ๆ เป็นอาหาร รวมทั้งกินหอยโข่งและหอยเชอรี่ แต่เป็นนกที่หากินเดี่ยว อาจพบเป็นฝูงเล็กไม่เกิน 4 - 5 ตัว จึงไม่มีผลในการกำจัดหอยเชอรี่มากนัก อีกชนิดคือนกปากห่าง (Asian openbill: *Anastomus osciltans*) มีขนาดใหญ่ ปากใหญ่ยาวและแข็งแรง ส่วนที่ค่อนมาทางปลายจะมีช่องว่างระหว่างปากบนและล่างเพื่อใช้ประโยชน์ในการ คาบหอย หากินตามทุ่งนาและแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นนกที่อพยพเข้ามาประมาณ 6 หมื่น ถึง 8 หมื่นตัวต่อปี กินหอยเชอรี่เป็นอาหารหลักเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในการใช้ปากจิกหอยทางด้านฝาปิดจนเปิดออก แล้วกินเฉพาะส่วนเท้าหอยได้ทุกขนาดที่ใหญ่กว่า 10 มิลลิเมตรขึ้นไป ออกหากินทั้งวันเป็นฝูงใหญ่หลายร้อยตัว กินหอยเชอรี่ได้ 70 - 120 ตัวต่อวัน ในช่วงที่เลี้ยงลูกอ่อนจะกินหอยมากขึ้นเพื่อนำมาสำรอกป้อนลูกนก นับเป็นศัตรูหอยเชอรี่ที่สำคัญช่วยกำจัดหอยได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลาบางชนิดกินหอยเชอรี่ เช่น ปลาหมอไทย (common climbing perch: *Anabas testudineus*) ปลาหมอช้างเหยียบ (striped tiger nandid: *Pristolerpis fasciatus*) ซึ่งพบอาศัยตาม

แม่น้ำ ลำคลองทั่วทุกภาค กินไข่ปลาทุกชนิด ลูกกุ้ง ลูกปลา และแมลงน้ำ รวมทั้งซากพืชและสัตว์เป็นอาหาร ปลาทั้ง 2 ชนิดที่มีขนาดยาว 11 เซนติเมตร สามารถกินหอยเชอรี่ขนาด 6-13 มิลลิเมตร ได้ 20 ตัวต่อวัน

นอกจากนี้ยังมีปลาไน (common carp: *Cyprinus carpio*) ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดวงศ์เดียวกับปลาตะเพียน มีถิ่นกำเนิดในจีน กินพืชและแมลงเป็นอาหาร อาศัยตามแม่น้ำ หนอง บึง หรือแหล่งน้ำขนาดใหญ่ และปลานิล (Nile Tilapia: *Oreochromis niloticus*) ซึ่งเข้าสู่ประเทศไทยครั้งแรก เมื่อ พ.ศ.2508 โดยเจ้าชายอากิฮิโต มกุฎราชกุมารแห่งประเทศญี่ปุ่นในขณะนั้น จัดส่งเข้ามาทูลเกล้าฯ ถวายพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ต่อมาพระราชทานชื่อว่า ปลานิล กรมประมงได้เลี้ยงขยายพันธุ์และแจกจ่ายไป รวมทั้งปล่อยลงแหล่งน้ำต่างๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม ปลานิลกินอาหารได้ทุกชนิด เช่น ไรน้ำ ตะไคร่น้ำ ตัวอ่อนของแมลงและสัตว์น้ำเล็กๆ ปลาทั้ง 2 ชนิดนี้มีผู้ทดสอบแล้วว่าสามารถกินลูกหอยเชอรี่เป็นอาหาร แต่ปลาไนกินได้ดีกว่าและเร็วกว่า ลูกปลาไนที่มีน้ำหนัก 5 กรัม จะกินลูกหอย 338 ตัว ใน 24 ชั่วโมง

2.2.3 การใช้ประโยชน์จากหอยน้ำจืดในการบริโภค (สิริกุล, 2551)

หอยน้ำจืดซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติโดยทั่วไปมีการนำไปบริโภคในท้องถิ่น จากการสำรวจพบว่า มีหอยที่มีการซื้อขายในตลาด 30 ชนิด จัดเป็นหอยฝาเดียว 14 ชนิด และหอยสองฝา 16 ชนิด ส่วนใหญ่หอยที่มีการซื้อขายในตลาดเป็นหอยที่รวบรวมมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ในจังหวัดนั้น ๆ มีบางจังหวัดที่มีการรวบรวมหอยมาจากจังหวัดอื่น

หอยฝาเดียวที่เป็นที่นิยมบริโภค ได้แก่ หอยขมโดยพบชนิด Filopaludina (Siamopaludina) martensi ในตลาดสดทั่วทุกภาคของประเทศ การซื้อขายอยู่ในรูปของหอยสด (ขายทั้งเปลือก) หอยตัดก้น และขายเฉพาะเนื้อ สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น แกงคั่ว แกงอ่อม ยำ และลาบ เป็นต้น โดยเฉพาะแกงคั่วหอยขมเป็นที่นิยมรับประทานของคนไทย และมีขายตามร้านอาหารทั่วไป

นอกจากหอยขมแล้ว ยังมีหอยฝาเดียวขนาดใหญ่ คือ หอยโข่งและหอยเชอรี่ขายในท้องตลาด โดยการแกะเฉพาะเนื้อหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ มากกว่าในรูปของหอยสดที่ขายทั้งเปลือกนำไปประกอบอาหารประเภทเดียวกับหอยขม พบมากในตลาดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หอยเชอรี่เป็นหอยที่มีแหล่งกำเนิดเดิมในทวีปอเมริกาใต้ แต่ปัจจุบันคาดว่ามีการแพร่กระจายในประเทศไทยมากกว่า 65 จังหวัด

การสำรวจในเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์ พบหอยขม หอยโข่ง และหอยเชอรี่ขุดมาจากดินตามท้องนาวางขายในท้องตลาด ชาวบ้านเรียกว่า หอยขัว เนื่องจากเป็นช่วงที่หอยจำศีลมีการเก็บสะสมอาหารภายในร่างกาย จึงเป็นที่นิยมบริโภคและมีราคาสูงกว่าหอยขมที่รวบรวมได้จากแหล่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ หอยที่จำศีลนี้จะออกมาใช้ชีวิตตามปกติเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมไม่แห้งแล้ง มีรายงานว่าหอยเชอรี่อยู่ในช่วงจำศีลได้นานถึง 7 เดือน

หอยฝาเดียวอีกประเภทหนึ่งที่มีผู้นิยมบริโภคมากในเขตภาคกลาง เช่น จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ลพบุรี และสระบุรี เป็นต้น หอยทราย ซึ่งเป็นหอยฝาเดียวในสกุล Mekongia นิยมนำมาประกอบอาหารโดยการลวกหรือต้มทั้งเปลือกรับประทานกับน้ำจิ้มรสจัด ที่จังหวัดนครพนมมีหอยชนิด Mekongia swainsoni Flavida เป็นที่นิยมบริโภคและมีแพร่กระจายตามหาดทรายริมแม่น้ำโขง พบมากระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม

2.2.4 ความสำคัญของหอยต่อมนุษย์ (สิริกุล, 2551)

ประการแรก คือ ความมั่นคงทางอาหาร หอยจัดเป็นแหล่งโปรตีนอีกทางหนึ่งในช่วงฤดูกาลที่ไม่มีปลา กล่าวคือ บริเวณลุ่มน้ำโขงในช่วงหน้าแล้งมักไม่มีปลาเนื่องจากปลาหลบอาศัยอยู่ในแอ่งน้ำลึก ฉะนั้น ชาวบ้านจึงได้โปรตีนทดแทนจากการบริโภคหอย ประการที่สอง คือ เป็นแหล่งรายได้ของประชากรในท้องถิ่นและในระดับชาติ ประการที่สาม คือ ประโยชน์ในด้านท่องเที่ยวเชิงนิเวศ เนื่องจากหอยหลายชนิดเป็นตัวดึงดูดนักดำน้ำ เช่น หอยไข่หรือหอยเบี้ยเทียมที่อาศัยอยู่ตามแนวปะการัง หมึกตะเกียง ซึ่งเป็นหมึกที่สามารถเปลี่ยนสีได้เหมือนกับลูกโปลอยน้ำ จึงมีนักดำน้ำหลายคนชอบดำน้ำเพื่อถ่ายรูป รวมทั้งทากทะเล สามารถว่ายน้ำและเต้นรำกลางทะเลได้ จึงเป็นจุดดึงดูดนักท่องเที่ยวสำหรับนักดำน้ำโดยเฉพาะ

2.2.5 โทษของหอยต่างถิ่นที่เข้ามารุกรานในประเทศไทย (สิริกุล, 2551)

ในอนาคตหอยเชอรี่อาจมีผลกระทบต่อไข้หวัดนกเนื่องจากนกปากห่างซึ่งเป็นพาหะของไข้หวัดนกชอบกินหอยเชอรี่เป็นอาหาร นกปากห่างมีการอพยพจากประเทศบังคลาเทศเข้ามาในประเทศไทยในช่วงฤดูแล้งเพื่อกินหอยเชอรี่และสืบพันธุ์ เมื่อถึงฤดูฝนกินหอยโข่ง เมื่อหอยโข่งหายากจึงบินอพยพกลับไปประเทศบังคลาเทศแต่ในปัจจุบันหอยเชอรี่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจึงกินได้ตลอดปี ทำให้นกปากห่างไม่บินอพยพไปมาระหว่างประเทศไทยกับบังคลาเทศ นกปากห่างในประเทศไทยจึงมีจำนวนประชากรเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อโรคไข้หวัดนกได้

2.3 เทคนิคการวิเคราะห์โลหะหนัก (แม้น, 2554)

วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS ซึ่งเทคนิค AAS นั้นเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่น มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะ สามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้ถึง 67 ธาตุ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(metal element) ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ (free atom) ของธาตุ ดูดกลืน (absorp) แสงที่ความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับธาตุแต่ละธาตุ เนื่องจากธาตุแต่ละชนิดมีระดับของพลังงานแตกต่างกันจึงมีการดูดกลืนพลังงานได้แตกต่างกัน พลังงานที่พอดีกับคุณสมบัติเฉพาะของธาตุจะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุนั้นๆ เปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น (ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น (exited state) โดยปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนที่ความยาวคลื่นนั้นจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของธาตุที่แสงผ่านเพิ่มขึ้น และเป็นแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุที่ดูดกลืนแสง

กระบวนการทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ (Flame Atomization) มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองฝอยเล็กๆ (mist หรือ aerosol) ด้วยส่วนของเครื่องที่เรียกว่า nebulizer โดยเครื่องจะดูดสารละลายเข้าไปเพื่อพ่นให้สารละลายไปชนกับ glass bead เพื่อให้เกิดเป็นละอองฝอย

2. Droplet precipitation เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กบางส่วน รวมกันเป็นหยดสารละลายไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)

3. Mixing เป็นกระบวนการที่ mist หรือ aerosol ผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง(fuel) และ ออกซิเดนท์แก๊ส (oxidant gas) เกิดใน spray chamber ของ nebulizer

4. Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ใน mist หรือ aerosol ถูกกำจัดออกไปทำให้เป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ (solid paticles)

5. Compound decomposition เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยพลังงานความร้อนจากเปลวไฟทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นเป็นออกไซด์ เป็น โมเลกุล และเป็นอะตอมอิสระ

หลักทั่วไปของ Flame Techniques

เทคนิคนี้ใช้ flame ทำให้เกิด atomization โดยทั่วไปแล้วเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สารตัวอย่างควรจะต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1. สารตัวอย่างต้องเป็นสารละลายหรือของเหลว

2. สารตัวอย่างควรมีสารที่เป็นของแข็งละลายอยู่ไม่เกิน 5% มิฉะนั้นจะมีผลต่อการเกิด atomization

3. สารตัวอย่างควรจะสลายตัวได้ดีด้วยความร้อน

4. ควรมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

5. สารละลายตัวอย่างจะต้องมีอย่างน้อย 1 ml.

เทคนิคนี้ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่อยู่ที่การเตรียมสารตัวอย่างให้เป็นสารละลาย มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น[illegible]

รูปที่ 2.3 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer บริษัท PerkinElmer รุ่น AAS-200

2.4 ค่ามาตรฐานโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98, 2529)

โลหะหนักเป็นอันตรายในอาหาร (food hazard) ประเภท อันตรายทางเคมี (chemical hazard) จึงเกิดการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อสัตว์ และเนื้อเยื่อพืช โดยสะสมสารมลพิษเพิ่มขึ้นตามลำดับขั้นการบริโภคจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ.2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนมีข้อกำหนดเกี่ยวกับการปนเปื้อนของโลหะในอาหารดังนี้

- ตีบุก 250 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- สังกะสี 100 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- ทองแดง 20 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- ตะกั่ว 1 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เว้นแต่อาหารที่มีสารตะกั่วปนเปื้อนตามธรรมชาติในปริมาณสูง ให้มีได้ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
- สารหนู 2 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม
- ปรอท 0.5 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารทะเล และไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัม ต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับอาหารอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชนิดของโลหะหนักที่มีการปนเปื้อนในอาหาร

ประเภท	ระดับของโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ (มิลลิกรัม / กิโลกรัม (น้ำหนักเปียก))						
	สารหนู	โครเมียม	แคดเมียม	ทองแดง	ปรอท	ตะกั่ว	สังกะสี
อาหาร	2.0	2.0	-	20	0.5	1.0	100
ปลา	-	-	0.05	-	-	0.2	-
กุ้ง (ทั้งกุ้งและปู)	-	-	2.0	-	-	0.5	-
หอยและปลาหมึก	-	-	2.0	-	-	1.0	-

ที่มา : ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98, 2529

2.5 คลองประเวศบุรีรมย์ (ปัณเอก, 2553)

รูปที่ 2.4 บริเวณลำคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

ในสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) ได้ทรงประกาศใช้พระราชบัญญัติ "ประกาศขุดคลอง" พ.ศ.2420 โปรดเกล้าฯให้ขุดคลองจากคลองพระโขนงไปเชื่อมกับคลองด่าน ออกสู่แม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีความยาวทั้งสิ้น 1150 เส้น (46 กิโลเมตร) ทรงโปรดเกล้าฯ ให้ พระยาดำรงราชพลขันธ์ เป็นแม่กองขุด และเจ้าพระยาสุรวงศ์ไวยวัฒน์ (วร บุนนาค) เป็นผู้อำนวยการขุด เริ่มขุดตั้งแต่ พ.ศ. 2521 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2523 ใช้เวลาขุด 3 ปี มีวัตถุประสงค์ในการขุด คือ เพื่อการคมนาคม ระหว่างเมืองเขื่อนขันธ์ (จังหวัด สมุทรปราการ) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมืองฉะเชิงเทรา และเพื่อเปิดพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น บริเวณสองฝั่งคลอง ในการขุดคลองนี้ใช้เงินทุนจาก พระราชทานเงินจากกระทรวงพระคลังมหาสมบัติ 80,000 บาทเศษ เพื่อจ้างชาวจีนขุด และทรงอนุญาตให้ราษฎรช่วยออกค่าใช้จ่ายในการขุดคลองรวมเป็นเงิน 32,752 บาท โดยผู้ออกค่าใช้จ่ายจะได้จับจองที่ดินอยู่อาศัยและทำกินเป็นการตอบแทนตามอัตราที่ได้จ่ายเงินช่วยเหลือ พระราชบัญญัติ "ประกาศขุดคลอง" ทำให้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกออกไปอย่างกว้างขวาง ราษฎรหลายพันครัวเรือนได้เข้าทำการเพาะปลูกตลอดแนวสองฝั่งคลองประเวศฯ และคลองแยก เล่าสืบต่อกันมาว่าก่อนปี พ.ศ. 2420 พระยาประเวศบุรีรมย์ได้รับมอบหมายให้เป็นแม่กองในการคุมชาวจีนขุดคลองเชื่อมแม่น้ำสองสาย คือ แม่น้ำเจ้าพระยาตรงพระโขนงกับแม่น้ำบางปะกงตรงท่าถั่ว ปัจจุบันคือประตูน้ำท่าถั่ว คลองที่ขุดมีขนาดกว้าง 4 วา (ปัจจุบันกว้าง 20 วา) ขุดตามวิถีกระสุนปืนใหญ่ที่ยิงไป ซึ่งเป็นการขุดอย่างมีการรังวัดแนวคลองเป็นเส้นตรง ทำให้ย่นระยะทางเดินทางให้สั้นมากที่สุดและให้ขุดคลองแยกจากคลองประเวศบุรีรมย์อีก 4 คลอง คือ คลองหนึ่ง คลองสอง คลองสาม และคลองสี่ เพื่อเป็นการขยายพื้นที่ทำกินให้เพียงพอกับความต้องการของราษฎร พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โปรดเกล้าฯ พระราชทานนามคลองตามชื่อนายกองคุมขุดคลองว่า คลองประเวศบุรีรมย์ ชาวไทย ชาวจีน ชาวไทยจีน ไทยมุสลิม รามัญ เขมร พากันไปจับจองที่ดินตลอดสองฝั่ง กลายเป็นชุมชนริมคลองที่หลากหลายวัฒนธรรม แต่อยู่กินกันอย่างสันติสุขมาจนทุกวันนี้ ในอดีตการคมนาคมโดยเรือ เป็นการเดินทางที่สะดวกและรวดเร็วที่สุด ต่อมาในสมัยรัชกาลที่ 6 เริ่มมีการเดินทางโดยรถยนต์มากขึ้น เนื่องจากถนนหนทางมีความสะดวกมากขึ้น แต่การคมนาคมเพื่อการขนส่งทางเรือยังมีความสำคัญ และยังมีเรือรับส่งในระยะสั้น ๆ ราวปี พ.ศ. 2515 เมื่อมีการตัดถนนเลียบคลองประเวศบุรีรมย์ ฝั่งทิศใต้ และต่อมาได้มีการตัดถนนเชื่อมโยงในฝั่งทิศเหนืออีก ทำให้ชาวบ้านนิยมเดินทางด้วยรถยนต์จนปัจจุบันนี้ คลองประเวศบุรีรมย์จึงลดบทบาทลงเหลือเพียงที่คลองส่งน้ำไปสู่ชุมชน และเป็นเส้นทางระบายน้ำออกสู่แม่น้ำและทะเลเท่านั้น แต่ก็ยังมีการเพาะปลูกพืชน้ำและเลี้ยงสัตว์น้ำเพื่อการดำรงชีพของชาวบ้านริมคลองในปัจจุบัน ทั้งในการบริโภคและเป็นอาชีพเพื่อหารายได้ นอกจากจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ริมน้ำมากขึ้น ยังมีนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังตั้งอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำ ซึ่งมีโรงงานประมาณ 200 โรงงาน มีด้วยกันหลายประเภท เช่น โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น จึงอาจส่งผลให้มีสารพิษหรือโลหะหนักปนเปื้อนมากับน้ำ และสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งการสะสมดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นอาหาร (Trophic Levels) ของระบบนิเวศน์ ดังนั้นหากมนุษย์บริโภคเข้าไป อาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรทิพย์ ตัตตะวะศาสตร์ รวิวรรณ สังขศิลา แววตา ทองระอา และสุพจน์ ฐิตธรรมโม (2532) ศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท ในหอยนางรมจากฟาร์มเลี้ยงหอยตำบลอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม 2530 ถึงเดือนกันยายน 2531 เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยใช้อะตอมมิกแอบซอร์ฟชั่นสแปกโตรโฟโตเมทรี พบว่าปริมาณการสะสมของตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท ในหอยนางรมโดยเฉลี่ยตลอดปีมีค่าเท่ากับ 5.298, 1.151, 160.221, 47.831 และ 0.017 μg/g wet weight ตามลำดับ โลหะสังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงสุด รองลงมาได้แก่ ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ตามลำดับ ปริมาณการสะสมของโลหะหนักทุกชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา ยกเว้นปริมาณของสังกะสี และทองแดง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละเดือน ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในหอยนางรมมีปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะโลหะสังกะสี ทองแดง และตะกั่ว อาจไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค

สมลักษณ์ นงนุช (2543) การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทย มีปัญหาสำคัญในการเพาะเลี้ยง คือกุ้งจะตายก่องถึงอายุขัย เนื่องจากการทำลายของเชื้อไวรัสและแบคทีเรีย ซึ่งเกิดจากความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมในบ่อเพาะเลี้ยงมีการสะสมสารพิษและของเสียทำให้กุ้งอ่อนแอ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณภาพน้ำ โดยเฉพาะการตกค้างของโลหะหนักในน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงและตัวกุ้ง ในบ่อเลี้ยงกุ้งในเขตภาคตะวันออกของจังหวัด ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง และจันทบุรี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ และปรับปรุงสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงกุ้งให้เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งแบบยั่งยืน

