การสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) ในหอยตลับ (Meretrix meretrix, Linnaeus, 1758) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) IN HARD CLAM (Meretrix meretrix, Linnaeus, 1758) LIVING WITHIN COASTAL AREA OF LAEM PHAK BIA RECEIVING EFFLUENT FROM PHETCHABURI MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM, LAEM PHAK BIA SUB DISTRICT, BAN LAEM DISTRICT, PHETCHABURI PROVINCE

เสถียรพงษ์ ขาวหิต[1*] *เกษม จันทร์แก้ว*[1,3] *วศิน อิงคพัฒนากุล*[2] *อรอนงค์ ผิวนิล*[1] *ชาตรี นิ่มปี*[1]

***Sateinpong Khowhit*[1*]**, *Kasem Chunkao*[1,3], *Wasin Inkapatanakul*[2], *Onanong Phewnil*[1], *Chatri Nimpee*[1]

[1]*ภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*

[1]*Department of Environment Science, Faculty of Environment, Kasetsart University.*

[2]*วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยศิลปากร.*

[2]*International College, Silpakorn University.*

[3]*ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ*

[3]*Director of the King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project.*

***Corresponding author, E-mail:** puiku_1213@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาการสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) ในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix meretrix,* Linnaeus, 1758) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยแบ่งการศึกษาหอยตลับประกอบศึกษาเนื้อเยื่อหอยตลับ เนื้อเยื่อหอยตลับต้ม และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเล และทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาน้ำทะเลลงต่ำสุดในเดือนกันยายน 2555 (ฤดูฝน) และมีนาคม 2556 (ฤดูร้อน) ผลการศึกษาพบว่า โลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ เนื้อเยื่อหอยตลับต้ม และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลมีความแตกต่างกัน และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลพบค่าอาร์เซนิก (As) มากที่สุด เท่ากับ 30.29 ไมโครกรัมต่อลิตร และปรอท (Hg) น้อยที่สุด เท่ากับ 00.15 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และเมื่อนำหอยตลับไปรับประทานแล้วไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: โลหะหนัก หอยตลับ (*Meretrix meretrix,* Linnaeus, 1758) พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย รองรับน้ำทิ้ง ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

Abstract

The study of accumulation of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) in hard clam (*Meretrix meretrix,* Linnaeus, 1758) living within coastal area of laem phak bia receiving effluent from phetchaburi municipal wastewater treatment system, laem phak bia sub district, ban laem district, phetchaburi province. The concentrations of heavy metals of hard clam are studied experiments; hard clam tissues, boiled hard clam tissues and sea-soaked hard clam tissues. This sample collection was monitored and recorded at the lowest sea levels in September 2012 (rainy season) and March 2013 (summer season). This study has found that hard clam shows statistically significant effect on heavy metals concentration in hard clam tissues, boiled hard clam tissues and sea-soaked hard clam tissues. The highest average concentrations that where recorded where of Arsenic, at 30.29 micrograms/liter (As) found in sea-soaked hard clam tissues. The lowest average concentrations were found to be Lead, recorded at 0.015 micrograms/liter (Hg) and found in sea-soaked hard clam tissues. These records do not exceed the present environmental safety standards. The hard clam in the treated water from the wastewater treatment system within these coastal areas are all safe to eat, in being edible and do not cause any harm after consumption

Keywords: Heavy Metals, Hard Clams (*Meretrix meretrix,* Linnaeus, 1758), Coastal Area of Receiving Effluent, Wastewater Treatment System