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง ในภาคตะวันออกตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2540 – มกราคม 2541 ซึ่งเป็นการเลี้ยงกุ้งในบริเวณเขตน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ซึ่งมีอายุการเลี้ยงตั้งแต่ 11-180 วัน การปนเปื้อนของตลหะหนักทั้ง 5 ชนิดพบโลหะสังกะสีมีปริมาณการปนเปื้อนสูงที่สุดทั้งในตัวอย่างน้ำและตัวอย่างกุ้งกุลาดำ รองลงมาได้แก่ทองแดง ตะกั่ว และแคดเมียม โดยในน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.81, 0.001-0.407, 0.001-0.153 และ 0.001-0.007 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในน้ำมีค่าต่ำมาก ไม่สามารถตรวจวัดได้ (น้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร) และการปนเปื้อนของโลหะหนักในเนื้อกุ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-21.5, 0.0.590-3.046, 0.021-0.430, 0.004-0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ส่วนปริมาณปรอทก็พบในปริมาณน้อยมากโดยมีค่าต่ำกว่า 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อภิรดี เมืองเดช (2545) การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และปรอท ในหอยแครงบริเวณปากแม่น้ำ บางประกง ณ บริเวณตำบลสองคลอง อำเภอบางประกง จังหวัดฉะเชิงเทรา ตำบลคลองด่าน อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ตำบลคลองตำหรุ และบริเวณชายฝั่งทะเล ตั้งแต่ตำบลบางทรายจนถึงตำบลคลองตำหรุ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี รวม 6 สถานี ได้ดำเนินการ โดยทำการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง ในเดือนธันวาคม 2542 มกราคม มีนาคม เมษายน มิถุนายน และกรกฎาคม 2543 รวม 36 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ด้วยวิธี Flame Atomic Absorption และวิเคราะห์ปรอทด้วยวิธี Hydride Atomic Absorption พบว่า ปริมาณการสะสมของโลหะหนักในหอยแครงจะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะหนัก สังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว โดยพบปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักทุกฤดูกาลดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 84.906 0.427 0.312 และ 0.222 µg/g, น้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ระหว่างในหอยแครงเลี้ยงกับหอยแครงธรรมชาติ และระหว่าง ฤดูหนาว ฤดูร้อน ฤดูฝน พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในหอยแครงเลี้ยงและคอยแครงธรรมชาติมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลจะมีผลทำให้ปริมาณการสะสมของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในหอยแครง แต่ละบริเวณมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยนี้ สรุปได้ว่าปริมาณโลหะหนักในหอยแครงบริเวณปากแม่น้ำบางประกง ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย (พ.ศ.2529) อนุญาตให้มีได้ในอาหาร จึงยังไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อสภาวะแวดล้อมทางทะเล และสุขภาพของผู้บริโภค

บุษกร อุ่ยวงศ์ (2551) ได้ศึกษาการสะสมของโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ นิกเกิล แคดเมียม ตะกั่ว และโครเมียม ในหอยแครงและหอยแมลงภู่ ทั้งที่เลี้ยงเองและเจริญเติบโตเองตามธรรมชาติ ในเขตอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2550 ถึงเดือนพฤษภาคม 2551 เพื่อประเมินระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในหอยทั้งสองชนิด และนำไปเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานที่ยอมรับได้ของโลหะหนัก รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโลหะหนักตามฤดูกาล พบว่า ปริมาณแคดเมียมในหอยแมลงภู่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน คือ 0.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแคดเมียมในหอยแครงสูงกว่ามาตรฐานมากคือ 4.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณตะกั่วในหอยแครงและแมลงภู่เฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1.52 และ 1.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ โดยมีปริมาณเกินจากค่ามาตรฐานเล็กน้อย ปริมาณนิกเกิลเฉลี่ยทั้งปีในหอยแครงและหอยแมลงภู่เท่ากับ 2.37 และ 2.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโครเมียม 0.85 และ 0.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยตะกั่วและนิกเกิลมีปริมาณสูงในฤดูฝนแตกต่างจากฤดูอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนโครเมียมและแคดเมียมนั้นมีปริมาณไม่แตกต่างกันตามฤดูกาล แต่ปริมาณแคดเมียมจะแตกต่างกันตามแหล่งที่

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณีใด

เก็บตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยังคงบริโภคหอยแครงและหอยแมลงภู่ได้อย่างปลอดภัยในปริมาณที่ไม่เกินที่ร่างกายรับได้ต่อสัปดาห์

จริยา จงสถาปัตย์ศิลป์ สุวิมล เรื่องศรี พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม และรุ่งทิวา ชิดทอง (2552) ได้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในปลากะพงขาวที่จำหน่ายในตลาดล่าง อ.เมือง จ.นครปฐม โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยทำการเก็บตัวอย่างปลากะพงขาวจำนวน 3 ร้าน ในตลาดนครปฐม ระหว่างวันที่ 25 ตุลาคม ถึง 24 พฤศจิกายน 2550 โดยใช้วิธีการย่อยแบบเปียก โดยใช้กรดผสมของกรดไรตริกเข้มข้น: กรดซัลฟิวริกเข้มขัน: กรดเปอร์คลอริกเข้มขัน ในอัตราส่วน 3:1:1 พบว่าปริมาณตะกั่วในตัวอย่างปลากะพงขาวในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่ามากกว่าโครเมียมและแคดเมียม ตามลำดับ โดยปริมาณโครเมียมในแต่ละช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน (2.3-2.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ปริมารตะกั่วและแคดเมียมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยตะกั่วมีค่าประมาณ 5.4-6.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและแคดเมียมค่าประมาณ 1.1 – 1.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการหาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างปลากะพงขาว พบว่าในตัวอย่างปลากะพงขาว มีปริมาณโลหะหนักเกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดไว้

สุพรรษา เกียรติสยมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง (2555) การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปริมาณการได้รับสารตะกั่วและประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น โดยสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเกี่ยวกับการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองน้ำล้น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 75 คน และวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำและสัตว์น้ำด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรีความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ ชนิดละ 20 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.07 ,0.01-0.22,0.36-2.38 และช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ -0.95 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน ยกเว้นหอยขมมีความเข้มข้นของตะกั่วเกินมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (1 มก./กก.) ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (2 มก./กก.) ร้อยละ 10.00 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพตามสมการของ US.EPA พิจารณาจากอัตราการบริโภคและความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำรวมหลายชนิดที่ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัม/วัน และ 1.05 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำรวมหลายชนิดบริเวณหนองน้ำล้นนี้ เท่ากับ 1.63 ไมรโครกรัม/กก./วัน มีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่ว คือ 25 ไมโครกรัม/กก. (หรือคิดเป็นร้อยละ 45.64 ของค่า PTWI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาและตรวจวิเคราะห์โลหะหนักที่สะสมในหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง มีการใช้สารเคมี อุปกรณ์และวิธีการทดลอง ดังนี้

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 กรดไนตริกเข้มข้น เกรดวิเคราะห์ ยี่ห้อ LOBA Chemie ประเทศอินเดีย

3.1.2 สารละลายมาตรฐานตะกั่วเข้มข้น 1000 ppm ยี่ห้อ Spectrosol

3.1.3 สารละลายมาตรฐานทองแดงเข้มข้น 1000 ppm ยี่ห้อ Scharlau

3.1.4 สารละลายมาตรฐานแคดเมียมเข้มข้น 1000 ppm ยี่ห้อ Spectrosol

3.1.5 สารละลายมาตรฐานสังกะสีเข้มข้น 1000 ppm ยี่ห้อ CARRO ERBA Reagent

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล บริษัท SHIMADZU รุ่น AUX220

3.2.2 เครื่องให้ความร้อน Fisher Scientific

3.2.3 ตู้เย็น ยี่ห้อ HAIER รุ่น HRF-230FA

3.2.4 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชั่นสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ยี่ห้อ PERKINELMER รุ่น 200

3.2.5 เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ

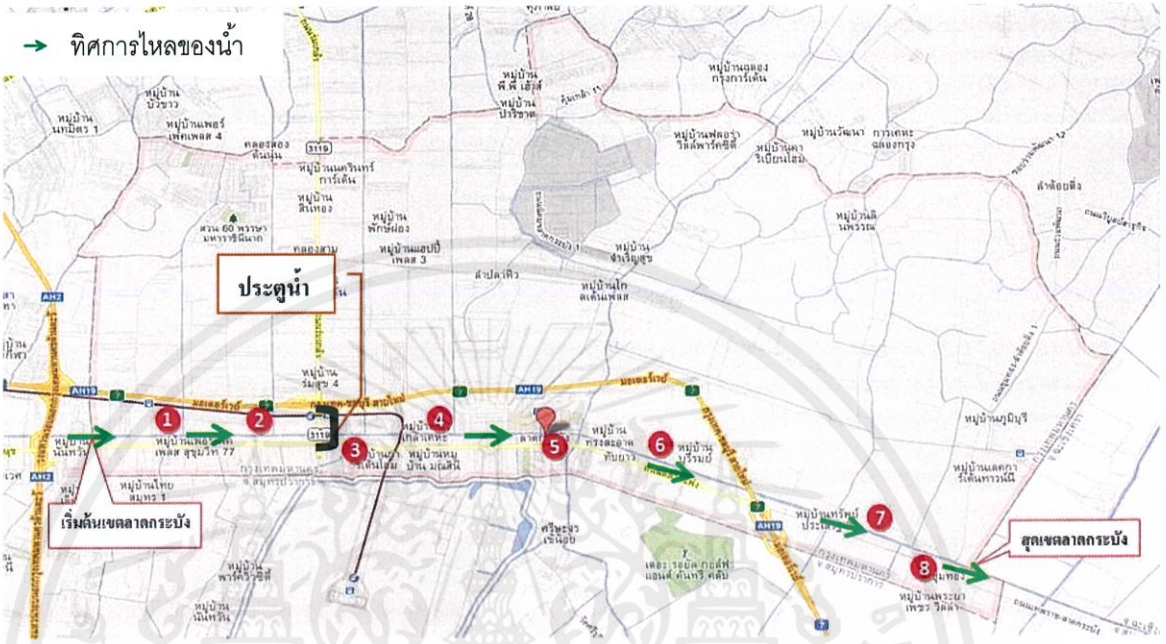
3.2.6 เครื่องวัด Conductivity และ pH (ภาคสนาม) บริษัท HACH รุ่น HQ4CD

3.2.7 เครื่องวัด DO (ภาคสนาม) บริษัท HACH รุ่น Sension6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.3.1 สำรวจลำน้ำและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.1 แผนที่จุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างหอยตลอดลำคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง

จุดเก็บตัวอย่าง	สถานที่	จุดพิกัด (ละติจูด, ลองติจูด)
1	วัดลานบุญ	13.724070N, 100.718510E
2	วัดสังฆราชา	13.724050 N, 100.738060E
3	วัดลาดกระบัง	13.723944 N, 100.753280E
4	วัดปลูกศรัทธา	13.724178 N, 100.768688E
5	โรงพยาบาลลาดกระบัง	13.723912 N, 100.783800E
6	วัดพลมานีย์	13.721217 N, 100.798027E
7	สวนอาหารบ้านข้าวสวย	13.706594 N, 100.836427E
8	วัดราชโกษา	13.700543 N, 100.852126E

(รายละเอียดจุดเก็บสามารถดูได้ที่ ภาคผนวก ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 จุดเก็บที่ 1 วัดลานบุญ

รูปที่ 3.3 จุดเก็บที่ 2 วัดสังฆราชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 จุดเก็บที่ 3 วัดลาดกระบัง

รูปที่ 3.5 จุดเก็บที่ 4 วัดปลูกศรัทธา

รูปที่ 3.6 จุดเก็บที่ 5 โรงพยาบาลลาดกระบัง

รูปที่ 3.7 จุดเก็บที่ 6 วัดพลมานีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 จุดเก็บที่ 7 สวนอาหารบ้านข้าวสวย

รูปที่ 3.9 จุดเก็บที่ 8 วัดราชโกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 วิธีเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์

3.3.2.1 การเก็บตัวอย่างหอย

นำถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างหอยมาเขียนตำแหน่ง จุดที่เก็บ และวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างหอยจากลำน้ำ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างหอย ล้างด้วยน้ำตัวอย่างที่จุดเก็บเดียวกัน บรรจุตัวอย่างหอยที่เก็บได้ใส่ถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ แล้วเก็บใส่กล่องที่มีน้ำแข็ง นำมาที่ห้องปฏิบัติการ เก็บใส่ตู้เย็นที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเก็บรักษาตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์

เนื่องจากสภาพแวดล้อม และปัจจัยของสิ่งแวดล้อมอาจมีผลทำให้การเก็บตัวอย่างหอยไม่สามารถเป็นเพียงชนิดเดียวตลอดการวิเคราะห์ได้ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างหอยส่วนใหญ่ในจุดเก็บที่ 1 2 และ3 จะเป็นหอยเชอรี่ ส่วนจุดเก็บที่ 4 5 6 7 และ8 ตัวอย่างหอยส่วนใหญ่จะเป็นหอยขม

3.3.2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

หย่อนอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บน้ำลงไปในจุดที่เราต้องการลงไปที่ความลึก 10 - 30 เซนติเมตร ตักน้ำมาเทลงในภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ และทำการกลั้วภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างอีกครั้งที่ความลึกเท่าเดิม และนำมาเทใส่ภาชนะเก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ ทำการfixตัวอย่างน้ำเพื่อรักษาสภาพก่อนทำการทดลอง โดยใช้ กรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร เทลงในภาชนะเก็บตัวอย่างน้ำ ทำการปิดฝาขวด และเขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นวิธีการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำก่อนทำการทดลองหาปริมาณโลหะหนัก

3.3.2.3 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

3.3.2.3.1 หอย

แบ่งตัวอย่างหอยที่ล้างด้วยน้ำกลั่นและซับให้แห้งแล้วมาประมาณ 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร นำไประเหยบนแผ่นความร้อน (อย่าให้เดือด) รอจนกระทั่งสารละลายเกือบแห้งแล้วทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดไนตริกเข้มขันลงไปอีก 5 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกาครึ่งหนึ่ง เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นแล้วต้มไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งการย่อยสมบูรณ์ โดยดูจากตะกอนมีสีจางลง ถ้าจำเป็นอาจเติมกรดลงไปอีก รอกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองและมีตะกอนเล็กน้อยแล้วทิ้งไว้ให้เย็น (US EPA, 2007. Method 3015A) จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง No.2 ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น และกรองสารละลายอีกครั้งด้วยกระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 μm เก็บสารละลายที่ได้ในขวดยาพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เพื่อวิเคราะห์หา แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ต่อไป

3.3.2.3.2 น้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างที่ได้ทำการรักษาสภาพแล้วออกจากตู้เย็น ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง เขย่าตัวอย่างน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วตวงตัวอย่างน้ำมา 50 มิลลิลิตร เทใส่บีกเกอร์ ขนาด 100 -150 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง ทำการย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซสเซียส ให้เหลือปริมาตรประมาณ 20 มิลลิลิตร ปิดกระจกนาฬิกา แล้วย่อยต่อให้เหลือปริมาตรประมาณ 10 มิลลิลิตร ยกตัวอย่างลง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วทำการกลั้วกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่น ถ่ายตัวอย่างใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร โดยผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง No.2 จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายที่ได้ในขวดยาพลาสติกเพื่อวิเคราะห์หา แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ต่อไป

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีการ/เครื่องมือวิเคราะห์
โลหะหนักในหอย	
- แคดเมียม (Cd)	
- ตะกั่ว (Pb)	US EPA, 2007. Method 3015A
- ทองแดง (Cu)	
- สังกะสี (Zn)	
โลหะหนักในน้ำ	
- แคดเมียม (Cd)	
- ตะกั่ว (Pb)	AAS, Flame Technique
- ทองแดง (Cu)	
- สังกะสี (Zn)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะหนัก

ปิเปตสารละลายมาตรฐานจากสต็อกเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เพื่อเตรียมสารละลายเข้มขัน 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยปิเปตมาอย่างละ 10 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรจนครบ ผสมให้กัน ปิเปตสารจากขวดวัดปริมาตร เพื่อทำกราฟมาตรฐาน ณ ระดับความเข้มขันต่าง ๆ ดังนี้ (ดูวิธีการเตรียมดังแสดงในภาคผนวก ก)

แคดเมียมที่ความเข้มข้น 0, 0.01, 0.05, 0.1 และ 1.0 ppm

ทองแดงที่ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.5, 1 และ 1.5 ppm

ตะกั่วที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 3 และ 5 ppm

สังกะสีที่ความเข้มข้น 0, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5 ppm

3.3.4 การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่น ๆ

ในการศึกษาและตรวจวิเคราะห์โลหะหนักที่สะสมในหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง เนื่องจากมีการออกนอกสถานที่ จึงใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ แบบภาคสนาม ดังนี้

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

พารามิเตอร์	วิธี/เครื่องมือวิเคราะห์
สี	ดูด้วยตา
กลิ่น	สูดดม
pH	เครื่องวัด pH
อุณหภูมิ	เครื่องวัด Conductivity
การนำไฟฟ้า	เครื่องวัด Conductivity
การละลายของออกซิเจน (DO)	เครื่องวัด DO

สำหรับข้อมูลสำหรับรายละเอียดจุดเก็บ การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งน้ำและหอย และการเตรียมกราฟมาตรฐาน สามารถดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร โดยทำการแบ่งออกเป็น 8 ตำแหน่งสำหรับการเก็บตัวอย่างตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 3 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม ปี 2556 และศึกษาจากโลหะหนัก 4 ชนิดคือ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบค่าทางสถิติ และจัดกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด เพื่อทราบถึงความเหมือน หรือต่างกันของค่าปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดที่ทำการศึกษา ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

4.1 ปริมาณโลหะหนัก

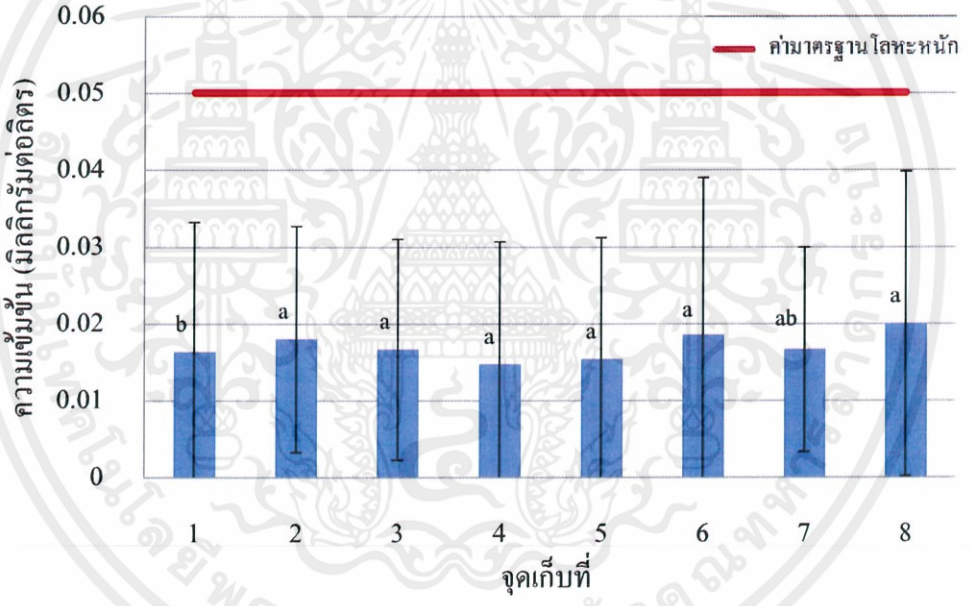
จากการศึกษาโลหะหนัก 4 ชนิดได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี และแบ่งการศึกษาเป็น 3 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม ปี 2556 ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับหอย โดยกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย ฉบับที่ 98, 2529 อนุญาตให้มีได้ในอาหาร คือ ค่ามาตรฐานโลหะหนักแคดเมียม (Cd) กำหนดไว้ที่ 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและค่ามาตรฐานโลหะหนักตะกั่ว (Pb) กำหนดไว้ที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับน้ำค่ามาตรฐานโลหะหนักน้ำผิวดินที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ คือ ค่ามาตรฐานโลหะหนักแคดเมียม (Cd) กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ามาตรฐานโลหะหนักทองแดง (Cu) กำหนดไว้ที่ 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่ามาตรฐานโลหะหนักสังกะสี (Zn) กำหนดไว้ที่ 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่ามาตรฐานโลหะหนักตะกั่ว (Pb) กำหนดไว้ที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ผลการศึกษาแสดงดังนี้ข้อมูลแสดงในตารางที่ ข.4 และ ข.5 (ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์และพารามิเตอร์ต่าง ๆ) สำหรับข้อมูลทางสถิติแสดงในตารางที่ ง.29 และ ง.30 (ภาคผนวก ง วิเคราะห์ทางสถิติ)

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ดังรูปที่ 4.1 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในจุดเก็บที่ 8 มีมากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 6 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 โดยมีค่า 0.0200 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.0185 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.0180 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และจากกราฟจะเห็นได้ว่าแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณโลหะหนักค่อนข้างน้อย เนื่องมาจากการแพร่กระจายแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมมีปริมาณน้อย ดังนั้น แคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจึงมักเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นส่วนใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก แก้ว ปุ๋ย การเผาไหม้ของเสียที่เป็นพลาสติกและยาง และฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละอองที่เกิดจากยานพาหนะบนท้องถนน ล้วนมีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่แพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้ (พรรณราย, 2543) เช่นเดียวกับจากรายงานขององค์กรอนามัยโลกพบว่าการพัฒนาของมนุษย์ทำให้โลหะแคดเมียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นในธรรมชาติ เช่น การใช้เป็นสารประกอบในกระบวนการชุบเหล็กด้วยไฟฟ้า เม็ดสี หรือความเสถียรในพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมแบตเตอร์รี่อัลคาไลน์ และในอัลลอยด์กับโลหะอื่นเช่น ทองแดง และจากรายละเอียดจุดเก็บ ภาคผนวก ก ในจุดเก็บที่ 8 เป็นจุดปลายน้ำ อาจมีการพัดพาไหลมาสะสมในบริเวณจุดนี้ จึงทำให้มีค่าสูงที่สุด

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 8 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 7 และกลุ่ม b ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1



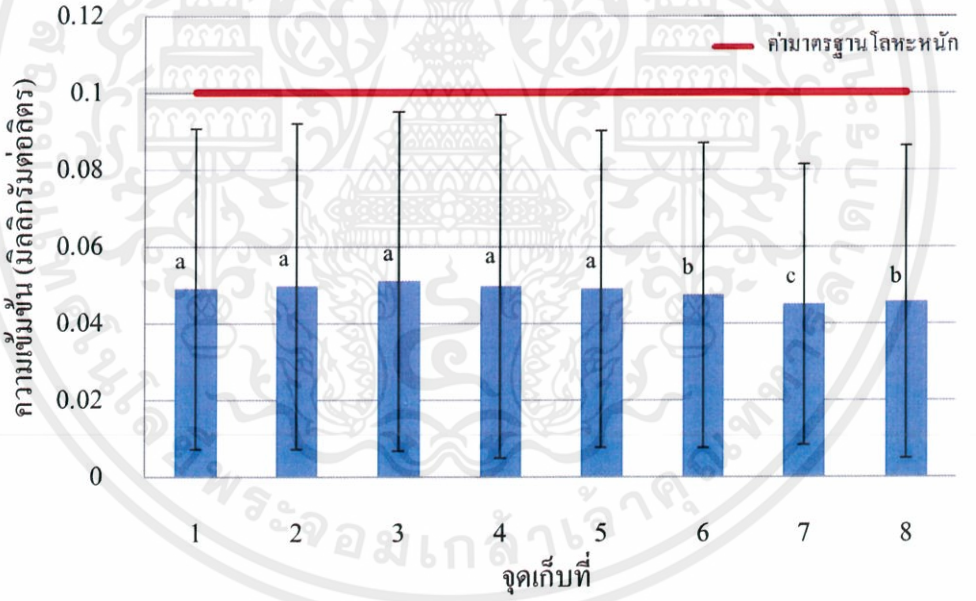
รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

ปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ มีปริมาณทองแดง(Cu)ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) ในจุดเก็บที่ 3 มีมากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 2 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากัน คือมีค่า 0.0510 มิลลิกรัมต่อลิตร และ0.0497 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ซึ่งจากการสำรวจสภาพแวดล้อมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ภาคผนวก ก) พบว่า ในแต่ละจุดเก็บมีการกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณโดยรอบ เช่น โรงงานนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลิตสายไฟ เป็นต้น จึงอาจเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำได้ และ เนื่องจากทองแดงในธรรมชาติจะเป็นสินแร่ และมักปนอยู่กับแร่สังกะสี โดยจะพบอยู่ในรูปของแร่ Cholcocite หรือ Copper Glanes (Cu_2S) Cuprite (Cu_2O) หรือ Copper Pyrite ($CuFeS_2$) รูปแบบสารประกอบเคมีของทองแดงจะอยู่ในรูปคลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรท มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ส่วนสารประกอบที่มีอยู่ในรูปคาร์บอเนตไฮดรอกไซด์ ออกไซด์ และซัลไฟด์ จะไม่ละลายน้ำ (วีระวงศ์, 2543) จึงเกิดการสะสมในรูปของดินตะกอนมากกว่าในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 กลุ่ม b ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 6 กับ 8 และกลุ่ม c ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 7



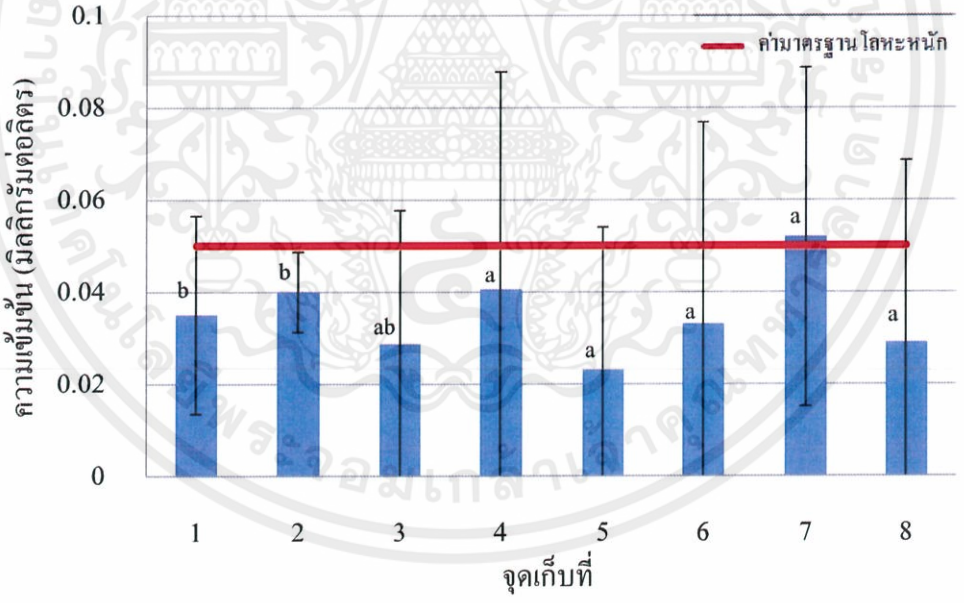
รูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

จากรูปที่ 4.3 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำที่ 7 มีมากที่สุด และเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ รองลงมาคือจุดเก็บที่ 4 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 โดยมีค่า 0.0520 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.0405 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.0400 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งจากการสำรวจสภาพแวดล้อมของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ภาคผนวก ก) พบว่า รอบบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 7 เป็นแหล่งที่ตั้งของโรงงานต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น โรงงานผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานขึ้นรูปโลหะ โรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์ เป็นต้น รวมทั้งน้ำทิ้งที่มาจากชุมชน และจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนลงในแหล่งน้ำ ในบริเวณจุดเก็บที่ 4 ก่อนจุดเก็บมีคลองสาขาย่อย เช่น คลองสี่ ที่มีการไหลเข้าของน้ำ อีกทั้งเป็นที่ตั้งของโรงงานผลิตถังน้ำ และถังบำบัดน้ำเสีย ผลิตแผ่นฟิล์ม และโรงงานนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และในบริเวณจุดเก็บที่ 2 ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดที่มีการสะสมตัวของมวลน้ำบริเวณนี้มาก เพราะเป็นจุดที่มีประตูน้ำระบายน้ำ ทำให้น้ำที่ไหลผ่านเขตประเวศบุรีรมย์ และเขตลาดกระบังช่วงจุดเก็บที่ 1 มาชะลอการไหลบริเวณนี้ จึงเป็นสาเหตุหลักทำให้มีปริมาณการสะสมของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) มากในบริเวณดังกล่าว

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 4, 5, 6, 7 และ 8 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 3 และกลุ่ม b ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1 และ 2



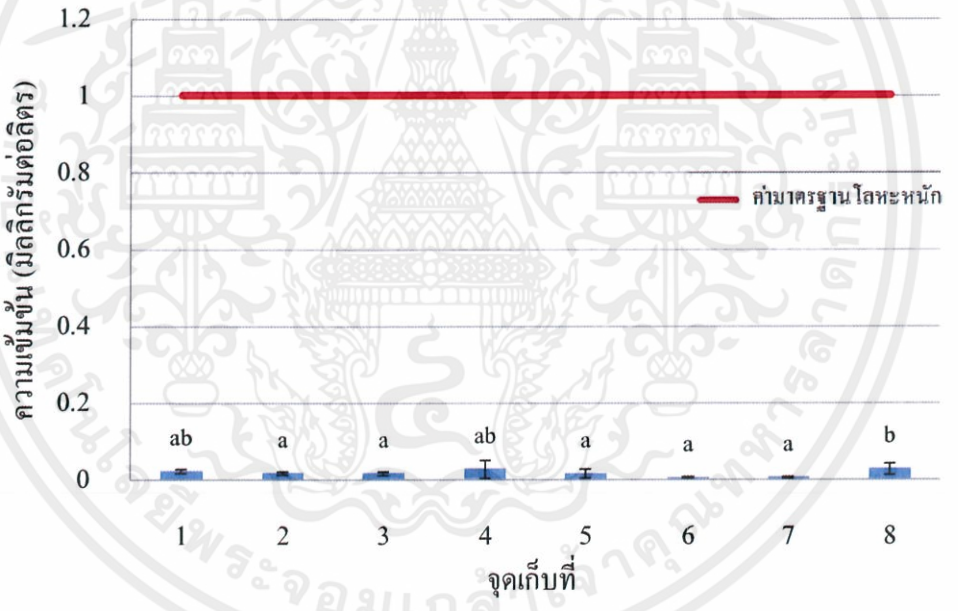
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ พบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยในจุดเก็บที่ 8 มีค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) มากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 4 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 โดยมีค่า 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.0280 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.0233 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นได้ว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมี

เอกสารนี้เป็น ไม่ว่ากรณีใดๆ

ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) น้อยมาก เนื่องจากสังกะสีสะสมตัวในรูปของดินตะกอนมากกว่า สอดคล้องกับการรายงานที่พบว่า สังกะสีโดยทั่วไปอยู่ในรูปสินแร่สังกะสี ได้แก่ Sphalerite (ZnS) เป็นสินแร่หลักที่ให้สังกะสี Marmatite เป็นสินแร่ที่มีสังกะสีปนอยู่มาก และ Greenochite มีสังกะสีปนอยู่กับแคดเมียมซัลไฟด์ สังกะสีในดินจะอยู่ในรูปไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดิน และอยู่ในรูปไอออนบวกอิสระในสารละลาย จึงสะสมอยู่ในรูปของดินตะกอนมากกว่า (สุดชาย, 2540) ดังแสดงในรูปที่ 4.4

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 2, 3, 5, 6 และ 7 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1 กับ 4 และกลุ่ม b ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 8



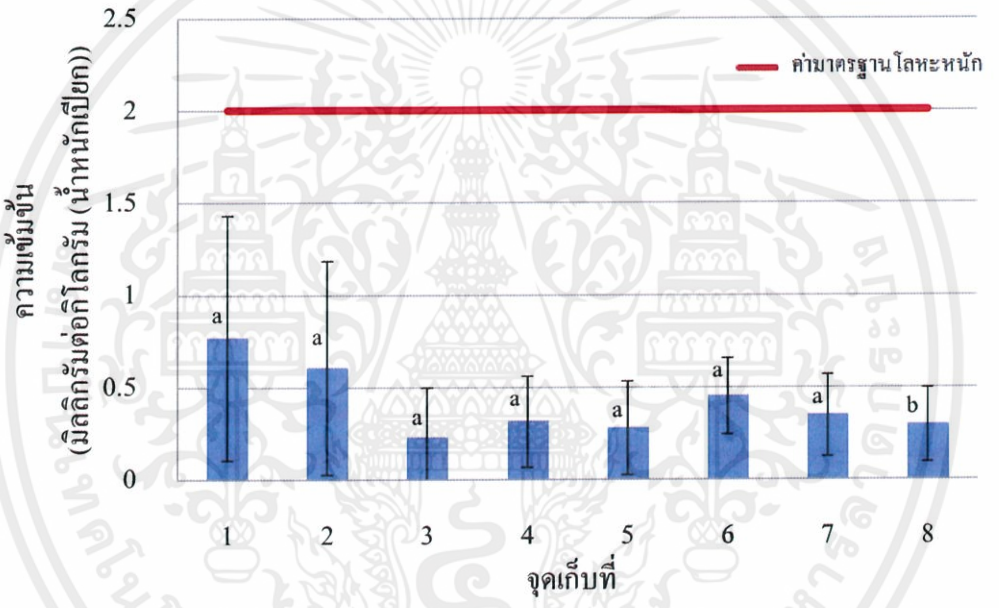
รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บน้ำตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ดังรูปที่ 4.5 พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในจุดเก็บที่ 1 มีมากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 2 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 โดยมีค่า 0.7674 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 0.6064 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.4515 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากกราฟแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เห็นว่า โลหะหนักแคดเมียม (Cd) เป็นโลหะหนักชนิดที่ไม่มีความจำเป็นต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของปริมาณแคดเมียมในน้ำ และเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลาที่หอยอาศัยอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กลุ่ม b ประกอบด้วยจุดเก็บที่ 8



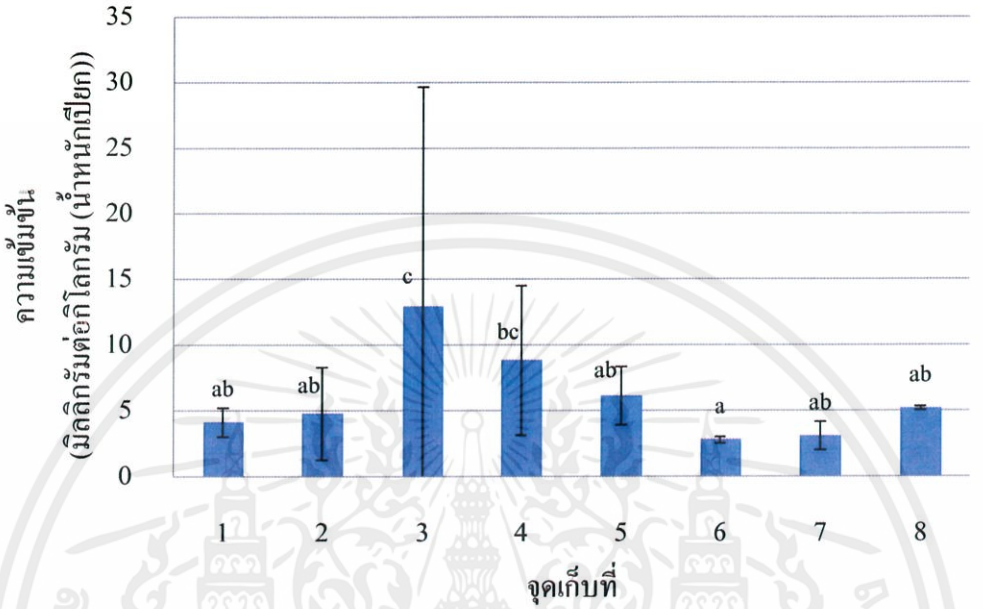
รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

โลหะหนักทองแดง (Cu) ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย โดยค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) พบว่า ในจุดเก็บตัวอย่างหอยที่ 3 มีมากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 4 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 โดยมีค่า 12.9102 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 8.8356 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 6.1233 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกันได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 6 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1, 2, 5, 7 และ 8 กลุ่ม bc ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 4 และกลุ่ม c ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 3

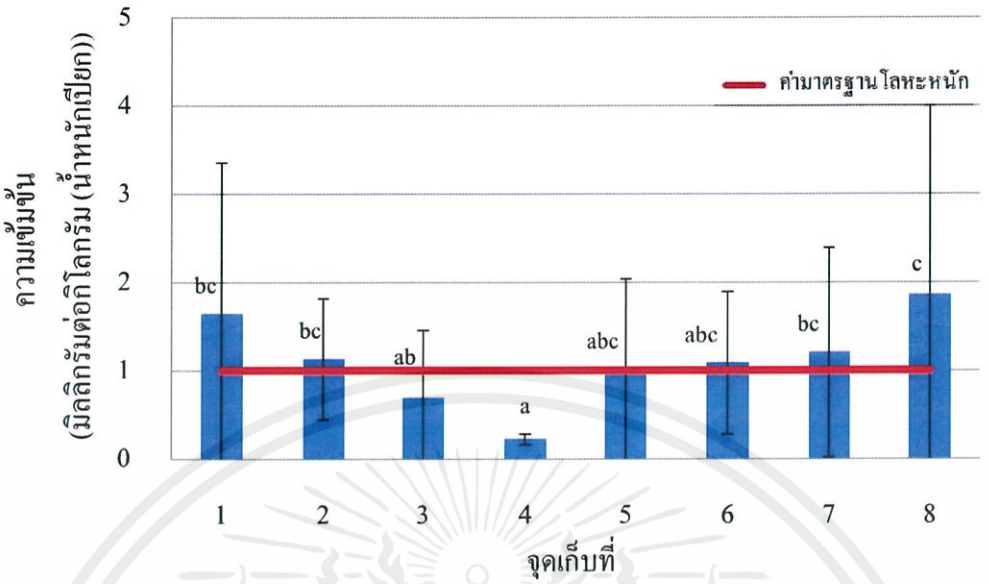


รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

สำหรับผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) พบว่า ในจุดเก็บตัวอย่างหอยที่ 1, 2, 6, 7 และ 8 เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยมีค่า 1.6441 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 1.1328 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 1.0833 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 1.2066 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ1.8567 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยในจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ตามลำดับ เนื่องจากค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในน้ำมีค่าสูง และหอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่ และกินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาสิ่งต่างๆที่แขวนลอยจากน้ำ และที่สะสมในบริเวณรอบๆตัวของมันได้ ซึ่งหากมีสารพิษเจือปนอยู่ก็จะถูกสะสมอยู่ในตัวของมัน จึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีปริมาณการสะสมของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) มากด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.7

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 4 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 3 กลุ่ม bc ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1, 2 และ 7 กลุ่ม c ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 8 และกลุ่ม abc ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 5 และ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

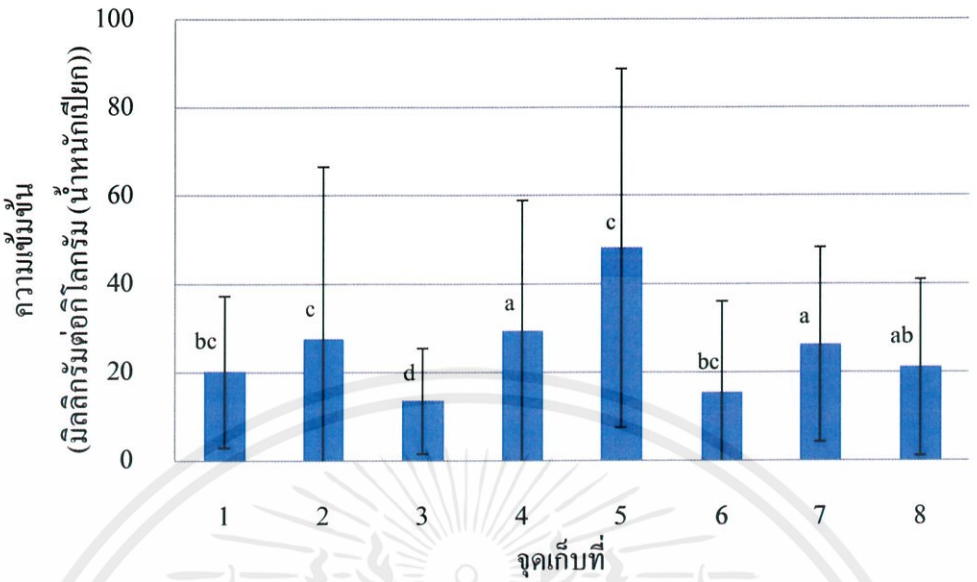


รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

โลหะหนักสังกะสี (Zn) ไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ของกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทย เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในจุดเก็บต่างๆ พบว่า ในจุดเก็บตัวอย่างหอยที่ 5 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือจุดเก็บที่ 4 และจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 โดยมีค่า 48.0781 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, 29.2612 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 27.3527 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยมีค่าที่สูง ซึ่งไม่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในน้ำ เนื่องจากสังกะสีเป็นธาตุที่มีอยู่แล้วในตัวของหอย ซึ่งใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเอนไซม์บางชนิดในร่างกาย และเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายของสัตว์จำพวกหอย จึงทำให้มีค่าที่สูง อีกทั้งจึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษากับค่ามาตรฐานได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.8

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนโดยใช้ ANOVA พบว่า ปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และจากการจัดกลุ่มโดยใช้ Multiple range and multiple F tests duncan พบว่า สามารถจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกันได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่ม a ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 4 และ 7 กลุ่ม ab ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 8 กลุ่ม bc ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 1 และ 6 กลุ่ม c ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 2 และ 5 และกลุ่ม d ประกอบด้วย จุดเก็บที่ 3