บทนำ

จากปัญหาน้ำเน่าเสียแม่น้ำเพชรบุรี พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชประสงค์แก้ปัญหาน้ำเสียแม่น้ำเพชรบุรี ทำการจัดตั้งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมฯ ปี 2533 โดยใช้หลักการใช้เทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยาก นำไปใช้ได้ง่ายทุกพื้นที่และประหยัดค่าใช้จ่ายภายใต้หลักการที่ว่าให้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ [1] หอยสองฝามีวงจรชีวิตอยู่บริเวณแหล่งนั้นไม่เคลื่อนที่ไปไหน กินอาหารโดยการกรองหายใจเข้าออกและมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลาจึงทำเกิดการสะสมโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและในตัวหอย หอยสองฝาจึงเป็นที่สัตว์น้ำที่นิยมนำใช้เป็นดัชนีชีวภาพทางสิ่งแวดล้อมในการประเมินปัญหามลพิษทางด้านทางทะเลโดยเฉพาะด้านโลหะหนักและตรวจสอบปัญหามลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้นๆ [2-4] ดังนั้นการศึกษาการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับซึ่งเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่เด่นที่สุดและสำคัญบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลโครงการฯ ซึ่งชาวประมงจับมาบริโภคเป็นจำนวนประมงได้ปีละ 250 ตัน และสร้างรายได้ 2.30 ล้านบาท มีรายได้สุทธิต่อคนเฉลี่ย 185.49 บาท/วัน คิดเป็นมูลค่าสัตว์น้ำประมาณคนละ 18,400 บาท/ปี [5] นอกจากนี้ยังเป็นการบ่งบอกประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนว่าสามารถที่บำบัดน้ำคุณภาพน้ำด้านโลหะหนักที่เกิดจากกิจกรรมชุมชนเมื่อผ่านระบบบำบัดปล่อยสู่ทะเลจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษทางทางทะเล ห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตระบบนิเวศวิทยาชายฝั่งทะเลรวมถึงชาวประมงเมื่อนำหอยตลับไปรับประทานแล้วจะไม่ส่งผลต่อสุขภาพและอนามัยของผู้บริโภคตามไปด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณการสะสมโลหะหนักในหอยตลับบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

2. ทำการเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยตลับกับค่ามาตรฐานและพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติที่ไม่ได้รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัด

3. ศึกษาการนำหอยตลับนำไปใช้ประโยชน์ (หอยตลับต้ม) และการลดความเข้มข้นของโลหะหนักโดยการแช่น้ำทะเล

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

การศึกษาบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัดละติจูด 14°42.240′ เหนือ ถึง 14°43.480′ เหนือ และลองจิจูด 06°17.780′ ตะวันออก ถึง 06°19.271′ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 1,250 ไร่ ดังภาพที่ 1

2. ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาที่น้ำทะเลต่ำสุด 2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม 2556) โดยที่ทำการเช็คข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน 30 ปี ย้อนหลังจังหวัดเพชรบุรี จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเก็บตัวอย่างและเป็นตัวแทนของฤดูกาล

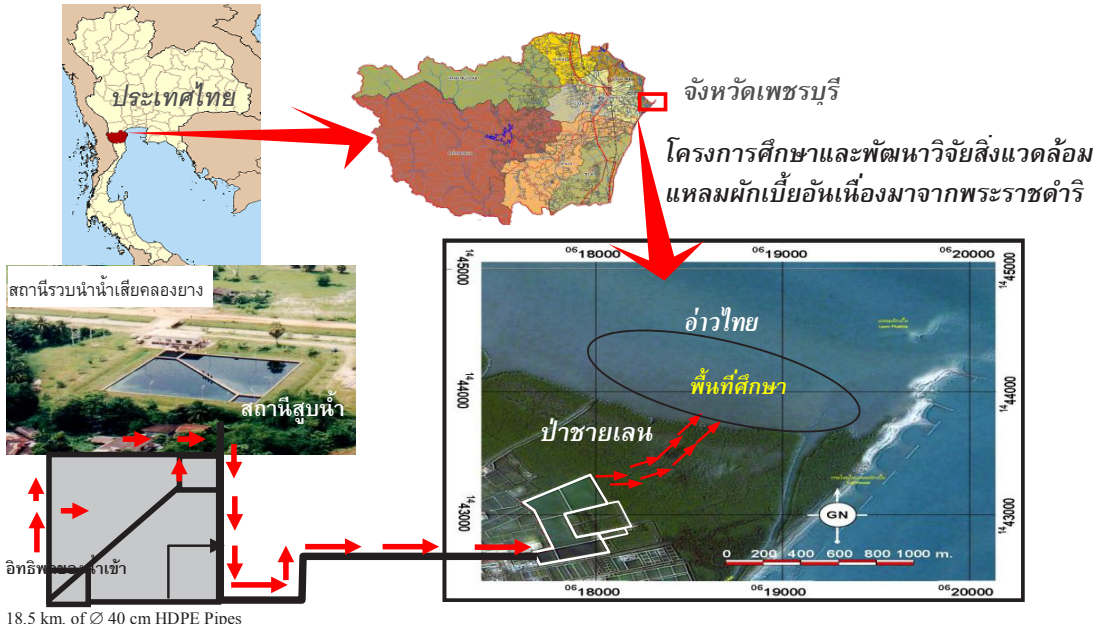
3. หอยตลับ (*Meretrix meretrix*)

3.1 การเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยตลับ

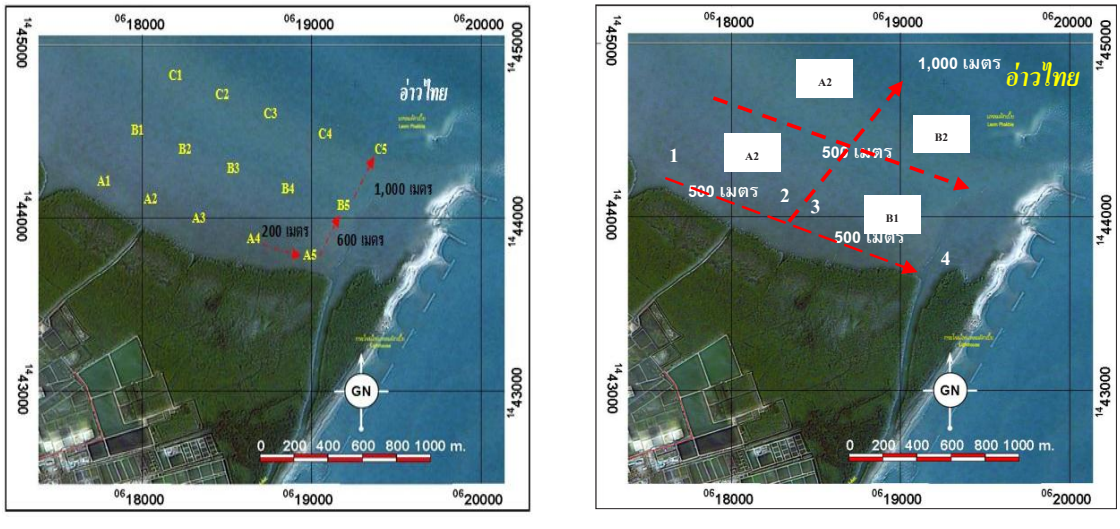
การเก็บรวบรวมหอยตลับใช้เจ้าหน้าที่ 3 คน และใช้อุปกรณ์คราดมือ โดยเก็บรวบรวมห่างจากชายฝั่งทะเลโครงการฯ ตั้งแต่ 200 เมตรขึ้นไป จนไปกระทั่งน้ำทะเลลงต่ำสุด (ประมาณ 1,000 เมตร) ให้กระจายครอบคลุมหอยตลับพื้นที่โครงการฯ ซึ่งการรวบรวมจะเก็บเอาเฉพาะหอยตลับขนาดใหญ่เท่านั้น หรือขนาดตั้งแต่ 4 เซนติเมตร เป็นต้นไป