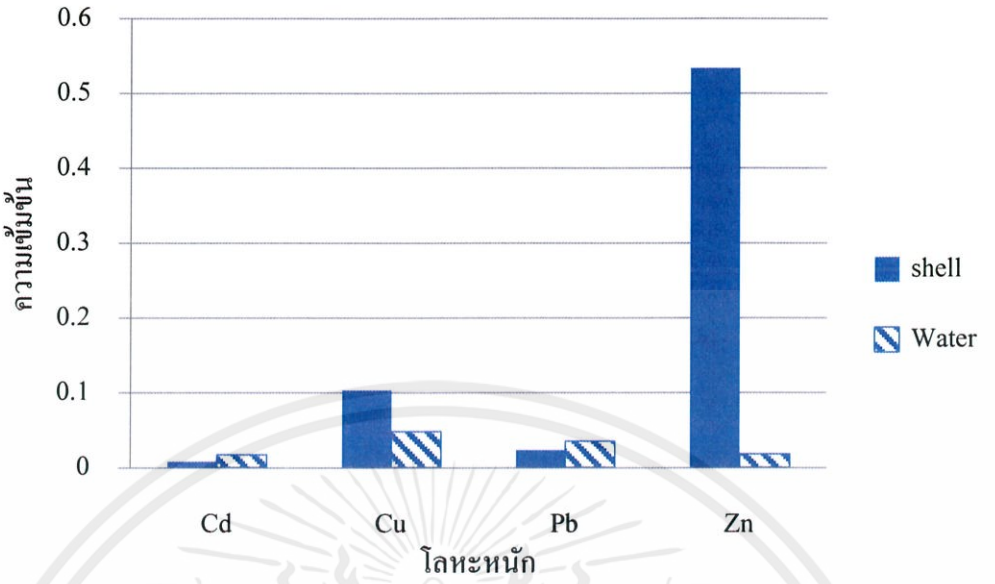
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักในตัวอย่างน้ำและตัวอย่างหอย พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในน้ำกับหอย และ ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในน้ำกับหอย มีความสอดคล้องกัน คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในหอยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของปริมาณของโลหะหนักในน้ำ หอยจึงได้รับโลหะหนักเข้ามาสะสมในตัวได้ เนื่องจากตามธรรมชาติของหอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่และกินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาสิ่งต่างๆที่แขวนลอยจากน้ำและที่สะสมในบริเวณรอบๆตัวของมันได้ ซึ่งหากมีสารพิษเจือปนอยู่ก็จะถูกสะสมอยู่ในตัวของมัน สำหรับค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทองแดง (Cu) ในน้ำกับหอย และค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในน้ำกับหอย ไม่สอดคล้องกัน คือ พบปริมาณของโลหะหนักในหอยมากกว่าในน้ำ อาจเนื่องมาจากในเลือดของหอยที่เรียกว่า ฮีโมลิมพ์ มีทองแดง และฮีโมไซยานิน เป็นส่วนประกอบ (วันทนา, 2528) จึงทำให้พบปริมาณของทองแดงในตัวหอยได้มากกว่า สำหรับสังกะสีก็เป็นธาตุที่มีอยู่แล้วในตัวของหอยเช่นกัน ซึ่งสังกะสีใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเอนไซม์บางชนิดในร่างกาย และเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายของสัตว์จำพวกหอย จึงทำให้พบปริมาณของสังกะสีในตัวหอยได้มากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.9 และตารางที่ ข.6 ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



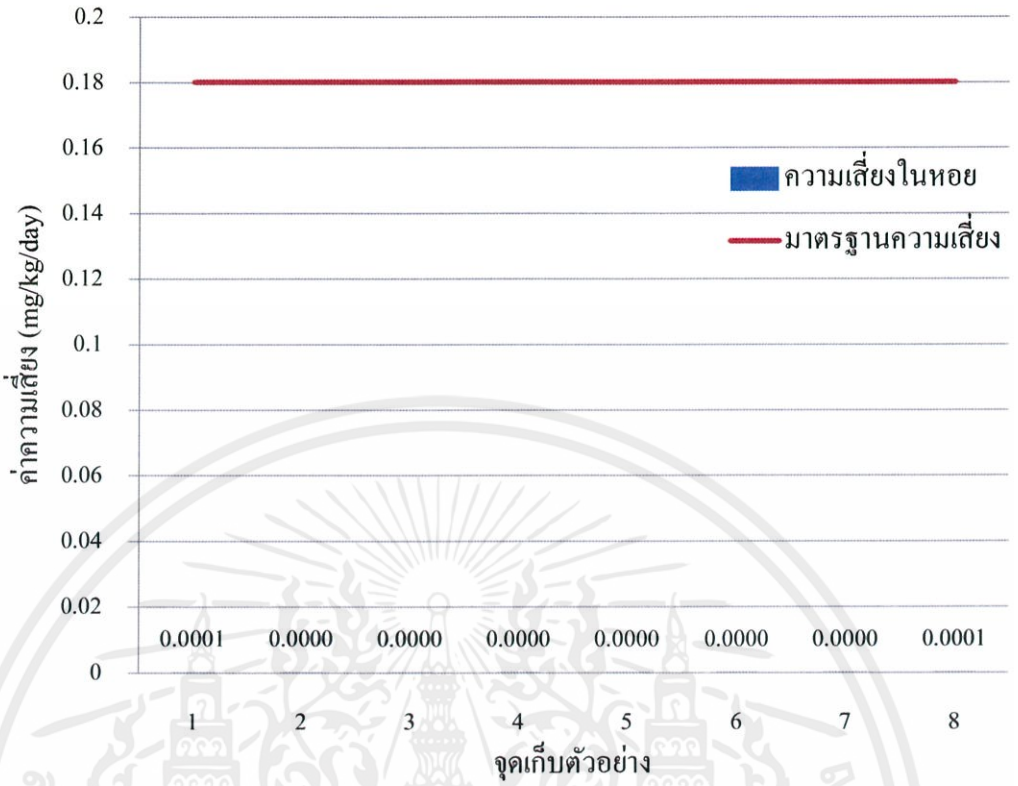
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักในตัวอย่างน้ำและตัวอย่างหอย

4.2 การประเมินความเสี่ยง

โลหะหนักเป็นสารปนเปื้อนที่มาจากสิ่งแวดล้อมลงสู่แหล่งน้ำที่มีสัตว์น้ำอาศัยอยู่ และโลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ จึงมีบางส่วนตกตะกอนสะสมในน้ำ และสัตว์น้ำ ดังนั้น การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น สัตว์จำพวกหอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่และกินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาสิ่งต่าง ๆ ที่แขวนลอยจากน้ำ และที่สะสมในบริเวณรอบ ๆ ตัวของมันได้ ซึ่งหากมีสารพิษเจือปนอยู่ก็จะถูกสะสมอยู่ในตัวของมัน และเมื่อมนุษย์นำไปบริโภคก็จะเกิดการสะสมของปริมาณโลหะหนักในร่างกายตามห่วงโซ่อาหาร ซึ่งถ้าบริโภคในปริมาณมากเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายตามแต่ละชนิดของโลหะหนักที่ได้รับเข้าไปในร่างกาย

เนื่องจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด พบว่า โลหะตะกั่ว (Pb) มีค่าที่เกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขแห่งประเทศไทยกำหนดไว้ คือ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงนำมาหาค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ดังรูปที่ 4.10 พบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย มีค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 และตารางที่ ข.7 ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดที่สะสมในหอย บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบังโดยทำการเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งตลอดลำน้ำที่ไหลผ่านเขตลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างน้ำและหอย เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิดประกอบด้วย แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ตลอดระยะเวลา 3 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม ปี 2556 ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนัก พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ และหอย มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ทั้งในตัวอย่างน้ำ และตัวอย่างหอย มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยในตัวอย่างน้ำ มีค่าเกินในจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 และในตัวอย่างหอย มีค่าเกินในจุดเก็บที่ 1, 2, 6, 7 และ 8 โดยค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตัวอย่างหอย มีเพียงโลหะหนักแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ซึ่งจากการประเมินค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด พบว่า ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยมีค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคล ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำ และตัวอย่างหอยด้วยโปรแกรม SPSS V.16 โดยใช้เทคนิค ANOVA และ DUNCAN ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในตัวอย่างหอย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในตัวอย่างน้ำ พบว่า ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่โลหะหนักสังกะสีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อนำมาเปรียบเทียบ พบว่า ปริมาณโลหะหนักในคลองประเวศบุรีรมย์ เขตลาดกระบัง อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง และหาแนวทางการแก้ไข เนื่องจากโลหะหนักตะกั่ว (Pb) เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ หากปล่อยไว้ ก็จะทำให้สถานการณ์โลหะหนักนั้นแย่ลงเรื่อย ๆ จุดที่ควรแก้ไข ปรับปรุงมากที่สุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 และจุดที่ต้องมีการเฝ้าระวัง ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 และ 2 ตามลำดับ เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งการสะสมของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแหล่งน้ำอาจมีผลทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในระบบห่วงโซ่อาหารในสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการติดตามเฝ้าระวังการปนเปื้อนที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำชนิดอื่นที่อาศัยอยู่ในพื้นที่การศึกษาด้วย เพื่อทำการเปรียบเทียบ

2. ควรทำการวิเคราะห์หอยชนิดเดียวกันตลอดการศึกษา

3. ควรทำการศึกษาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะๆ เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำ เพราะเป็นแหล่งชุมชน เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร ชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรม จึงอาจทำให้เกิดการสะสมของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นได้ในอนาคต ถ้าไม่ได้มีการจัดการและป้องกันปัญหามลภาวะที่ดีพอ

4. ควรทำการวิเคราะห์ดินตะกอนเพื่อนำมาเปรียบเทียบ และศึกษาความสัมพันธ์ต่อการสะสมของโลหะหนักในหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมเรื่องสารเป็นพิษ. คณะอนุกรรมการแก้ไขปัญหาการวิเคราะห์สารเป็นพิษ. 2530. **คู่มือการเก็บและรักษาตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 63 หน้า.

จริยา จงสถาปัตย์ศิลป์ และคณะ. 2552. **การหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในปลากะพงขาว โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี.** วารสารวิชาการราชภัฏตะวันตก. ปีที่ 3 ฉบับที่ 2. หน้า 21- 30.

ชวลิต เชียงกูล. 2542. **โลหะวิทยา.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 216 หน้า

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. **สารานุกรมธาตุ.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์. 689 หน้า

ดวงเดือน รัตนพงศ์เลขา.2548. **รายงานการวิจัยเรื่องความหลากหลายชนิดพันธุ์และการกระจายพันธุ์ของหอยน้ำจืดสกุล Paludomus Swainson, 1840 ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 4 – 32.

ไบรอัน แนพพ์. 2542. **ธาตุ.** กรุงเทพฯ : นานมีบุ๊คส์. 56 หน้า.

พรทิพย์ ตัตตะวะศาสตร์ และคณะ. 2523. **ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดในหอยนางรมจากฟาร์มเลี้ยงหอยบริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี.** การประชุมทางวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 27 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2532 รายงานผลการวิจัย สาขาสัตว์ สัตวแพทย์ ประมง. กรุงเทพฯ. หน้า 365 - 380.

พรรณราย สิทธิวงษ์. 2543. **ปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ในดินตะกอนชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต วิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์การประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 129 หน้า.

แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ. 2554. **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร : ชวนพิมพ์ 50 จำกัด. 676 หน้า.

วีระวงศ์ ตางาม. 2543. **การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำ ดินตะกอน และเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของปลาบางชนิดในแม่น้ำ และคลองรอบเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตวิทยาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์การประมง). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 139 หน้า.

วันทนา อยู่สุข. 2528. **หอยทะเล.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. หน้า 37.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดชาย กำเนิดมณี. 2540. **การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดิน น้ำ ดินตะกอน และหญ้าขน (Brachiaria mutic) บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์).ปฐพีวิทยา (ปฐพีวิทยา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 134 หน้า.

สุพรรษา เกียรติสยมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง. 2555. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. **KKU Research Journal.** 2012. หน้า 671 – 686.

สมลักษณ์ นงนุช. 2543. **การศึกษาชนิดและปริมาณโลหะหนักในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในภาคตะวันออกของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 95 หน้า.

สิริกุล บรรพพงศ์. 2552. **รายงานการประชุมระดมความคิดเห็นต่อร่างรายการชนิดพันธุ์สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังกลุ่มหอย (mollusca)**. กรุงเทพฯ : อินทิเกรเต็ด โปรโมชั่น เทคโนโลยี. 60 หน้า.

อภิรดี เมืองเดช. 2545. **ปริมาณโลหะหนักในหอยแครง (Anadra granosa) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง.** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 สาขาวิทยาศาสตร์. หน้า 124 - 137.

กรมควบคุมมลพิษ. **มาตรฐานโลหะหนักในน้ำผิวดิน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

กระทรวงสาธารณสุข. **มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph/P98. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

กุลธิดา ถาวรกิจการ และกิจชัย ศิริวัฒน์. **พิษจากโลหะตะกั่ว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_txR_search.asp?info_id=41. (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2556).

ชะหน่าย มังคลารัตนศรี. **รายงานการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกุ้งก้ามกรามโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบเซอร์พชันสเปกโทรสโคปี**. 2546. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=24538&display=list_subject&q=%A1%D8%E9%A7. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2556).

ทรงพล โต้ชารี. **โลหะหนักที่มีพิษต่อสุขภาพ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: wqm.pcd.go.th/km/images/stories/agriculture/2556/metals%20toxic. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นลินพรรณ อวยชัยรุ่งเรือง. **การสะสมของโลหะหนักในน้ำดินตะกอน หอยแมลงภู่และหอยแครง บริเวณปากอ่าวในเขตบางขุนเทียน.** 2545. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=49709. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2556).

บุษกร อุ่ยวงษ์. **ปริมาณโลหะหนักในหอยแครงและหอยแมลงภู่ที่ได้รับจากธรรมชาติและเพาะเลี้ยง ใน อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี.** 2551. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=10966&display=list_subject&q=%CB%CD%C2. (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2556).

ปัณเอก เรืองศิริกร. **กลองประเวศบุรีรมย์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.travelthaimagazine.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538692533&Ntype=69. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

ปราโมทย์ ศรีสุวรรณ. **ตะกั่วและพิษของตะกั่ว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.diw.go.th/diw_web/html/.../news/ตะกั่วและพิษของตะกั่ว. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

ฝ่ายจัดสรรน้ำและปรับปรุงระบบชลประทาน. **หลักและวิธีการเก็บตัวอย่าง ดิน - พืช - สัตว์ - น้ำ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/om/Soil%20sampling.htm. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

พันธ์ทิพย์ ธรสาธิตกุล. **Atomic Absorption Spectrophotometer AAS.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/chemical-analysis-instrument-menu/item/137-atomic-absorption-spectrophotometer-aas.html. (วันที่ค้นข้อมูล 17 สิงหาคม 2556).

พรรณทิพย์ ตียพันธ์. **แคดเมียม (Cadmium).** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=26. (วันที่สืบค้นข้อมูล 30 มิถุนายน 2556).

รจนา ชุณหบัณฑิต. **แคดเมียม ปัญหาจากสิ่งแวดล้อมกับการเกิดมะเร็ง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.thaitox.org/media/upload/file/cadmium. (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2556).

วิกันดา ชัยบุตร. **การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำ ดินตะกอนและเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของปลาบางชนิดในแม่น้ำแม่กลอง.** 2541. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://202.28.199.3/tdc/browse.php?option=show&browse_type=title&titleid=124721&display=list_subject&q=%BC%C5 (วันที่สืบค้นข้อมูล 24 กรกฎาคม 2556)

ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. **ความเป็นพิษของทองแดง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_1_001c.asp?info_id=296. (วันที่สืบค้นข้อมูล 8 กรกฎาคม 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานีสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **หอยขม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=160:2010-02-19-03-30-02&catid=29:2010-01-28-07-27-06&Itemid=21. (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2556).

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษฎร์ธานีสำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **หอยเชอรี่.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.fisheries.go.th/if-suratthani/web2/index.php?option=com_content&view=article&id=164:2010-02-19-03-38-59&catid=29:2010-01-28-07-27-06&Itemid=21. (วันที่สืบค้นข้อมูล 5 กรกฎาคม 2556).

APHA. AWWA and WEF. 1976. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 14th Edition, Edited by Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton. 1193p.

Barnette WB, Kerber JD. 1975. Instrumental electronics for use with a flameless atomic absorption sampling device. **Am Lab**; 8: 2-6p.

Behnam Heidari. 2013. Concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in soft tissue of oyster (Sacco strea cucullata) collected from the Lengeh Port coast, Persian Gulf, Iran: A comparison with the permissible limits for public health. **Food Chemistry** ;141: 3014-3019p.

Ediger RD. 1975. **Atomic absorption analysis with the graphite furnace using matrix midification. Atomic Absorption Newsletter.** ;14: 127-130p.

US EPA. 2007. **Microwave Assisted Acid Digestion of Aqueous Samples And Extracts: Method 3015A.** Revision 1. [online]. Available at:http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3015a. Accessed June 10, 2012.

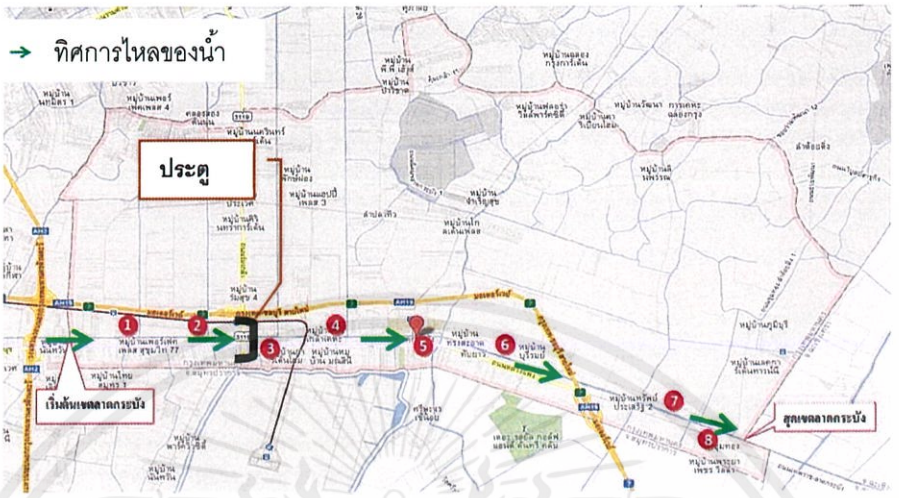
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

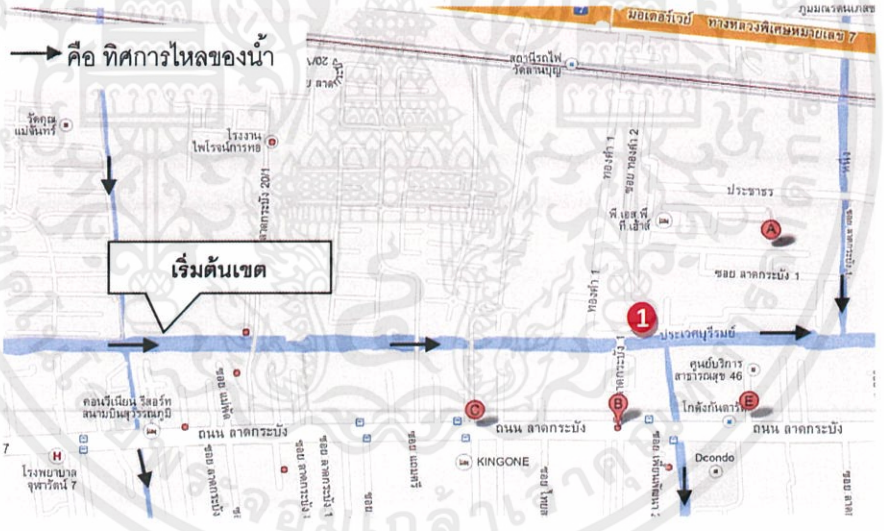
ข้อมูลการเก็บตัวอย่างและการเตรียมกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่าง**