3.2 การเตรียมตัวอย่างหอยตลับ

นำหอยตลับที่เก็บรวบรวมได้ จำนวน 3 กิโลกรัมต่อคน แบ่งออกเป็น 3 ทดลอง คือ 1) หอยตลับที่เก็บรวบรวมได้ตามธรรมชาติ จำนวน 1 กิโลกรัม ทำการแกะเปลือกแล่เนื้อหอย และทำการวัดปริมาตรน้ำในตัวหอยตลับด้วยกระบอกตวง 100 มิลลิลิตร 2) หอยตลับต้ม โดยนำหอยตลับจำนวน 1 กิโลกรัม (ไม่รวมเปลือก) ต้มกับน้ำจืด 1,000 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วทำการแกะเปลือกแล่เนื้อ 3) หอยตลับแช่น้ำทะเลโดยนำหอยตลับจำนวน 1 กิโลกรัมกับน้ำทะเล 1,000 มิลลิลิตร แช่ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการแกะเปลือกแล่เนื้อหลังจากนั้นนำเนื้อหอยตลับทั้ง 3 การทดลองบรรจุใส่ถุงพลาสติกและบรรจุใส่ถุงพลาสติกชั่งน้ำหนัก ติดฉลาก เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยตลับในกล่องพลาสติกอุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส แล้วนำตัวอย่างเนื้อและน้ำในตัวหอยตลับส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025) ต่อไป



ภาพที่ 1 พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



A B

ภาพที่ 2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง A) คุณภาพน้ำโลหะหนัก B) คุณภาพดินตะกอน

4. การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่ศึกษาในช่วงเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุดและน้ำลงต่ำสุด 3 (A-B-C) ระยะแต่ละระยะมี 5 จุด 1 ซ้ำ และแต่ละจุดห่างกัน 200 เมตร คือ A: ระยะห่างจากชายฝั่ง 200 เมตร (A1-A5) B: ระยะห่างจากชายฝั่ง 600 เมตร (B1-B5) C: ระยะห่างจากชายฝั่ง 1,000 เมตร (C1-C5) ดังภาพที่ 2A ทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำทะเลเดือนกันยายน 2555 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2556 (ฤดูร้อน) โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตร เติมกรดไนตริก 1:1 จำนวน 5 มิลลิลิตร เก็บรักษาในถังแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างน้ำทะเลส่งไปวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025)

5. การวิเคราะห์ตัวอย่างหอยตลับและน้ำทะเล

การวิเคราะห์โลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำหอยตลับและน้ำทะเลทำตามวิธีการ [6-7] ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำโลหะหนักประกอบด้วยค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท ค่านิกเกิล และค่าตะกั่วโดยวิธี Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

6. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

6.1 การวางแผนการเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ตัวอย่างดินตะกอนเก็บรวบรวมห่างจากชายฝั่งทะเลโครงการฯ ตั้งแต่ 200 เมตรขึ้นไปจนกระทั่งน้ำทะเลลงต่ำสุด (ประมาณ 1,000 เมตร) กำหนดจุดการเก็บรวบรวมตัวอย่าง 4 จุด ทำการเก็บรวบดินตะกอนแบบสุ่มตลอด 2 ระดับความลึก คือ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2B ครอบคลุมพื้นที่โครงการฯ โดยใช้ท่อพีวีซีความกว้าง 30 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บได้ใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้ทำการเก็บดินตะกอน 2 ครั้ง ในฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) และฤดูร้อน (เดือนมีนาคม 2556)

6.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บรวบรวมได้ผึ่งแดดในที่ร่มเป็นระยะเวลา 2 เดือน หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินตะกอนบดให้ละเอียดชั่งตัวอย่างดินตะกอน จำนวน 300 กรัม ทำการใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้การศึกษาโลหะหนักประกอบด้วยค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท ค่านิกเกิล และค่าตะกั่ว เตรียมดินตะกอนตามวิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6020) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) ส่วนโลหะหนักโครเมียม (Cr) ใช้วิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6010B) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Atomic emission Spectroscopy (ICP-AES)

7. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของโลหะหนักในหอยตลับแต่ละการทดลองใช้สถิติเชิงพรรณนา (Description Statistics)