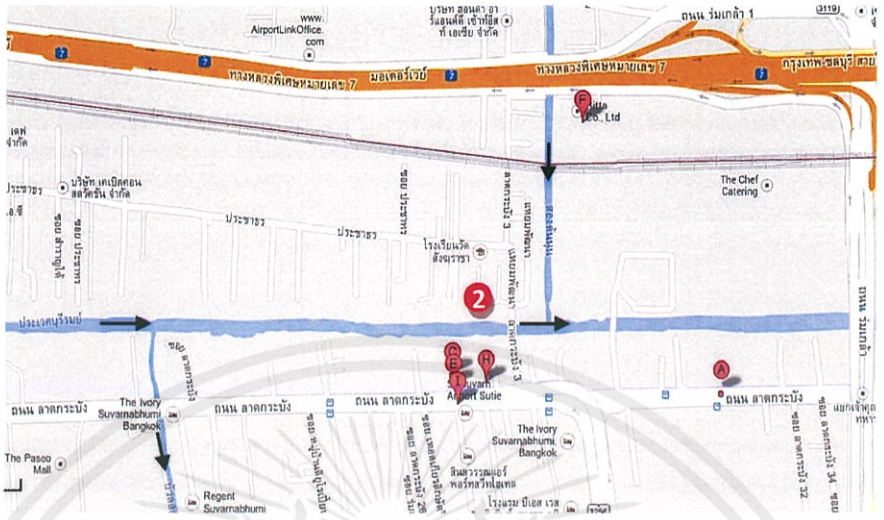
รูปที่ ก.1 ภาพรวมแผนที่จุดเก็บตัวอย่าง



รูปที่ ก.2 จุดเก็บที่ 1 วัดลานบุญ

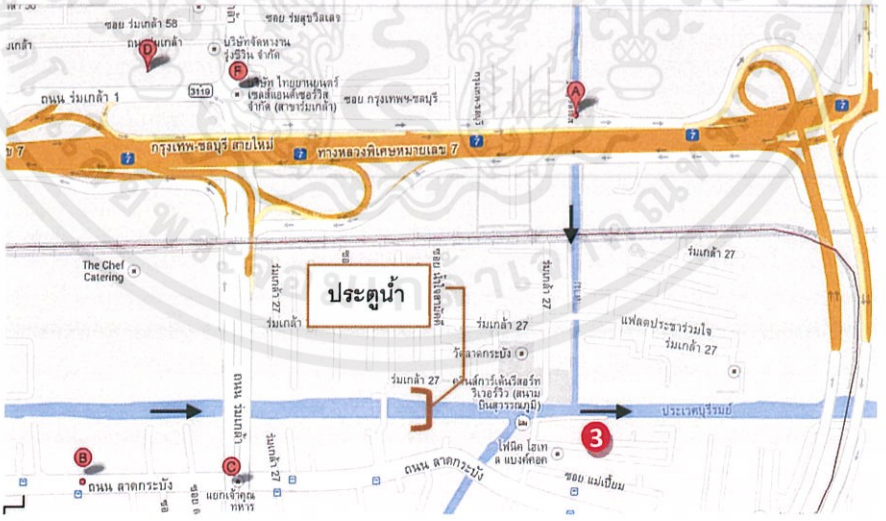
จากรูปภาพที่ ก.2 จุดเก็บที่ 1 วัดลานบุญ จะเห็นจุดสีแดงทั้งแบบมีตัวอักษรภาษาอังกฤษและจุดสีแดงเล็ก ๆ ที่ไม่มีอักษร คือโรงงานอุตสาหกรรม หรือบริษัท ซึ่งประกอบด้วยโรงงานผลิตผ้า เฟอร์นิเจอร์ ประตูและหน้าต่างไม้ และโรงงานผลิตอลูมิเนียม อีกทั้งยังมีโรงพิมพ์ และตัวแทนจำหน่ายโซ่ ลูกปืน งานชุบ เป็นต้น สภาพแวดล้อมโดยรวมของจุดเก็บที่ 1 เป็นบริเวณชุมชนที่มีประชากรอาศัยอยู่ค่อนข้างแน่น ใกล้ ๆ จุดเก็บมีร้านซ่อมเครื่องยนต์ และร้านก๋วยเตี๋ยว พืชน้ำน้อย พบซากสัตว์น้ำบ้างเป็นครั้งคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 จุดเก็บที่ 2 วัดสังฆราชา

จากรูปภาพที่ ก.3 จุดเก็บที่ 2 วัดสังฆราชา พบว่าโรงงานมีการจัดตั้งเป็นกลุ่ม ๆ อย่างบริษัทก่อสร้าง โรงงานจำหน่ายผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเม็ดพลาสติก แกะสลักไม้ เป็นต้น โดยสภาพแวดล้อมส่วนใหญ่มีพืชน้ำค่อนข้างมากทั้งสองฝั่งคลอง และพบนกน้ำ ซึ่งถือเป็นศัตรูของหอย จึงทำให้การเก็บตัวอย่างน้อยในจุดที่ 2 พบจำนวนน้อยกว่าจุดอื่น ๆ และมีชุมชนริมคลองอาศัยอยู่หนาแน่น

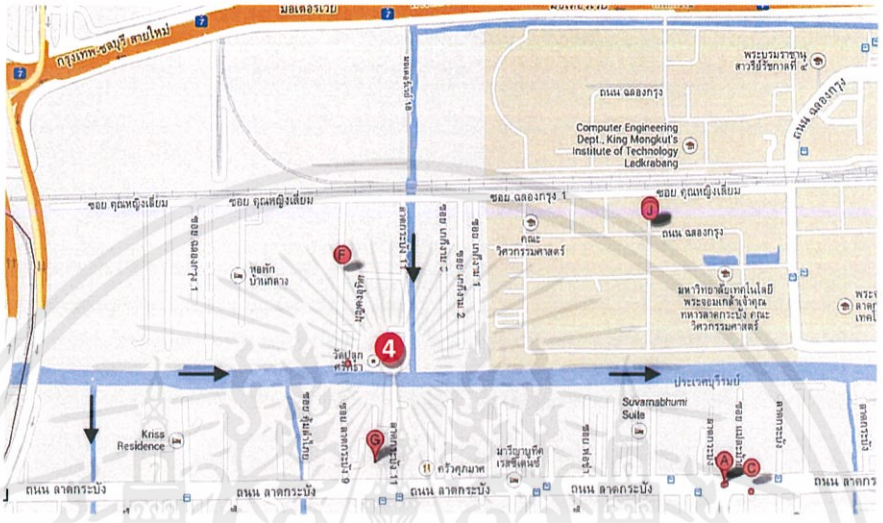


รูปที่ ก.4 จุดเก็บที่ 3 วัดลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

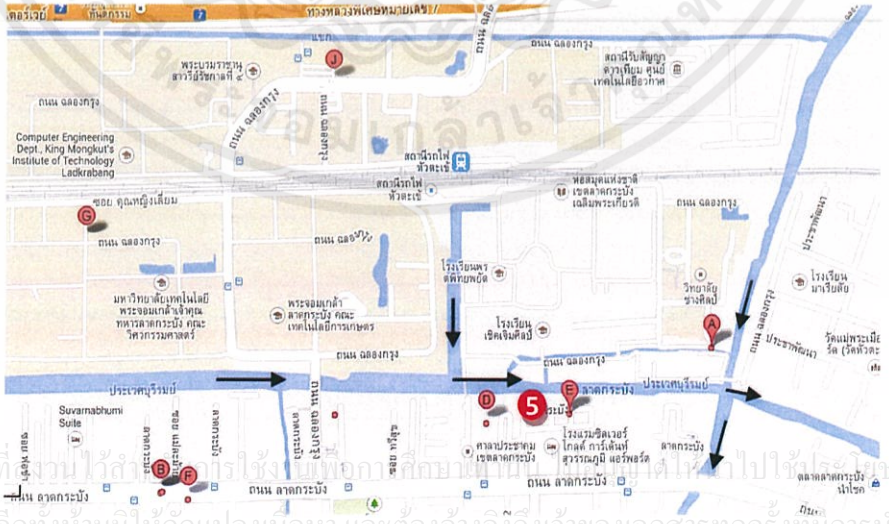
จากรูปภาพที่ ก.4 จุดเก็บที่ 3 วัดลาดกระบัง จะเห็นได้ว่าก่อนจุดเก็บมีประตูน้ำกั้นอยู่ จึงทำให้จุดเก็บที่ 3 เป็นจุดต้นน้ำของคลองประเวศบุรีรมย์ ต่อจากจุดเก็บที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมาซึ่งถือว่าทั้ง

สองจุดเป็นปลายน้ำ พบว่าการกระจายของโรงงาน ซึ่งประกอบด้วย บริษัทจำหน่ายเสื้อผ้าเด็ก และโรงงานผลิตรองเท้า สภาพแวดล้อมโดยรวมมีพืชน้ำเบาบาง มีกังหันน้ำ ฝั่งริมน้ำตรงข้ามวัดลาดกระบังมีบ้านเรือนไม่มากนัก



รูปที่ ก.5 จุดเก็บที่ 4 วัดปลูกศรัทธา

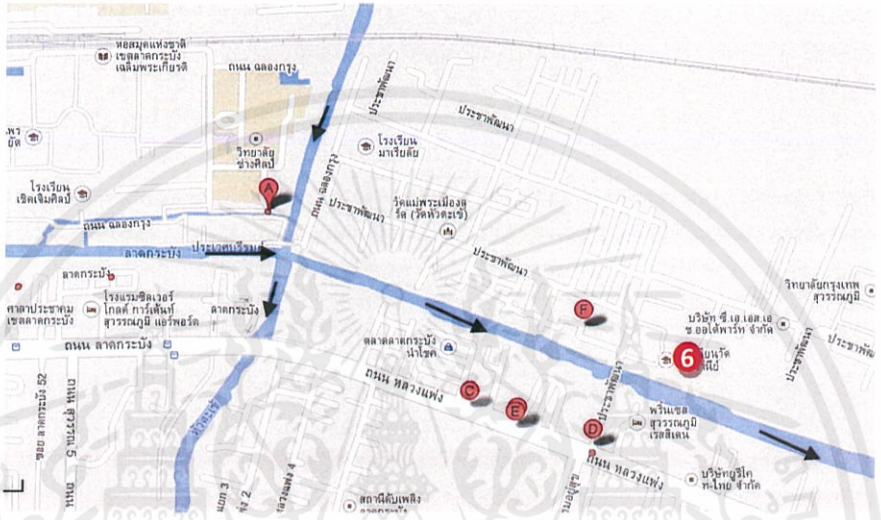
จากรูปภาพที่ ก.5 จุดเก็บที่ 4 วัดปลูกศรัทธา สภาพแวดล้อมมีพืชน้ำค่อนข้างมากทั้งสองริมฝั่งคลอง และก่อนจุดเก็บมีคลองสาขาย่อยอย่าง คลองสี่ ที่มีการไหลเข้าของน้ำ ส่วนโรงงานรอบ ๆ จุดเก็บที่ 4 ประกอบด้วย โรงงานผลิตถังน้ำ และถังบำบัดน้ำเสีย ผลิตแผ่นฟิล์ม และโรงงานนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.6 จุดเก็บที่ 5 โรงพยาบาลลาดกระบัง

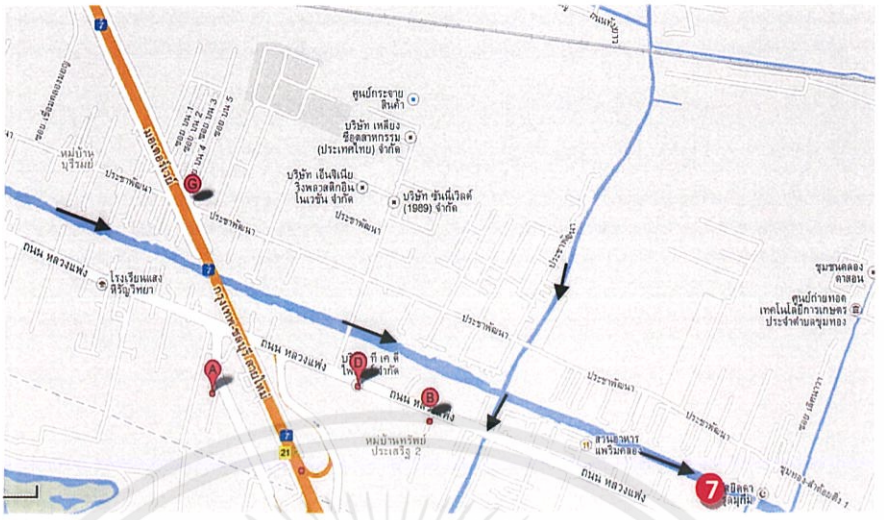
จากรูปภาพที่ ก.6 จุดเก็บที่ 5 โรงพยาบาลลาดกระบัง ซึ่งโรงงานมีการกระจายตัวประกอบด้วยโรงงานทอผ้า โรงงานผลิตฟุตบอล ผลิตและขายส่งที่นอนยางพารา เป็นต้น สภาพแวดล้อมมีพืชน้ำหลากหลายชนิด มีคลองย่อยที่มีน้ำไหลเข้ามาก่อนถึงจุดเก็บ และในจุดนี้มีประชาชนที่นำหอยขมบริเวณจุดเก็บไปบริโภค



รูปที่ ก.7 จุดเก็บที่ 6 วัดพลมานีย์

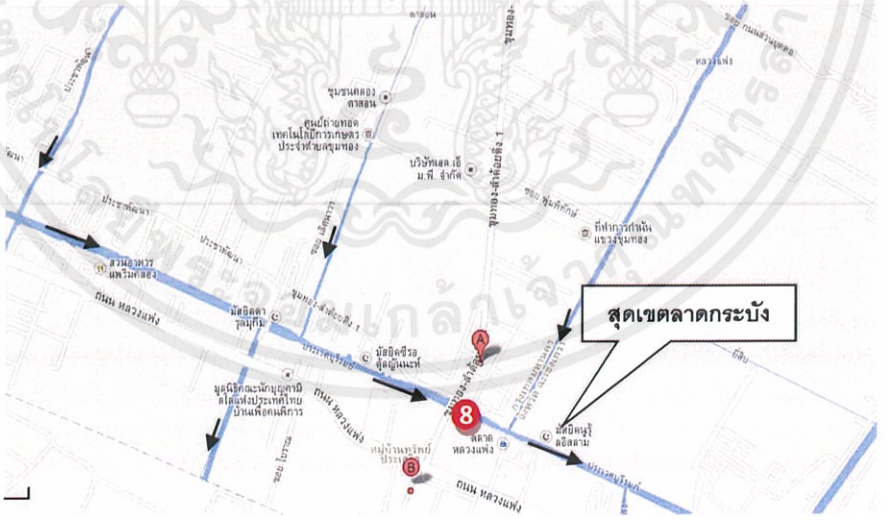
จากรูปภาพที่ ก.7 จุดเก็บที่ 6 วัดพลมานีย์ สภาพแวดล้อมมีพืชน้ำที่มีไม้กั้นไว้ริมคลอง ชุมชนริมน้ำอาศัยอยู่หนาแน่น และมีร้านอาหารอยู่อีกฝั่งของจุดเก็บ ส่วนโรงงานส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณจุดเก็บ ซึ่งประกอบด้วยโรงงานผลิตสำลีทางการแพทย์ โรงงานจำหน่ายของเล่นเด็กเล็กที่เป็นพลาสติก โรงงานรับเหมาก่อสร้าง โรงเลื่อยไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.8 จุดเก็บที่ 7 สวนอาหารบ้านข้าวสวย

จากรูปภาพที่ ก.8 จุดเก็บที่ 7 สวนอาหารบ้านข้าวสวย มีโรงงานตั้งอยู่ก่อนจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย โรงงานผลิตเคมีภัณฑ์ โรงงานขึ้นรูปโลหะ ชิ้นส่วนยานยนต์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า ออกแบบแม่พิมพ์ โรงงานผลิตรถยนต์ ชิ้นส่วนและอะไหล่ เป็นต้น สำหรับสภาพแวดล้อมของจุดเก็บ เนื่องจากเป็นแพ หอยขมจึงอาศัยอยู่กลางคลองมากกว่าจุดอื่น ๆ นอกจากสวนอาหารบ้านข้าวสวยแล้ว ยังมีร้านอาหารอื่น ๆ อีกด้วย ส่วนอีกฝั่งคลองมีบ้านเรือนของประชาชนซึ่งมีสวนอยู่ด้วย



รูปที่ ก.9 จุดเก็บที่ 8 วัดราชโกษา

จากรูปภาพที่ ก.9 จุดเก็บที่ 8 สภาพแวดล้อมมีพืชน้ำเบาบาง มีชุมชนริมคลองอาศัยอยู่หนาแน่น และเป็นจุดเก็บปลายน้ำ จึงอาจมีการพัดพา และไหลมาสะสมอยู่จุดเก็บที่ 8 ส่วนโรงงานมีที่อยู่บริเวณจุดเก็บไม่มากนัก อย่างโรงงานอัดบีบสายไฮดรอลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

2. การเก็บตัวอย่างหอย

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุ

เครื่องมือเก็บตัวอย่าง : ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับชนิดของหอย

ภาชนะบรรจุ : ภาชนะที่ใช้ขึ้นอยู่กับวิธีการนำส่ง เช่น ถังพลาสติก ถุงพลาสติก ฯลฯ

2. วิธีการเก็บตัวอย่าง

- เลือกหอยชนิดที่พบมากในบริเวณนั้น ๆ (major species) ตัวอย่างเช่น หอยขม หอยโข่ง หอยเชอรี่

- เลือกหอยขนาดที่ต้องการและนำมาล้างทำความสะอาดเปลือกด้วยน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างในขณะที่ฝาปิดสนิท

3. ปริมาณตัวอย่าง : ให้เก็บหอยในพื้นที่ละประมาณ 25-100 ตัว ขึ้นอยู่กับขนาดของหอย

4. การเก็บรักษาตัวอย่างระหว่างการนำส่งต้องนำส่งตัวอย่างโดยเร็วที่สุด

4.1 ในกรณีหอยที่ยังมีชีวิต ให้แช่หอยด้วยน้ำตัวอย่างบริเวณที่จับในภาชนะบรรจุที่ไม่ใช่โลหะ หรือนำหอยใส่ถุงพลาสติกโดยไม่ปิดปากถุง นำส่งตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมง

4.2 ในกรณีนำส่งหอยโดยการแช่เย็นหรือแช่แข็ง ให้นำหอยแต่ละตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก ม้วนปากถุงไล่อากาศออกให้หมด ต่อจากนั้นนำไปใส่ถุงพลาสติกอีกชั้นหนึ่งติดฉลาก มัดปากถุงให้แน่นนำถุงใส่รวมกันในถุงใหญ่ก่อนนำไปแช่เย็นหรือแช่แข็ง

5. ฉลาก : ควรเขียนด้วยหมึกกันน้ำได้และควรมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลขกำกับตัวอย่าง ชนิดของโลหะหนักที่ต้องการวิเคราะห์ สถานที่เก็บตัวอย่าง (ตำบล อำเภอ จังหวัด) วันเวลาที่เก็บ และชื่อผู้เก็บและหน่วยงานที่ส่ง

6. ใบนำส่ง

- หมายเลขกำกับตัวอย่าง
- ชนิดของโลหะหนักที่ต้องการวิเคราะห์และ/หรือปัญหาที่เกิดขึ้น
- รายละเอียดของตัวอย่าง

สถานที่เก็บ (ตำบล อำเภอ จังหวัด) จุดเก็บ ความลึกที่เก็บ เครื่องมือที่ใช้จับ ชนิดและขนาดของหอย การเก็บรักษา วันเวลาที่เก็บ ชื่อผู้เก็บและหน่วยงานที่ส่ง ลักษณะของคุณภาพน้ำรวมทั้งปัญหามลพิษ และรายละเอียดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการเก็บน้ำตัวอย่าง

การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะของน้ำเสียทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาเฉย ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีมนกรณีที่

ก. น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่อง เช่น ปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราวเนื่องจากกระบวนการผลิตเดินเครื่องเป็นช่วง ๆ

ข. น้ำเสียมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ค. ต้องการศึกษาเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเสีย ตามกรรมวิธีการผลิต ในกรณีน้ำต้องจ้วงเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่าง ณ เวลาต่าง ๆ มาเทียบกัน

ง. ต้องการหาลักษณะบางอย่างของน้ำเสีย ณ จุดเก็บ เนื่องจากค่าเหล่านั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ตะกอนหนัก หรือ คลอรีนหลงเหลือ

2. การเก็บแบบผสมรวม (composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลาย ๆ ครั้งต่อช่วงการผลิต โดยแบ่งแต่ละช่วงระยะเวลาการเก็บได้สม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บตัวอย่างขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำ แล้วนำมารวมลงในถังใบเดียวกัน ซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การเก็บวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์ และเวลาในการเก็บ แต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการเก็บมากกว่าวิธีแรก

ข้อบกพร่องในการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมอาจจะเกิดขึ้นได้ เป็นต้นว่า

ก. การเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งที่จุดเดียวกัน ใช้วิธีไม่เหมือนกัน

ข. การถ่ายตัวอย่างน้ำจากจุดที่เก็บไว้ในถัง อาจเกิดการผิดพลาดได้

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ ต้องเก็บทั้งแบบจ้วงและแบบผสมรวม การเก็บไม่เพียงแต่จะเก็บจากท่อน้ำเสียรวมเท่านั้น แต่ควรเก็บจากแต่ละจุดในกระบวนการด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำและจำนวนครั้งของการเก็บขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และลักษณะของน้ำเสียนั้น ๆ สำกรับการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงอาจจะเก็บชั่วโมงละครั้งถ้าน้ำนั้นมี

ลักษณะที่แปรปรวนมาก หรืออาจเก็บทุก 2, 4, 8 และ 16 หรือ 24 ชั่วโมงต่อครั้งในกรณีที่ลักษณะของน้ำเสียนั้นไม่ค่อยแปรปรวน แต่ถ้าเป็นการเก็บแบบผสมรวม เวลาที่กำหนดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของน้ำเสีย และไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง ถ้าลักษณะของน้ำค่อนข้างคงที่ควรใช้เวลาในการเก็บทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8-12 ชั่วโมง

ตารางที่ ก.1 ช่วงความถี่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ

ค่าที่ต้องการวิเคราะห์	น้ำเสียที่มีลักษณะแปรผันมาก	น้ำเสียที่มีลักษณะแปรผันน้อย
บีโอดี	4 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
ซีโอดี	2 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
เอสเอส	8 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
สภาพด่าง สภาพกรด	1 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
พีเอช	เก็บต่อเนื่องกันไป	4 ชั่วโมง
ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	24 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
โลหะหนัก	4 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 2, ปี 2535

4. ปริมาณตัวอย่างน้ำ ในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้ง ต้องทราบว่าต้องการเก็บตัวอย่างน้ำไปเพื่อวิเคราะห์หาค่าอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ ในกรณีการเก็บแบบผสมรวมปริมาณตัวอย่างน้ำควรมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำด้วย

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไปผลการวิเคราะห์จะน่าเชื่อถือ และเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด เมื่อต้องทำการวิเคราะห์ทันทีภายหลังจากการเก็บ เพราะเมื่อทิ้งตัวอย่างน้ำไว้นานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งทางเคมีและชีวภาพได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ และสภาพการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถ้าทำการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างไว้ในที่มืดและอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) จะสามารถลดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาก่อนจะทำการวิเคราะห์ได้