ผลการวิจัย

1. หอยตลับ *(Meretrix meretrix)*

1.1 หอยตลับตามธรรมชาติ

ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำหอยตลับตามธรรมชาติมีความแตกต่างกัน ฤดูฝนมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าฤดูร้อน ซึ่งโลหะนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 15.56 ค่านิกเกิลเท่ากับ 04.12 ค่าแคดเมียมเท่ากับ 03.31 ค่าตะกั่วเท่ากับ 02.26 ค่าโครเมียมเท่ากับ 01.16 และค่าปรอทเท่ากับ 00.20 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โลหะหนักสะสมในน้ำตัวหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 03.42 ค่านิกเกิลเท่ากับ 00.65 ค่าตะกั่วเท่ากับ 00.44 ค่าโครเมียมเท่ากับ 00.28 ค่าแคดเมียมเท่ากับ

00.17 และค่าปรอทเท่ากับ 00.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.2 หอยตลับต้ม

ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำหอยตลับต้มมีความแตกต่างกัน ฤดูฝนมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าฤดูร้อน ซึ่งโลหะนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 11.52 ค่าตะกั่วเท่ากับ 03.72 ค่านิกเกิลเท่ากับ 02.31 ค่าแคดเมียมเท่ากับ 01.36 ค่าโครเมียมเท่ากับ 00.95 และค่าปรอทเท่ากับ 00.29 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โลหะหนักสะสมในน้ำตัวหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 02.43 ค่าตะกั่วเท่ากับ 01.07 ค่าแคดเมียมเท่ากับ 00.73 ค่าโครเมียมเท่ากับ 00.28 ค่านิกเกิลเท่ากับ 00.14 และค่าปรอทเท่ากับ 00.04 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.3 หอยตลับแช่น้ำทะเล

ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำหอยตลับแช่น้ำทะเลมีความแตกต่างกัน ฤดูฝนมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าฤดูร้อน ซึ่งโลหะนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 30.29 ค่านิกเกิลเท่ากับ 02.04 ค่าแคดเมียมเท่ากับ 01.31 ค่าตะกั่วเท่ากับ 01.22 ค่าโครเมียมเท่ากับ 00.71 และค่าปรอทเท่ากับ 00.15 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โลหะหนักสะสมในน้ำตัวหอยตลับมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกเท่ากับ 02.17 ค่านิกเกิลเท่ากับ 00.45 ค่าโครเมียมเท่ากับ 00.14 ค่าตะกั่วเท่ากับ 00.13 ค่าแคดเมียมเท่ากับ 00.10 และค่าปรอทเท่ากับ 00.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2. ค่าคุณภาพน้ำโลหะหนัก

ค่าคุณภาพน้ำโลหะหนักบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่าค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท ค่านิกเกิล และค่าตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.18 0.01 0.03 0.01 0.03 และ 0.03 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

3. ค่าคุณภาพโลหะหนักในดินตะกอน

ค่าคุณภาพดินตะกอนชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี พบว่าค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท ค่านิกเกิล และค่าตะกั่ว ในดินตะกอนพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.49 0.03 11.59 0.02 3.35 และ 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการสะสมโลหะหนักสะสมประกอบด้วยค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท ค่านิกเกิล และค่าตะกั่วในเนื้อเยื่อหอยตลับพื้นที่ศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด [8] พบว่าพื้นที่ศึกษามีการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับที่สูงกว่าชายฝั่งทะเลแหลมกลัด โดยที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำมากที่สุดรองลงมาเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติและเนื้อเยื่อหอยตลับต้มรวมถึงเมื่อการนำหอยตลับมาแช่น้ำทะเลไม่สามารถลดความเข้มข้นของโละหนักลงได้ แต่สามารถลดความเข้มข้นโลหะหนักโดยวิธีกาต้ม เช่นเดียวกันกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด เมื่อทำการการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานสากล [9-17] พบว่าหอยตลับบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยน้ำที่รองรับทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี อยู่เกณฑ์มาตรฐานทั้งในระดับประเทศและในระดับนานาชาติ ดังตารางที่ 1 ไม่มีความแตกต่างจากการศึกษาโลหะหนักในหอยสองฝา 6 ชนิด บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ได้แก่ หอยแครง *(Anadara granasa)* หอยตลับชนิดที่ 1 *(Marcia hiantina)*