หลักการทั่วไปที่ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ก็เพื่อป้องกันและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของตัวอย่างในช่วงเวลาหลังการเก็บและก่อนการตรวจวิเคราะห์ เป็นต้นว่า

1. ชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยา
2. ชะลอการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ (compounds) และสารประกอบเชิงซ้อน
3. ลดการระเหยของสารองค์ประกอบของสารในน้ำ

วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยทั่วไปทำได้โดย ควบคุมค่าพีเอช การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ ก.2 และ ก.3

ตารางที่ ก.2 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง

วิธีเก็บรักษา	กลไก	ใช้ได้กับ
$HgCl_2$	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	ฟอสฟอรัส
HNO_3	ละลายโลหะ ป้องกันการตกผลึก	โลหะ
$H2SO_4$	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	สารอินทรีย์ (ซีโอดี น้ำมัน และไขมัน, อินทรีย์คาร์บอน ฯลฯ
	สร้างเกลือโดยจับกับเบสในรูปสารอินทรีย์	แอมโมเนีย, เอมีน
NaOH	สร้างเกลือโดยจับกับสารระเหยง่าย	ไซยาไนด์, กรดอินทรีย์
การแช่แข็ง	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	สภาพกรด, สภาพด่าง, สาร
หรือการแช่เย็น		อินทรีย์, บีโอดี, กลิ่น, อินทรีย์
		ฟอสฟอรัส, สี, อินทรีย์
		ไนโตรเจน, คาร์บอน, โคลิฟอร์ม
		ฯลฯ

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 2, ปี 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลายอมให้เก็บ
สภาพกรด สภาพด่าง	แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
บีโอดี	แช่เย็น 4°C	6 ชั่วโมง
แคลเซียม	ไม่จำเป็น	7 วัน
ซีโอดี	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2, แช่เย็น 4°C	7 วัน
คลอไรด์	ไม่จำเป็น	7 วัน
สี	แช่เย็น 4°C	48 ชั่วโมง
สภาพการนำไฟฟ้า	แช่เย็น 4°C	28 วัน
ปริมาณของแข็ง	แช่เย็น 4°C	7 วัน
ความขุ่น	เก็บในที่มืด, แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
สารฆ่าแมลง	เก็บในที่มืด, แช่เย็น 4°C	7 วัน
	ถ้ามีคลอรีนตกค้างให้เติมกรดแอสคอบิก 1000 มก./ลบ.ดม.	
ไซยาไนด์	NaOH ถึงพีเอช<12, เก็บในที่มืด, แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
ดีโอ	วิเคราะห์ทันที	ห้ามเก็บ
ฟลูออไรด์	ไม่จำเป็น	28 วัน
ความกระด่าง	เติม HNO_3 ถึงพีเอช <2	6 เดือน
โลหะ	เติม HNO_3 ถึงพีเอช <2	6 เดือน
โลหะละลาย	กรองทันที เติม HNO_3 ถึงพีเอช <2	6 เดือน
แอมโมเนีย	การวิเคราะห์เร็วที่สุด หรือเติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2 ถ้ามีคลอรีนตกค้างควรทำลายทันที	7 วัน
เจดาห์ลไนโตรเจน	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2, แช่เย็น 4°C	7 วัน
ไนเทรต	การวิเคราะห์เร็วที่สุด หรือ แช่เย็น 4°C	48 ชั่วโมง
ไนไทรต์	การวิเคราะห์เร็วที่สุด หรือ แช่เย็น 4°C	ไม่คงรูป
ไนเทรต ไนไทรต์	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2, แช่เย็น 4°C	ไม่คงรูป
น้ำมันและไขมัน	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2, แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
ทีโอซี	2 ลบ.ซม. H_2SO_4/ลบ.ดม. (pH2)	7 วัน
พีเอช	วิเคราะห์ทันที	2 ชั่วโมง
กลิ่น	การวิเคราะห์เร็วที่สุด หรือ แช่เย็น 4°C	6 ชั่วโมง
ฟีนอล	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2, แช่เย็น 4°C	24 ชั่วโมง
ฟอสเฟต	ฟอสเฟตละลายให้กรองทันที, แช่เย็น 4°C	48 ชั่วโมง

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย พิมพ์ครั้งที่ 2, ปี 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. การเตรียมกราฟมาตรฐานแคดเมียม (Cd)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ที่ความเข้มข้น 100 mg/L (Stock Standard)

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 1000 mg/L มาปริมาตร 10 ml ใส่Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd ช่วงที่ใช้งาน ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 1.0 mg/L

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 0.01 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 mg/L มา 5 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 0.05 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 mg/L มา 25 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 0.1 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 mg/L มา 50 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 1.0 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 mg/L มา 500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 0.05 mg/L (Initial Calibration Verification Standard ; ICV) เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Calibration curve

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 mg/L มา 25 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมกราฟมาตรฐานทองแดง (Cu)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu ที่ความเข้มข้น 100 mg/L (Stock Standard

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 1000 mg/L มาปริมาตร 10 ml ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu ความเข้มข้น 0.05, 0.5, 1.0, 1.5 mg/L

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 0.05 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 mg/L มา 25 µL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 0.5 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 mg/L มา 250 µL ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 1.0 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 mg/L มา 500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 1.5 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 mg/L มา 750 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 0.5 mg/L (Initial Calibration Verification Standard ; ICV) เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Calibration curve

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 mg/L มา 250 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานตะกั่ว (Pb)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb ที่ความเข้มข้น 100 mg/L (Stock Standard) โดยทำการเจือจางจากสารละลายมาตรฐานเข้มข้น 1000 mg/L

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 1000 mg/L มาปริมาตร 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb ช่วงที่ใช้งาน ความเข้มข้น 0.1, 1.0, 3, 5 mg/L

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 0.1 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 mg/L มา 50 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 1.0 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 mg/L มา 500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 0.1 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 mg/L มา 1500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 1.0 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 mg/L มา 2500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 1.0 mg/L (Initial Calibration Verification Standard ; ICV) เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Calibration curve

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 mg/L มา 500 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานสังกะสี (Zn)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn ที่ความเข้มข้น 100 mg/L (Stock Standard)

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 1000 mg/L มาปริมาตร 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรเป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn ช่วงที่ใช้งาน ความเข้มข้น 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 mg/L

2.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 0.01 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 mg/L มา 5 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 0.05 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 mg/L มา 25 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.3 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 0.1 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 mg/L มา 50 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.4 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 0.5 mg/L

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 mg/L มา 250 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

2.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 0.05 mg/L (Initial Calibration Verification Standard ; ICV) เพื่อใช้ในการตรวจสอบ Calibration curve

โดยปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 mg/L มา 25 µL ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 50 ml ปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์และพารามิเตอร์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่าง	ความเป็นกรด – เบส			ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L)		
	pH	เฉลี่ย	S.D.	ค่าการนำไฟฟ้า	เฉลี่ย	S.D.	DO	เฉลี่ย	S.D.
1.1	5.30	5.87	1.11	0.25	0.26	0.25	3.90	2.89	1.42
1.2	5.15			0.01			3.51		
1.3	7.15			0.51			1.27		
2.1	7.10	7.16	0.05	0.64	0.57	0.06	4.88	3.13	1.52
2.2	7.10			0.55			2.16		
2.3	7.18			0.53			2.36		
3.1	7.04	7.20	0.16	0.58	0.57	0.05	4.80	3.12	1.50
3.2	7.21			0.52			2.63		
3.3	7.35			0.62			1.93		
4.1	6.99	7.11	0.11	0.60	0.58	0.04	5.06	3.91	1.20
4.2	7.18			0.53			4.01		
4.3	7.17			0.61			2.67		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า และค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความเป็นกรด – เบส			ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (mg/L)		
	pH	เฉลี่ย	S.D.	ค่าการนำไฟฟ้า	เฉลี่ย	S.D.	DO	เฉลี่ย	S.D.
5.1	7.05	7.15	0.10	0.55	0.53	0.03	5.30	4.61	1.41
5.2	7.25			0.5			5.55		
5.3	7.14			0.53			2.99		
6.1	7.09	7.21	0.12	0.61	0.57	0.05	5.28	5.48	0.91
6.2	7.21			0.59			6.47		
6.3	7.32			0.51			4.68		
7.1	7.07	7.17	0.11	0.62	0.57	0.09	6.37	6.16	0.21
7.2	7.15			0.62			6.15		
7.3	7.29			0.47			5.95		
8.1	6.92	7.05	0.14	0.60	0.36	0.32	4.79	5.36	0.69
8.2	7.03			0.00			6.12		
8.3	7.19			0.49			5.17		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น Cd		ความเข้มข้น Cu	
	AAS (mg/L)	น้ำ (mg/L)	AAS (mg/L)	น้ำ (mg/L)
Blank.1	0.014		0.120	
1.1	0.012	0.002	0.032	0.088
2. 1	0.004	0.010	0.034	0.086
3.1	0.003	0.011	0.030	0.090
4.1	0.006	0.008	0.031	0.089
5.1	0.003	0.011	0.035	0.085
6.1	ND	ND	0.038	0.082
7.1	0.004	0.010	0.040	0.080
8.1	ND	ND	0.036	0.084
Blank 2	0.053		0.088	
1.2	0.018	0.035	0.034	0.054
2.2	0.018	0.035	0.028	0.060
3.2	0.020	0.033	0.028	0.060
4.2	0.020	0.033	0.029	0.059
5.2	0.020	0.033	0.030	0.058
6.2	0.020	0.033	0.032	0.056
7.2	0.021	0.032	0.040	0.048
8.2	0.019	0.034	0.038	0.050
Blank 3	0.005		0.042	
1.3	0.017	0.012	0.037	0.005
2.3	0.014	0.009	0.039	0.003
3.3	0.011	0.006	0.039	0.003
4.3	0.008	0.003	0.041	0.001
5.3	0.007	0.002	0.038	0.004
6.3	0.009	0.004	0.046	0.004
7.3	0.013	0.008	0.049	0.007
8.3	0.011	0.006	0.045	0.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างน้ำ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น Pb		ความเข้มข้น Zn	
	AAS (mg/L)	น้ำ (mg/L)	AAS (mg/L)	น้ำ (mg/L)
Blank.1	0.103		0.057	
1.1	0.047	0.056	0.034	0.023
2. 1	0.059	0.044	0.035	0.022
3.1	0.044	0.059	0.035	0.022
4.1	0.029	0.074	0.030	0.027
5.1	0.058	0.045	0.037	0.020
6.1	0.039	0.064	0.057	0.000
7.1	0.025	0.078	0.057	0.000
8.1	0.046	0.057	0.043	0.014
Blank 2	0.057		0.044	
1.2	0.044	0.013	0.073	0.029
2.2	0.027	0.030	0.059	0.015
3.2	0.031	0.026	0.057	0.013
4.2	ND	ND	0.049	0.005
5.2	ND	ND	0.070	0.026
6.2	ND	ND	0.048	0.004
7.2	ND	ND	0.049	0.005
8.2	ND	ND	0.088	0.044
Blank 3	0.040		0.027	
1.3	0.076	0.036	0.045	0.018
2.3	0.086	0.046	0.043	0.016
3.3	0.041	0.001	0.044	0.017
4.3	0.047	0.007	0.079	0.052
5.3	0.041	0.001	0.031	0.004
6.3	0.038	0.002	0.035	0.008
7.3	0.066	0.026	0.019	0.008
8.3	0.039	0.001	0.054	0.027

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างหอย

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้น Cd		ความเข้มข้น Cu	
		AAS (mg/L)	หอย (mg/kg)	AAS (mg/L)	หอย (mg/kg)
Blank.1		ND		0.039	
1.1	1.0955	ND	ND	0.138	4.5185
2. 1	1.1010	ND	ND	0.121	3.7239
3.1	1.1235	0.001	0.0445	0.763	32.1985
4.1	1.0580	ND	ND	0.365	15.3828
5.1	1.0910	ND	ND	0.151	5.1100
6.1	1.0360	ND	ND	0.096	2.6013
7.1	1.1125	ND	ND	0.135	4.2921
8.1	1.1445	0.003	0.1311	0.162	5.3517
Blank 2		0.010		0.037	
1.2	1.0516	0.036	1.2362	0.098	2.8766
2.2	1.0343	0.031	1.0152	0.217	8.7015
3.2	1.0166	0.021	0.5410	0.095	2.8526
4.2	1.1260	0.021	0.4885	0.172	5.9947
5.2	1.0891	0.020	0.4590	0.138	4.6133
6.2	1.0037	0.022	0.5978	0.091	2.6653
7.2	1.0894	0.021	0.5049	0.135	4.4981
8.2	1.0574	0.021	0.5201	0.146	5.1542
Blank 3		0.008		0.044	
1.3	1.0052	0.014	0.2985	0.144	4.9744
2.3	1.0127	0.012	0.1975	0.083	1.9010
3.3	1.0532	0.010	0.0950	0.122	3.6794
4.3	1.0848	0.011	0.1383	0.156	5.1392
5.3	1.0207	0.010	0.0980	0.221	8.6465
6.3	0.9834	0.014	0.3051	0.104	3.0508
7.3	1.0463	0.012	0.1911	0.092	2.2699
8.3	1.0538	0.013	0.2372	0.151	5.0534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างหอย (ต่อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ความเข้มข้น Pb		ความเข้มข้น Zn	
		AAS (mg/L)	หอย (mg/kg)	AAS (mg/L)	หอย (mg/kg)
Blank.1		0.028		0.078	
1.1	1.0955	0.030	0.0685	0.043	1.5974
2. 1	1.1010	0.036	0.3406	0.046	1.4714
3.1	1.1235	0.028	0.0223	0.026	2.3142
4.1	1.0580	0.022	0.2836	0.019	2.8119
5.1	1.0910	0.037	0.3896	0.021	2.6352
6.1	1.0360	0.024	0.1842	0.041	1.7035
7.1	1.1125	0.037	0.4045	0.029	2.2247
8.1	1.1445	0.038	0.4369	0.032	2.0096
Blank 2		ND		0.106	
1.2	1.0516	0.073	3.4709	0.857	35.7075
2.2	1.0343	0.032	1.5469	1.605	72.4645
3.2	1.0166	0.031	1.5247	0.636	26.0427
4.2	1.1260	0.005	0.2220	1.485	61.2345
5.2	1.0891	0.048	2.2034	1.425	60.5233
6.2	1.0037	0.035	1.7436	0.891	39.1073
7.2	1.0894	0.056	2.5703	1.100	45.6235
8.2	1.0574	0.092	4.367	0.992	41.8952
Blank 3		0.015		0.045	
1.3	1.0052	0.043	1.3928	0.506	22.9319
2.3	1.0127	0.046	1.5109	0.210	8.1223
3.3	1.0532	0.026	0.5222	0.298	11.9878
4.3	1.0848	0.019	0.1613	0.560	23.7371
5.3	1.0207	0.021	0.2694	1.700	81.0758
6.3	0.9834	0.041	1.3220	0.143	4.9575
7.3	1.0463	0.029	0.6451	0.686	30.6317
8.3	1.0538	0.032	0.8066	0.450	19.2171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร(น้ำตัวอย่าง)			
	แคดเมียม (Cd)	ทองแดง (Cu)	ตะกั่ว (Pb)	สังกะสี (Zn)
จุดเก็บที่ 1	0.0163	0.0490	0.0350	0.0233
จุดเก็บที่ 2	0.0180	0.0497	0.0400	0.0177
จุดเก็บที่ 3	0.0167	0.0510	0.0287	0.0173
จุดเก็บที่ 4	0.0147	0.0497	0.0405	0.0280
จุดเก็บที่ 5	0.0153	0.0490	0.0230	0.0167
จุดเก็บที่ 6	0.0185	0.0473	0.0330	0.0060
จุดเก็บที่ 7	0.0167	0.0450	0.0520	0.0065
จุดเก็บที่ 8	0.0200	0.0457	0.0290	0.0283

ตารางที่ ข.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม(น้ำหนักเปียก)			
	แคดเมียม (Cd)	ทองแดง (Cu)	ตะกั่ว (Pb)	สังกะสี (Zn)
จุดเก็บที่ 1	0.7674	4.1232	1.6441	20.0789
จุดเก็บที่ 2	0.6064	4.7755	1.1328	27.3527
จุดเก็บที่ 3	0.2268	12.9102	0.6897	13.4482
จุดเก็บที่ 4	0.3134	8.8356	0.2223	29.2612
จุดเก็บที่ 5	0.2785	6.1233	0.9541	48.0781
จุดเก็บที่ 6	0.4515	2.1233	1.0833	15.2561
จุดเก็บที่ 7	0.3480	3.0758	1.2066	26.1566
จุดเก็บที่ 8	0.2961	5.1864	1.8567	21.0406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 แสดงค่าความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของโลหะหนักตะกั่ว (Pb)ในหอยแต่ละจุดเก็บ

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	มาตรฐานความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของตะกั่ว (Pb) (mg/kg body weight)	ความเสี่ยงของแต่ละบุคคลของตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน
1	1.6441	0.18	5.8718×10^{-5}
2	1.1328		4.0457×10^{-5}
3	0.6897		2.4631×10^{-5}
4	0.2223		7.9393×10^{-6}
5	0.9541		3.4093×10^{-5}
6	1.0833		3.8689×10^{-5}
7	1.2066		4.3093×10^{-5}
8	1.8567		6.6311×10^{-5}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณ

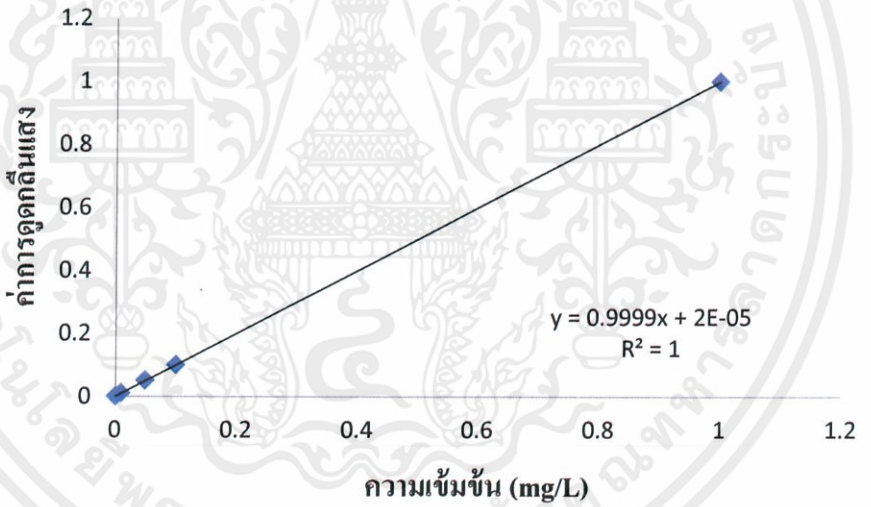
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 การคำนวณปริมาณโลหะหนักต่าง ๆ

1.1 กราฟมาตรฐาน

1. การสร้างกราฟมาตรฐานแคดเมียม

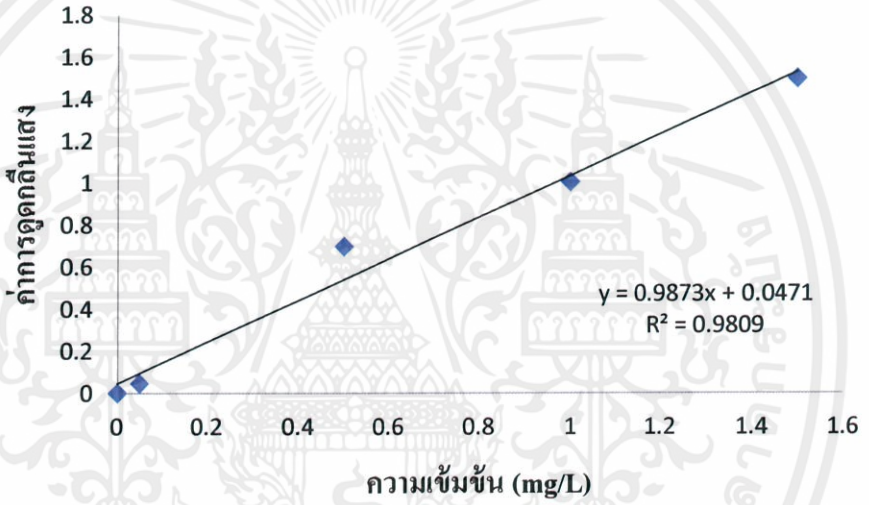
ความเข้มข้นของสารละลายแคดเมียม(ppm)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.000
0.01	0.010
0.05	0.051
0.10	0.099
1.00	1.000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การสร้างกราฟมาตรฐานทองแดง

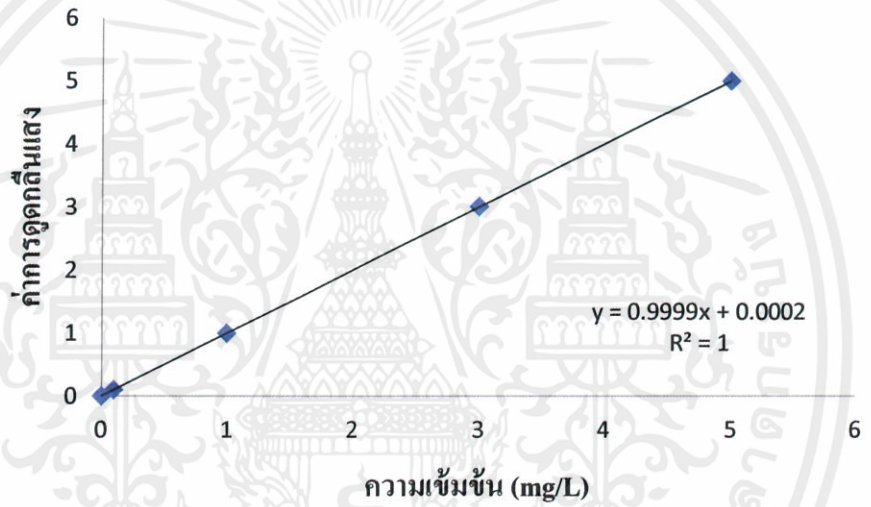
ความเข้มข้นของสารละลายทองแดง(ppm)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.000
0.05	0.047
0.50	0.698
1.00	1.005
1.50	1.497



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การสร้างกราฟมาตรฐานตะกั่ว

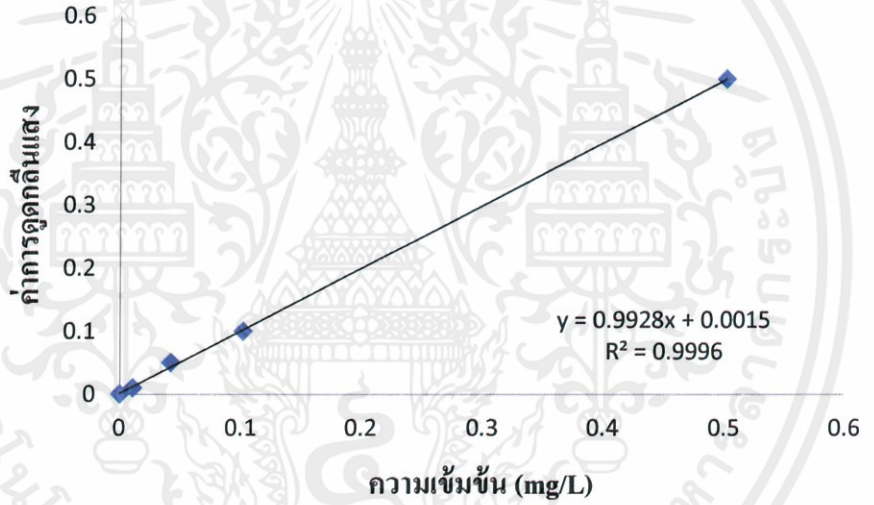
ความเข้มข้นของสารละลายตะกั่ว(ppm)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.000
0.10	0.100
1.00	0.997
3.00	3.007
5.00	4.996



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การสร้างกราฟมาตรฐานสังกะสี

ความเข้มข้นของสารละลายสังกะสี(ppm)	ค่าดูดกลืนแสง
0.00	0.000
0.01	0.011
0.05	0.042
0.10	0.102
0.50	0.502



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ตัวอย่างการคำนวณ

1. หาปริมาณทองแดงในน้ำ

จากข้างต้น น้ำ 1.1 มีความเข้มข้นของทองแดง 0.032 mg/L

Blank 1 มีความเข้มข้นของทองแดง 0.120 mg/L

เพราะฉะนั้น น้ำ 1.1 มีความเข้มข้นของทองแดง |0.032 – 0.120| = 0.088 mg/L หมายความว่า

ในสารละลาย	1000	ml	มีทองแดงอยู่	0.088 mg
ในสารละลาย	50	ml	มีทองแดงอยู่	$\frac{0.088 \times 50}{1000} = 0.0044$ mg

แต่น้ำ 1.1 ที่นำมา เท่ากับ 50 ml ดังนั้น

ในน้ำ	50	ml	มีทองแดงอยู่	0.0044 mg
ถ้าน้ำ	1000	ml	มีทองแดงอยู่	$\frac{0.0044 \times 1000}{50} = 0.088$ mg

ดังนั้นในน้ำ 1.1 มีทองแดงอยู่ 0.088 mg/L

จากการคำนวณข้างต้นสามารถสรุปได้เป็น

$$\text{ความเข้มข้น (mg/L)} = \frac{[AAS - AAS_B] \times Vf}{Vs}$$

เมื่อ AAS คือ ความเข้มข้นที่วัดได้จากเครื่อง AAS (mg/L)

AAS_B คือ ความเข้มข้นของแบลงค์ที่วัดได้จากเครื่อง AAS (mg/L)

Vs คือ ปริมาตรเริ่มต้น (ml)

Vf คือ ปริมาตรสุดท้าย (ml)

2. หาปริมาณทองแดงในหอย

จากข้างต้น หอย 1.1 มีความเข้มข้นของทองแดง 0.138 mg/L

Blank 1 มีความเข้มข้นของทองแดง 0.039 mg/L

เพราะฉะนั้น น้ำ 1.1 มีความเข้มข้นของทองแดง 0.138 – 0.039 = 0.099 mg/L หมายความว่า

ในสารละลาย	1000	ml	มีทองแดงอยู่	0.099 mg
ในสารละลาย	50	ml	มีทองแดงอยู่	$\frac{0.099 \times 50}{1000} = 0.00495$ mg

แต่น้ำหนักหอย 1.1 ที่ชั่งมา เท่ากับ 1.0955 g ดังนั้น

หอย	1.0955	g	มีทองแดงอยู่	0.00495 mg
ถ้าหอย	1000	g	มีทองแดงอยู่	$\frac{0.00495 \times 1000}{1.0955} = 4.5185$ mg

ดังนั้นในหอย 1.1 มีทองแดงอยู่ 4.5185 mg/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณข้างต้นสามารถสรุปได้เป็น

$$\text{ความเข้มข้น (mg/L)} = \frac{[AAS-AAS_B] \times Vf}{W}$$

เมื่อ AAS คือ ความเข้มข้นที่วัดได้จากเครื่อง AAS (mg/L)

AAS_B คือ ความเข้มข้นของแบลงค์ที่วัดได้จากเครื่อง AAS (mg/L)

W คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)

Vf คือ ปริมาตรสุดท้าย (ml)

3. การหาความเสี่ยงของแต่ละบุคคลในโลหะหนักตะกั่ว (Pb)

จากสูตร individual's exposure $= \frac{2.5 \times R}{70 \times 1000}$

เมื่อกำหนดให้ R คือ ค่าเฉลี่ยของโลหะในหอย

2.5 คือ ปริมาณหอยที่บริโภค 2.5 กรัมต่อวัน

70 คือ น้ำหนักตัวของผู้ใหญ่เฉลี่ย 70 กิโลกรัม

1000 คือ การเปลี่ยนหน่วยของ กรัม เป็น กิโลกรัม

จากข้อมูล ตารางที่ ข.8 ค่าเฉลี่ยโดยปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย จุดเก็บที่ 1 ความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 1.6441 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ดังนั้น จากสูตร individual's exposure $= \frac{2.5 \times 1.6441}{70 \times 1000} = 5.8718 \times 10^{-5}$ มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน

จากการคำนวณข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าในจุดที่ 1 ตะกั่วไม่มีความเสี่ยงของแต่ละบุคคลเกินมาตรฐาน 0.18 mg/kg body weight เมื่อรับบริโภคปริมาณ 2.5 กรัมต่อวัน

หมายเหตุ : มาตรฐานความเสี่ยงของแต่ละบุคคล Pb : 0.18 mg/kg body weight

ที่มา : Behnam Heidari. (2013). Concentrations of Cd, Cu, Pb and Zn in soft tissue of oyster (Saccostrea cucullata) collected from the Lengeh Port coast, Persian Gulf, Iran: A comparison with the permissible limits for public health. Food Chemistry. 141. 3014-3019 P.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนในแต่ละจุดเก็บและในแต่ละเดือน

1.1 น้ำ

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน		
	มิถุนายน 2556	กรกฎาคม 2556	สิงหาคม 2556
จุดเก็บที่ 1/1	0.013	0.016	0.018
จุดเก็บที่ 1/2	0.010	0.020	0.016
จุดเก็บที่ 1/3	0.013	0.019	0.017
จุดเก็บที่ 2/1	0.006	0.017	0.012
จุดเก็บที่ 2/2	ND	0.017	0.017
จุดเก็บที่ 2/3	0.004	0.019	0.014
จุดเก็บที่ 3/1	ND	0.020	0.012
จุดเก็บที่ 3/2	0.004	0.020	0.009
จุดเก็บที่ 3/3	0.004	0.020	0.013
จุดเก็บที่ 4/1	0.004	0.017	0.010
จุดเก็บที่ 4/2	0.004	0.021	0.007
จุดเก็บที่ 4/3	0.009	0.021	0.007
จุดเก็บที่ 5/1	0.002	0.021	0.011
จุดเก็บที่ 5/2	0.003	0.022	0.001
จุดเก็บที่ 5/3	ND	0.017	0.010
จุดเก็บที่ 6/1	ND	0.021	0.008
จุดเก็บที่ 6/2	ND	0.019	0.013
จุดเก็บที่ 6/3	ND	0.020	0.007
จุดเก็บที่ 7/1	0.003	0.022	0.012
จุดเก็บที่ 7/2	0.005	0.022	0.009
จุดเก็บที่ 7/3	0.002	0.021	0.020

ND = ไม่สามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน		
	มิถุนายน 2556	กรกฎาคม 2556	สิงหาคม 2556
จุดเก็บที่ 8/1	ND	0.020	0.010
จุดเก็บที่ 8/2	ND	0.019	0.013
จุดเก็บที่ 8/3	ND	0.019	0.010

ND = ไม่สามารถวัดได้

<u>ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน</u>

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.2 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ค่า Significant เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. แคดเมียม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.003[a]	9	.000	38.035	.000
Intercept	.010	1	.010	988.163	.000
Station	.000	7	3.692E-5	3.795	.002
Month	.003	2	.002	157.878	.000
Error	.001	62	9.729E-6		
Total	.014	72			
Corrected Total	.004	71			

a. R Squared = .847 (Adjusted R Squared = .824)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.3 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 2, 3, 4, 5, 6 และ 8

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 7

-กลุ่มที่ 3(b) คือ จุดเก็บที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำ และในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
5	9	.00967	
6	9	.00978	
8	9	.01011	
4	9	.01111	
3	9	.01133	
2	9	.01178	
7	9	.01289	.01289
1	9		.01578
Sig.		.061	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 9.73E-006.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset		
		1	2	3
มิถุนายน 56	24	.00358		
สิงหาคม 56	24		.01150	
กรกฎาคม 56	24			.01958
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 9.73E-006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักทองแดง (Cu) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน		
	มิถุนายน 2556	กรกฎาคม 2556	สิงหาคม 2556
จุดเก็บที่ 1/1	0.034	0.036	0.035
จุดเก็บที่ 1/2	0.033	0.033	0.038
จุดเก็บที่ 1/3	0.030	0.032	0.039
จุดเก็บที่ 2/1	0.034	0.029	0.038
จุดเก็บที่ 2/2	0.033	0.028	0.038
จุดเก็บที่ 2/3	0.034	0.028	0.040
จุดเก็บที่ 3/1	0.030	0.028	0.038
จุดเก็บที่ 3/2	0.030	0.028	0.039
จุดเก็บที่ 3/3	0.030	0.029	0.040
จุดเก็บที่ 4/1	0.028	0.029	0.041
จุดเก็บที่ 4/2	0.034	0.029	0.041
จุดเก็บที่ 4/3	0.032	0.031	0.041
จุดเก็บที่ 5/1	0.035	0.030	0.037
จุดเก็บที่ 5/2	0.035	0.030	0.038
จุดเก็บที่ 5/3	0.036	0.030	0.039
จุดเก็บที่ 6/1	0.039	0.031	0.045
จุดเก็บที่ 6/2	0.038	0.033	0.046
จุดเก็บที่ 6/3	0.037	0.032	0.047
จุดเก็บที่ 7/1	0.040	0.039	0.049
จุดเก็บที่ 7/2	0.040	0.041	0.048
จุดเก็บที่ 7/3	0.039	0.049	0.049
จุดเก็บที่ 8/1	0.036	0.039	0.045
จุดเก็บที่ 8/2	0.035	0.037	0.045
จุดเก็บที่ 8/3	0.035	0.038	0.046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.5 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. ทองแดง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.002[a]	9	.000	39.933	.000
Intercept	.095	1	.095	1.681E4	.000
Station	.001	7	.000	24.214	.000
Month	.001	2	.001	94.952	.000
Error	.000	62	5.664E-6		
Total	.098	72			
Corrected Total	.002	71			

a. R Squared = .853 (Adjusted R Squared = .832)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.6 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 1, 2, 3, 4 และ 5

-กลุ่มที่ 2(b) คือ จุดเก็บที่ 6 และ 8

-กลุ่มที่ 3(c) คือ จุดเก็บที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
3	9	.03244		
2	9	.03356		
4	9	.03400		
5	9	.03444		
1	9	.03444		
6	9		.03867	
8	9		.03956	
7	9			.04378
Sig.		.117	.431	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5.66E-006.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset		
		1	2	3
กรกฎาคม 56	24	.03288		
มิถุนายน 56	24		.03446	
สิงหาคม 56	24			.04175
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5.66E-006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน		
	มิถุนายน 2556	กรกฎาคม 2556	สิงหาคม 2556
จุดเก็บที่ 1/1	0.046	0.052	0.080
จุดเก็บที่ 1/2	0.045	0.035	0.062
จุดเก็บที่ 1/3	0.050	0.044	0.085
จุดเก็บที่ 2/1	0.061	0.06	0.093
จุดเก็บที่ 2/2	0.053	ND	0.057
จุดเก็บที่ 2/3	0.062	0.022	0.108
จุดเก็บที่ 3/1	0.050	0.074	0.032
จุดเก็บที่ 3/2	0.054	ND	0.045
จุดเก็บที่ 3/3	0.028	0.032	0.046
จุดเก็บที่ 4/1	0.041	ND	0.055
จุดเก็บที่ 4/2	0.020	ND	0.060
จุดเก็บที่ 4/3	0.026	ND	0.025
จุดเก็บที่ 5/1	0.082	ND	0.047
จุดเก็บที่ 5/2	0.019	ND	0.042
จุดเก็บที่ 5/3	0.071	ND	0.034
จุดเก็บที่ 6/1	0.060	ND	0.057
จุดเก็บที่ 6/2	0.038	ND	0.035
จุดเก็บที่ 6/3	0.019	ND	0.023
จุดเก็บที่ 7/1	0.054	ND	0.077
จุดเก็บที่ 7/2	0.029	ND	0.071
จุดเก็บที่ 7/3	ND	ND	0.048
จุดเก็บที่ 8/1	0.023	ND	0.021
จุดเก็บที่ 8/2	0.047	ND	0.011
จุดเก็บที่ 8/3	0.068	ND	0.084

ND = ไม่สามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.8 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ค่า Significant เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. ตะกั่ว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.032[a]	9	.004	8.779	.000
Intercept	.098	1	.098	243.457	.000
Station	.010	7	.001	3.683	.002
Month	.022	2	.011	26.614	.000
Error	.025	62	.000		
Total	.156	72			
Corrected Total	.057	71			

a. R Squared = .560 (Adjusted R Squared = .496)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.9 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 4, 5, 6, 7 และ 8

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 3

-กลุ่มที่ 3(b) คือ จุดเก็บที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
4	9	.02522	
6	9	.02578	
8	9	.02822	
7	9	.03100	
5	9	.03278	
3	9	.04011	.04011
1	9		.05544
2	9		.05733
Sig.		.176	.090

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset	
		1	2
กรกฎาคม 56	24	.01329	
มิถุนายน 56	24		.04358
สิงหาคม 56	24		.05408
Sig.		1.000	.075

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี (Zn) หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน		
	มิถุนายน 2556	กรกฎาคม 2556	สิงหาคม 2556
จุดเก็บที่ 1/1	0.035	0.074	0.049
จุดเก็บที่ 1/2	0.033	0.072	0.044
จุดเก็บที่ 1/3	0.033	0.073	0.042
จุดเก็บที่ 2/1	0.035	0.059	0.044
จุดเก็บที่ 2/2	0.035	0.059	0.044
จุดเก็บที่ 2/3	0.035	0.059	0.043
จุดเก็บที่ 3/1	0.035	0.058	0.044
จุดเก็บที่ 3/2	0.035	0.057	0.045
จุดเก็บที่ 3/3	0.034	0.057	0.043
จุดเก็บที่ 4/1	0.030	0.049	0.078
จุดเก็บที่ 4/2	0.030	0.049	0.080
จุดเก็บที่ 4/3	0.030	0.049	0.080
จุดเก็บที่ 5/1	0.034	0.069	0.032
จุดเก็บที่ 5/2	0.039	0.071	0.032
จุดเก็บที่ 5/3	0.038	0.071	0.031
จุดเก็บที่ 6/1	0.056	0.048	0.035
จุดเก็บที่ 6/2	0.057	0.049	0.035
จุดเก็บที่ 6/3	0.056	0.049	0.036
จุดเก็บที่ 7/1	0.058	0.048	0.019
จุดเก็บที่ 7/2	0.056	0.050	0.019
จุดเก็บที่ 7/3	0.056	0.049	0.019
จุดเก็บที่ 8/1	0.044	0.088	0.053
จุดเก็บที่ 8/2	0.043	0.089	0.054
จุดเก็บที่ 8/3	0.043	0.088	0.054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.11 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ค่า Significant เท่ากับ 0.069 ซึ่งมากกว่า α นั่นคือ ยอมรับ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. สังกะสี

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.009[a]	9	.001	5.502	.000
Intercept	.172	1	.172	990.682	.000
Station	.002	7	.000	2.003	.069
Month	.006	2	.003	17.748	.000
Error	.011	62	.000		
Total	.191	72			
Corrected Total	.019	71			

a. R Squared = .444 (Adjusted R Squared = .363)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.12 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 2, 3, 5, 6 และ 7

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 1 และ 4

-กลุ่มที่ 3(b) คือ จุดเก็บที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
7	9	.04156	
3	9	.04533	
2	9	.04589	
5	9	.04633	
6	9	.04678	
1	9	.05056	.05056
4	9	.05278	.05278
8	9		.06178
Sig.		.124	.092

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset	
		1	2
มิถุนายน 56	24	.04083	
สิงหาคม 56	24	.04396	
กรกฎาคม 56	24		.06183
Sig.		.414	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ตัวอย่างหอย

ตารางที่ ง.13 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน					
	มิถุนายน 2556		กรกฎาคม 2556		สิงหาคม 2556	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดเก็บที่ 1/1	ND	ND	0.060	0.013	0.018	0.010
จุดเก็บที่ 1/2	ND	ND	0.057	0.010	0.014	0.010
จุดเก็บที่ 1/3	ND	ND	0.059	0.012	0.015	0.014
จุดเก็บที่ 2/1	ND	0.006	0.044	0.011	0.019	0.006
จุดเก็บที่ 2/2	ND	0.006	0.047	0.017	0.014	0.004
จุดเก็บที่ 2/3	ND	ND	0.047	0.016	0.018	0.009
จุดเก็บที่ 3/1	ND	0.001	0.032	0.014	0.015	0.007
จุดเก็บที่ 3/2	ND	0.002	0.028	0.012	0.010	0.009
จุดเก็บที่ 3/3	ND	0.002	0.030	0.006	0.018	0.003
จุดเก็บที่ 4/1	ND	ND	0.040	0.002	0.015	0.009
จุดเก็บที่ 4/2	ND	ND	0.032	0.011	0.011	0.01
จุดเก็บที่ 4/3	ND	ND	0.033	0.009	0.007	0.011
จุดเก็บที่ 5/1	ND	ND	0.018	0.018	0.009	0.012
จุดเก็บที่ 5/2	ND	ND	0.021	0.015	0.013	0.009
จุดเก็บที่ 5/3	ND	ND	0.019	0.020	0.009	0.010
จุดเก็บที่ 6/1	ND	ND	0.023	0.021	0.016	0.015
จุดเก็บที่ 6/2	ND	ND	0.021	0.014	0.016	0.009
จุดเก็บที่ 6/3	ND	ND	0.021	0.018	0.018	0.010
จุดเก็บที่ 7/1	ND	ND	0.031	0.020	0.012	0.012
จุดเก็บที่ 7/2	ND	ND	0.027	0.018	0.014	0.012
จุดเก็บที่ 7/3	ND	ND	0.026	0.024	0.015	0.003
จุดเก็บที่ 8/1	ND	ND	0.148	0.020	0.014	0.014
จุดเก็บที่ 8/2	0.008	ND	0.148	0.021	0.009	0.014
จุดเก็บที่ 8/3	0.011	ND	0.147	0.021	0.014	0.010

ND = ไม่สามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.14 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

ค่า Significant เท่ากับ 0.003 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. แคดเมียม

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.031[a]	9	.003	10.472	.000
Intercept	.031	1	.031	94.113	.000
Station	.008	7	.001	3.310	.003
Month	.024	2	.012	35.538	.000
Error	.045	134	.000		
Total	.107	144			
Corrected Total	.076	143			

a. R Squared = .413 (Adjusted R Squared = .373)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.15 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7