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (μg/l, wet wt) และน้ำในตัว (μg/l) หอยตลับ (*Meretrix meretrix*)

หอยตลับ	ฤดูกาล	ดัชนี	โลหะหนัก					
			อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)
ตามธรรมชาติ	ฤดูฝน	เนื้อเยื่อ	20.06	05.23	01.77	00.24	05.94	03.09
	ฤดูร้อน	เนื้อเยื่อ	11.06	01.39	00.55	00.15	02.30	01.43
		ค่าเฉลี่ย	**15.56**	**03.31**	**01.16**	**00.20**	**04.12**	**02.26**
	ฤดูฝน	น้ำในตัว	04.30	00.22	00.42	00.02	00.94	00.73
	ฤดูร้อน	น้ำในตัว	02.53	00.12	00.13	00.02	00.36	00.14
		ค่าเฉลี่ย	**03.42**	**00.17**	**00.28**	**00.02**	**00.65**	**00.44**
ต้ม	ฤดูฝน	เนื้อเยื่อ	14.11	01.63	01.15	00.35	02.50	05.72
	ฤดูร้อน	เนื้อเยื่อ	08.93	01.08	00.74	00.23	02.12	01.72
		ค่าเฉลี่ย	**11.52**	**01.36**	**00.95**	**00.29**	**02.31**	**03.72**
	ฤดูฝน	น้ำต้ม	03.23	01.22	00.38	00.06	00.16	01.43
	ฤดูร้อน	น้ำต้ม	01.62	00.24	00.18	00.01	00.11	00.70
		ค่าเฉลี่ย	**02.43**	**00.73**	**00.28**	**00.04**	**00.14**	**01.07**
แช่น้ำทะเล	ฤดูฝน	เนื้อเยื่อ	49.90	01.39	00.89	00.16	02.05	01.23
	ฤดูร้อน	เนื้อเยื่อ	10.67	01.22	00.52	00.14	02.03	01.21
		ค่าเฉลี่ย	**30.29**	**01.31**	**00.71**	**00.15**	**02.04**	**01.22**
	ฤดูฝน	น้ำในตัว	02.60	00.11	00.15	00.02	00.47	00.13
	ฤดูร้อน	น้ำในตัว	01.73	00.09	00.13	00.02	00.43	00.12
		ค่าเฉลี่ย	**02.17**	**00.10**	**00.14**	**00.02**	**00.45**	**00.13**

หอยตลับ ชนิดที่ 2 *(Marcia marmorata)* หอยตลับชนิดที่ 3 *(Katelysia hiantina)* หอยตลับชนิดที่ 4 (*Katelysia marmorata)* และหอยเสียบ *(Phaxas attenuates)* พบค่าอาร์เซนิกมากที่สุดเช่นกัน [17] จากการศึกษาจะพบว่า ฤดูฝนมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าฤดูร้อนเนื่องจากในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนทำให้เกิดชะล้างของเสียที่เกิดจากกิจกรรมชุมชนเมืองเพชรบุรีและเมื่อน้ำที่รวบรวมผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดจึงทำให้บริเวณที่ศึกษาเป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในฤดูฝนสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) (μg/l, wet wt) เปรียบเทียบกับพื้นที่อ้างอิงชายฝั่งทะเลแหลมกลัดและค่ามาตรฐาน