-กลุ่มที่ 2(b) คือ จุดเก็บที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแคดเมียม (Cd) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset	
		1	2
5	18	.00961	
3	18	.01050	
4	18	.01056	
6	18	.01122	
7	18	.01189	
2	18	.01467	
1	18	.01622	
8	18		.03328
Sig.		.359	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset		
		1	2	3
มิถุนายน 56	48	.00075		
สิงหาคม 56	48		.01177	
กรกฎาคม 56	48			.03171
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.16 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักทองแดง (Cu) หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน					
	มิถุนายน 2556		กรกฎาคม 2556		สิงหาคม 2556	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดเก็บที่ 1/1	0.103	0.165	0.109	0.087	0.090	0.137
จุดเก็บที่ 1/2	0.109	0.170	0.109	0.086	0.090	0.137
จุดเก็บที่ 1/3	0.109	0.172	0.109	0.087	0.091	0.138
จุดเก็บที่ 2/1	0.087	0.147	0.300	0.134	0.093	0.073
จุดเก็บที่ 2/2	0.089	0.153	0.300	0.133	0.091	0.072
จุดเก็บที่ 2/3	0.090	0.153	0.302	0.132	0.092	0.073
จุดเก็บที่ 3/1	0.276	0.614	0.091	0.097	0.182	0.059
จุดเก็บที่ 3/2	0.275	1.553	0.092	0.099	0.184	0.060
จุดเก็บที่ 3/3	0.275	1.584	0.091	0.099	0.183	0.060
จุดเก็บที่ 4/1	0.311	0.306	0.218	0.128	0.064	0.243
จุดเก็บที่ 4/2	0.318	0.467	0.217	0.126	0.064	0.252
จุดเก็บที่ 4/3	0.318	0.469	0.219	0.125	0.063	0.250
จุดเก็บที่ 5/1	0.101	0.194	0.177	0.098	0.188	0.253
จุดเก็บที่ 5/2	0.104	0.198	0.178	0.097	0.189	0.253
จุดเก็บที่ 5/3	0.103	0.202	0.177	0.099	0.189	0.254
จุดเก็บที่ 6/1	0.087	0.084	0.121	0.059	0.066	0.140
จุดเก็บที่ 6/2	0.090	0.112	0.122	0.059	0.067	0.143
จุดเก็บที่ 6/3	0.088	0.112	0.123	0.060	0.068	0.140
จุดเก็บที่ 7/1	0.139	0.112	0.127	0.143	0.101	0.082
จุดเก็บที่ 7/2	0.142	0.130	0.127	0.143	0.103	0.079
จุดเก็บที่ 7/3	0.142	0.133	0.129	0.142	0.100	0.081
จุดเก็บที่ 8/1	0.166	0.153	0.207	0.084	0.089	0.211
จุดเก็บที่ 8/2	0.168	0.157	0.209	0.084	0.088	0.214
จุดเก็บที่ 8/3	0.168	0.156	0.209	0.084	0.087	0.214

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.17 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

ค่า Significant เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.002 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. ทองแดง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.093[a]	9	.121	4.165	.000
Intercept	4.115	1	4.115	141.106	.000
Station	.722	7	.103	3.539	.002
Month	.371	2	.185	6.358	.002
Error	3.908	134	.029		
Total	9.115	144			
Corrected Total	5.001	143			

a. R Squared = .219 (Adjusted R Squared = .166)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.18 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 6

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 1, 2, 5, 7 และ 8

-กลุ่มที่ 3(bc) คือ จุดเก็บที่ 4

-กลุ่มที่ 4(c) คือ จุดเก็บที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักทองแดง (Cu) ในแต่ละจุดเก็บและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
6	18	.09672		
1	18	.11656	.11656	
7	18	.11972	.11972	
2	18	.13967	.13967	
8	18	.15267	.15267	
5	18	.16967	.16967	
4	18		.23100	.23100
3	18			.32633
Sig.		.271	.080	.096

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .029.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset	
		1	2
สิงหาคม 56	48	.13000	
กรกฎาคม 56	48	.13642	
มิถุนายน 56	48		.24071
Sig.		.854	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .029.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.19 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) หน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน					
	มิถุนายน 2556		กรกฎาคม 2556		สิงหาคม 2556	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดเก็บที่ 1/1	0.029	0.056	0.106	0.067	0.072	0.030
จุดเก็บที่ 1/2	0.013	0.032	0.082	0.046	0.057	0.022
จุดเก็บที่ 1/3	0.021	0.026	0.095	0.044	0.063	0.015
จุดเก็บที่ 2/1	0.019	0.031	ND	0.082	0.095	0.028
จุดเก็บที่ 2/2	0.042	0.062	ND	0.077	0.067	0.002
จุดเก็บที่ 2/3	ND	0.058	ND	0.033	0.083	0.006
จุดเก็บที่ 3/1	0.036	0.010	ND	0.067	0.028	ND
จุดเก็บที่ 3/2	0.031	0.012	0.001	0.050	0.074	ND
จุดเก็บที่ 3/3	0.017	0.060	0.002	0.067	0.055	ND
จุดเก็บที่ 4/1	0.026	0.025	ND	0.015	0.020	0.018
จุดเก็บที่ 4/2	0.015	0.031	ND	0.015	0.042	0.020
จุดเก็บที่ 4/3	0.010	0.025	ND	ND	0.010	ND
จุดเก็บที่ 5/1	0.070	0.035	ND	0.105	0.044	ND
จุดเก็บที่ 5/2	0.028	0.011	ND	0.081	0.035	ND
จุดเก็บที่ 5/3	0.061	0.016	ND	0.102	0.045	ND
จุดเก็บที่ 6/1	0.019	0.014	ND	0.064	0.059	ND
จุดเก็บที่ 6/2	0.023	0.055	ND	0.077	0.070	0.018
จุดเก็บที่ 6/3	0.003	0.031	ND	0.071	0.067	0.033
จุดเก็บที่ 7/1	0.005	0.039	ND	0.109	0.042	ND
จุดเก็บที่ 7/2	0.045	0.067	ND	0.104	0.069	ND
จุดเก็บที่ 7/3	0.029	0.035	ND	0.121	0.061	ND
จุดเก็บที่ 8/1	0.040	0.033	0.098	0.112	0.024	ND
จุดเก็บที่ 8/2	0.050	0.014	0.084	0.068	0.063	0.016
จุดเก็บที่ 8/3	0.063	0.029	0.090	0.098	0.056	0.018

ND = ไม่สามารถวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.20 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

ค่า Significant เท่ากับ 0.012 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย และในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. ตะกั่ว

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.025[a]	9	.003	2.966	.003
Intercept	.192	1	.192	207.479	.000
Station	.018	7	.003	2.707	.012
Month	.007	2	.004	3.872	.023
Error	.124	134	.001		
Total	.341	144			
Corrected Total	.149	143			

a. R Squared = .166 (Adjusted R Squared = .110)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.21 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 4

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 3

-กลุ่มที่ 3(bc) คือ จุดเก็บที่ 2, 7 และ 1

-กลุ่มที่ 4(c) คือ จุดเก็บที่ 3

-กลุ่มที่ 5(abc) คือ จุดเก็บที่ 6 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักตะกั่ว (Pb) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอย และในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset		
		1	2	3
4	18	.01511		
3	18	.02833	.02833	
6	18	.03356	.03356	.03356
5	18	.03517	.03517	.03517
2	18		.03806	.03806
7	18		.04033	.04033
1	18		.04867	.04867
8	18			.05311
Sig.		.072	.081	.094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset	
		1	2
มิถุนายน 56	48	.03129	
สิงหาคม 56	48	.03181	
กรกฎาคม 56	48		.04652
Sig.		.933	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.22 ข้อมูลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักสังกะสี (Zn) หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม

จุดเก็บตัวอย่าง	เดือน					
	มิถุนายน 2556		กรกฎาคม 2556		สิงหาคม 2556	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
จุดเก็บที่ 1/1	0.268	0.224	0.156	0.172	0.232	0.078
จุดเก็บที่ 1/2	0.270	0.226	0.153	0.174	0.232	0.078
จุดเก็บที่ 1/3	0.273	0.226	0.154	0.176	0.232	0.078
จุดเก็บที่ 2/1	0.282	0.334	0.216	0.111	0.142	0.276
จุดเก็บที่ 2/2	0.283	0.336	0.205	0.113	0.143	0.278
จุดเก็บที่ 2/3	0.284	0.338	0.205	0.113	0.142	0.276
จุดเก็บที่ 3/1	0.397	0.388	0.092	0.350	0.496	0.098
จุดเก็บที่ 3/2	0.405	0.393	0.092	0.354	0.496	0.098
จุดเก็บที่ 3/3	0.403	0.397	0.091	0.349	0.500	0.099
จุดเก็บที่ 4/1	0.147	0.104	0.226	0.070	0.055	0.057
จุดเก็บที่ 4/2	0.148	0.105	0.226	0.071	0.054	0.058
จุดเก็บที่ 4/3	0.148	0.102	0.226	0.072	0.054	0.059
จุดเก็บที่ 5/1	0.271	0.228	0.249	0.337	0.152	0.186
จุดเก็บที่ 5/2	0.274	0.231	0.251	0.340	0.152	0.186
จุดเก็บที่ 5/3	0.273	0.231	0.252	0.340	0.153	0.186
จุดเก็บที่ 6/1	0.322	0.102	0.153	0.249	0.155	0.132
จุดเก็บที่ 6/2	0.326	0.104	0.153	0.252	0.155	0.130
จุดเก็บที่ 6/3	0.328	0.103	0.154	0.253	0.153	0.131
จุดเก็บที่ 7/1	0.104	0.114	0.077	0.144	0.121	0.153
จุดเก็บที่ 7/2	0.106	0.112	0.075	0.146	0.122	0.152
จุดเก็บที่ 7/3	0.106	0.112	0.075	0.143	0.122	0.150
จุดเก็บที่ 8/1	0.211	0.14	0.182	0.145	0.230	0.066
จุดเก็บที่ 8/2	0.214	0.139	0.185	0.144	0.230	0.067
จุดเก็บที่ 8/3	0.208	0.140	0.184	0.142	0.231	0.067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน

-สำหรับการทดสอบ เดือน

H_0: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน

H_1: ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ (α) = 0.05

การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธี ANOVA พบว่า

จากตารางที่ ง.2 สรุปได้ว่า

-สำหรับการทดสอบ จุดเก็บตัวอย่างหอย

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

-สำหรับการทดสอบ เดือน

ค่า Significant เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า α นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 คือ ปริมาณโลหะหนักในแต่ละเดือนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:Conc. สังกะสี

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.631[a]	9	.070	11.516	.000
Intercept	5.315	1	5.315	872.856	.000
Station	.526	7	.075	12.343	.000
Month	.105	2	.053	8.625	.000
Error	.816	134	.006		
Total	6.762	144			
Corrected Total	1.447	143			

a. R Squared = .436 (Adjusted R Squared = .398)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan

จากตารางที่ ง.3 พบว่า ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังนี้

-กลุ่มที่ 1(a) คือ จุดเก็บที่ 4 และ 7

-กลุ่มที่ 2(ab) คือ จุดเก็บที่ 8

-กลุ่มที่ 3(bc) คือ จุดเก็บที่ 1 และ 6

-กลุ่มที่ 4(c) คือ จุดเก็บที่ 2 และ 5

-กลุ่มที่ 5(ab) คือ จุดเก็บที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักสังกะสี (Zn) ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างหอยและในแต่ละเดือนด้วยวิธี Duncan

-จุดเก็บตัวอย่าง

Duncan

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Subset			
		1	2	3	4
4	18	.11011			
7	18	.11856			
8	18	.16250	.16250		
6	18		.18639	.18639	
1	18		.18900	.18900	
2	18			.22650	
5	18			.23844	
3	18				.30544
Sig.		.058	.341	.069	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .006.

-เดือน

Duncan

เดือน	N	Subset	
		1	2
สิงหาคม 56	48	.16444	
กรกฎาคม 56	48	.18317	
มิถุนายน 56	48		.22875
Sig.		.242	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิดได้แก่ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี นำผลการทดลองที่ได้มาหาค่าความแปรปรวนโดยใช้เทคนิค ANOVA และจากการศึกษากลุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิค DUNCAN วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS V.16 ผลการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ ง.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละเดือน

Heavy Metals	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Cd	.003	2	.002	157.878	.000
Cu	.001	2	.001	94.952	.000
Pb	.022	2	.011	26.614	.000
Zn	.006	2	.003	17.748	.000

จากตารางที่ **ง.25** ค่าความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละเดือน พบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ง.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละเดือน

Heavy Metals	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Cd	.024	2	.012	35.538	.000
Cu	.371	2	.185	6.358	.002
Pb	.007	2	.004	3.872	.023
Zn	.105	2	.053	8.625	.000

จากตารางที่ **ง.26** ค่าความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละเดือน พบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในแต่ละเดือนที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละจุดเก็บ

Heavy Metals	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Cd	.000	7	3.692E-5	3.795	.002
Cu	.001	7	.000	24.214	.000
Pb	.010	7	.001	3.683	.002
Zn	.002	7	.000	2.003	.069

จากตารางที่ **ง.27** ค่าความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างน้ำของแต่ละจุดเก็บ พบว่า ปริมาณโลหะหนัก Cd Cu Pb ในแต่ละจุดเก็บที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ Zn ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ง.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละจุดเก็บ

Heavy Metals	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Cd	.008	7	.001	3.310	.003
Cu	.722	7	.103	3.539	.002
Pb	.018	7	.003	2.707	.012
Zn	.526	7	.075	12.343	.000

จากตารางที่ **ง.28** ค่าความแปรปรวนของโลหะหนักแต่ละชนิดในตัวอย่างหอยของแต่ละจุดเก็บ พบว่า ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในแต่ละจุดเก็บที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.29 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างน้ำ

จุดเก็บตัวอย่าง	แคดเมียม (Cd)	ทองแดง (Cu)	ตะกั่ว (Pb)	สังกะสี (Zn)
จุดเก็บที่ 1	0.0158 ± 0.001^{b}	0.0344 ± 0.001^{a}	0.0554 ± 0.007^{b}	0.0506 ± 0.004^{ab}
จุดเก็บที่ 2	0.0118 ± 0.001^{a}	0.0336 ± 0.001^{a}	0.0573 ± 0.007^{b}	0.0459 ± 0.004^{a}
จุดเก็บที่ 3	0.0113 ± 0.001^{a}	0.0324 ± 0.001^{a}	0.0401 ± 0.007^{ab}	0.0453 ± 0.004^{a}
จุดเก็บที่ 4	0.0111 ± 0.001^{a}	0.0340 ± 0.001^{a}	0.0252 ± 0.007^{a}	0.0528 ± 0.004^{ab}
จุดเก็บที่ 5	0.0097 ± 0.001^{a}	0.0344 ± 0.001^{a}	0.0328 ± 0.007^{a}	0.0463 ± 0.004^{a}
จุดเก็บที่ 6	0.0098 ± 0.001^{a}	0.0387 ± 0.001^{b}	0.0258 ± 0.007^{a}	0.0468 ± 0.004^{a}
จุดเก็บที่ 7	0.0129 ± 0.001^{ab}	0.0438 ± 0.001^{c}	0.0310 ± 0.007^{a}	0.0416 ± 0.004^{a}
จุดเก็บที่ 8	0.0101 ± 0.001^{a}	0.0396 ± 0.001^{b}	0.0282 ± 0.007^{a}	0.0618 ± 0.004^{b}

ตารางที่ ง.30 สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างหอย

จุดเก็บตัวอย่าง	แคดเมียม (Cd)	ทองแดง (Cu)	ตะกั่ว (Pb)	สังกะสี (Zn)
จุดเก็บที่ 1	0.0162 ± 0.004^{a}	0.1166 ± 0.040^{ab}	0.0487 ± 0.007^{bc}	0.1890 ± 0.018^{bc}
จุดเก็บที่ 2	0.0147 ± 0.004^{a}	0.1397 ± 0.040^{ab}	0.0381 ± 0.007^{bc}	0.2265 ± 0.018^{c}
จุดเก็บที่ 3	0.0105 ± 0.004^{a}	0.3263 ± 0.040^{c}	0.0283 ± 0.007^{ab}	0.3054 ± 0.018^{d}
จุดเก็บที่ 4	0.0106 ± 0.004^{a}	0.2310 ± 0.040^{bc}	0.0151 ± 0.007^{a}	0.1101 ± 0.018^{a}
จุดเก็บที่ 5	0.0096 ± 0.004^{a}	0.1697 ± 0.040^{ab}	0.0352 ± 0.007^{abc}	0.2384 ± 0.018^{c}
จุดเก็บที่ 6	0.0112 ± 0.004^{a}	0.0967 ± 0.040^{a}	0.0336 ± 0.007^{abc}	0.1864 ± 0.018^{bc}
จุดเก็บที่ 7	0.0119 ± 0.004^{a}	0.1197 ± 0.040^{ab}	0.0403 ± 0.007^{bc}	0.1186 ± 0.018^{a}
จุดเก็บที่ 8	0.0333 ± 0.004^{b}	0.1527 ± 0.040^{ab}	0.0531 ± 0.007^{c}	0.1625 ± 0.018^{ab}

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงใน ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางสถิติ

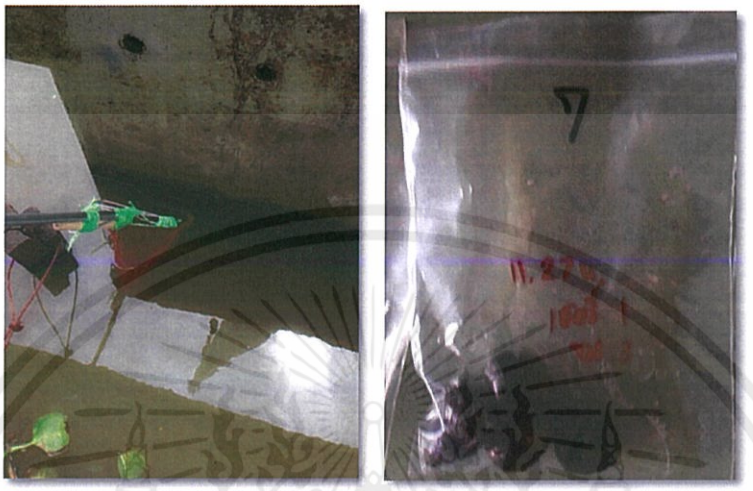
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

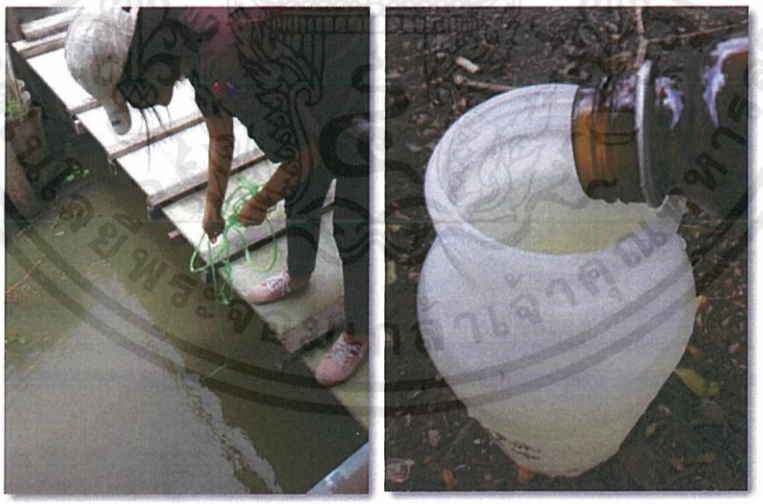
รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปภาพจากการทดลองต่าง ๆ



รูปที่ จ.1 การเก็บตัวอย่างหอย



รูปที่ จ.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

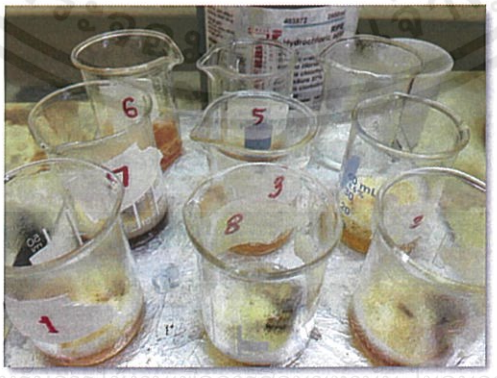
รูปที่ จ.3 การวัดพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้เครื่องวัดภาคสนาม

รูปที่ จ.4 ตัวอย่างหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.5 ตัวอย่างหอยที่แกะแล้ว

รูปที่ จ.6 การชั่งตัวอย่างหอย



รูปที่ จ.7 การย่อยตัวอย่างหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.8 การย่อยตัวอย่างน้ำ

รูปที่ จ.9 การกรองตัวอย่างหอยด้วย กระดาษกรอง No.2

รูปที่ จ.10 บรรจุสารละลายตัวอย่างหอย ที่ผ่านการกรองด้วย
กระดาษกรองเมมเบรนขนาด 0.45 μm ลงในขวดยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.11 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของโลหะหนักเพื่อทำกราฟมาตรฐาน

รูปที่ จ.12 เตรียมเครื่อง AAS ให้พร้อมใช้งาน

รูปที่ จ.13 การวิเคราะห์สารละลายตัวอย่างหอยโดยเครื่อง AAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.14 สารละลายกราฟมาตรฐาน

รูปที่ จ.15 สารละลายตัวอย่างน้ำ ทั้ง 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ จ.16 สารละลายตัวอย่างหอย ทั้ง 6 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้