ดัชนี/มาตรฐาน	โลหะหนัก						
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	ตะกั่ว (Pb)	นิกเกิล (Ni)	พื้นที่
หอยตลับตามธรรมชาติ	15.56	03.31	01.16	00.20	04.12	02.26	แหลมผักเบี้ย
หอยตลับตามธรรมชาติ	06.20	00.57	00.49	00.03	00.37	00.81	แหลมกลัด [8]
หอยตลับต้ม	11.52	01.36	00.95	00.29	02.31	03.72	แหลมผักเบี้ย
หอยตลับต้ม	05.23	00.54	00.85	00.03	00.64	02.67	แหลมกลัด [8]
หอยตลับแช่น้ำทะเล	30.29	01.31	00.71	00.15	02.04	01.22	แหลมผักเบี้ย
หอยตลับแช่น้ำทะเล	09.45	00.79	00.63	00.03	00.54	01.28	แหลมกลัด [8]
กระทรวงสาธารสุข [9]	2,000			500	1,000		
Department of Health [10]		3,000		1,000		4,000	
EC [11]		1,000		500		1,500	
FSANZ [12]		2,000				2,000	
FSVPS [13]		2,000		200		10,000	
HKEPD [14]	10,000	2,000		500		6,000	
MIFAFF [15]		2,000					
US FDA [16]		4,000				1,700	
China [17]	1,000	100		300		500	

โลหะหนักจะพบว่ามีค่าอาร์เซนิกมากที่สุด ซึ่งอาร์เซนิกมีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อนกว่าโลหะชนิดอื่นๆ และไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ เมื่อหอยตลับกินอาหารโดยการกรอง หายใจเข้าออก และมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลา จึงทำเกิดการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับที่มีปริมาณอาร์เซนิกสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมากตามไปด้วย ประกอบกับบริเวณพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่รองรับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วที่เกิดจากกิจกรรมชุมชนเมืองเพชรบุรีซึ่งพบอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ได้แก่ ผงซักฟอก คาร์โบไฮเดรต ไขมันและน้ำมัน สารเคมียาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลง [18] รวมทั้งอาร์เซนิก (As) มีในน้ำทะเลมีปริมาณอาร์เซนิกอยู่ระหว่าง 1.0 - 1.8 ไมโครกรัมต่อลิตรและจากการสึกกร่อนของพื้นผิวโลกหรือเปลือกโลกพบอยู่ 1,500 - 2,000 μg/l [19-20] ส่วนค่าโลหะหนักที่สะสมในดินตะกอนพบว่าตะกั่วมีค่ามากที่สุด 19.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งโลหะหนักที่สะสมในดินตะกอนไม่มีผลต่อการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับและไม่เป็นอันตรายต่อหอยตลับหรือสัตว์หน้าดิน [21-22] ที่อาศัยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

การศึกษาการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อและน้ำหอยประกอบด้วยค่าอาร์เซนิก ค่าแคดเมียม ค่าโครเมียม ค่าปรอท

ค่านิกเกิล และค่าตะกั่ว พบว่ามีค่าอาร์เซนิกมากที่สุดและค่าปรอทน้อยที่สุด โดยที่มีการสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำมากที่สุด รองลงมาเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติและเนื้อเยื่อหอยตลับต้ม ตามลำดับ ซึ่งการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อและน้ำหอยไม่แตกต่างจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติ และเมื่อการนำหอยตลับมาแช่น้ำทะเลไม่สามารถลดความเข้มข้นของโลหะหนักลงได้ แต่สามารถลดความเข้มข้นโลหะหนักโดยวิธีการต้ม เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสามารถที่จะนำไปบริโภคได้และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้โภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาและโครงการศึกษาและวิจัยสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Jittisa Ketkaew; Patompong Leksomboon; Tapakorn Luangaramvej; Tuptim Jarusreni; Adam Hoyt; Jame Loy; Michelle Ly; & Silvia Zamora-Palacios. (2012, March). *Assessment of Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project's Outreach Program.* Worcester Polytechnic Institute, Chulalongkorn University.

[2] Miren Cajaraville; Maria Bebianno; Jualian Blasco; Cinta Porte; Sarasquete Carmen; & Aldo Viarengo. (2000, March). The Use of Biomarkers to Assess the Impact of Pollution in Coastal Environments of the Iberian Peninsula: A Practical Approach. *Science of the Total Environment.* 247: 295-311.

[3] Hamad Alyahya; Amel El-Gendy; Saleh Farraj; & Magdy El-Hedeny. (2010, May). Evaluation of Heavy Metal Pollution in the Arabian Gulf Using the Clam *Meretrix meretrix* Linnaeus, 1758. *Water Air Soil Pollution*. 214: 499-507.

[4] Ngugen Phu Cam Tu; Ngugen Ngoc Ha; Testuro Agusa; Tokutaka Ikemoto; Tugen Bui Tuyen; Shinsuke Tanabe; & Ichiro Takeuchi. (2010, Jun). Concentrations of Trace Elements in *Meretrix* spp. (Mollusca: Bivalva) Along the Coasts of Vietnam. *Fisheries Science*. 76: 677-686.

[5] Sateinpong Khowhit; Wasin Inkapatanakul; Onanong Phewnil; Anukorn Boutson; & Kasem Chunkao. (2014, December). The Coastal Water Quality Change by Effluent Discharging from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System: The King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province, Thailand. *Environment and Natural Resources Journals.* 12(2): 58-65.

[6] APHA, AWWA; & WEF. (2009). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.* Washington: American Public Health Association (APHA).

[7] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official Method of Analysis.* 15th ed. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.

[8] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; อนุกรณ์ บุตรสันติ์; และ เกษม จันทร์แก้ว. (2557). ความเข้มข้นของโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Pb, Hg และ Ni) ในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด. ใน *เอกสารการประชุมวิชาการครั้งที่ 52. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 4 - 7 กุมภาพันธ์ 2014,* หน้า 311-320. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[9] กระทรวงสาธารณสุข. (2529). พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร. ใน *ประกาศกระทรวงสาธารณสุข.* ฉบับที่ 98. กระทรวงฯ.

[10] Department of Health (South Africa). (2003). *Regulation Relating to Maximum Levels for Metals in Foodstuffs :* Amendment. No. R, p. 358.

[11] EC (European Commission). (2006). *Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs.* Commission regulation (EC) No. 1881/2006. Official Journal of the European Union.

[12] FSANZ (Food Standards Australia New Zealand Authority). (1996). *Australian Government Publishing Service,* Canberra.

[13] FSVPS (Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance). (2015). Retrieved Jun 6, 2015, from http://www.fsvps.ru/fsvps/main.html?_language=en

[14] HKEPD (Hong Kong Environmental Protection Department). (1997). *Marine Water Quality in Hong Kong in 1997,* Government Printer Hong Kong.

[15] MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). (2015). Retrieved Jun 6, 2015, from http://eng.kfda.go.kr/index.php

[16] USFDA (Food & Drug Administration of the United States). (1990). *US Food and Drug Administration. Shellfish Sanitation Branch,* Washington, DC.

[17] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และ อนุกรณ์ บุตรสันติ์. (2556, กรกฎาคม-ธันวาคม). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) สะสมในเนื้อเยื้อหอยสองฝาที่กินได้ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน เทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. *วารพิษวิทยาไทย.* 28(2): 17-26.

[18] Meinrat Andreae; & Philip Froelich. (1984, April). Arenic, Antimony and Germaium Biogeochemistry in the Baltic Sea. *Tellus*. 36B: 101-117.

[19] NAS. (1977). *Medical and Biology Effects of Environmrnt Pollutants*: *Arsenic*. National Academy of Sciences, Washington D.C. UAS.

[20] James Sander. (1980). Arsenic Cycling in the Marine System. *Marine environmental research*. 3(4): 257-266.

[21] เสถียรพงษ์ ขาวหิต; เกษม จันทร์แก้ว; วศิน อิงคพัฒนากุล; อรอนงค์ ผิวนิล; และอนุกรณ์ บุตรสันต์. (2556, กรกฎาคม-ธันวาคม). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอน บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. *วารพิษวิทยาไทย.* 28(2): 27-36.

[22] Mahd Harun Abdullah; Jovita Sidi; & Ahmad Zaharin Aris. (2007, July). Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in Meretrix meretrix Röding, Water and Sediments from Estuaries in Sabah, North Borneo. *International Journal of Environmental and Science Education*. 2(3): 69-74.