



การประเมินโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ
(*Meretrix casta*, Gmelin, 1791) บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ย
พื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีตำบล
แหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

Assessment of Heavy Metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb)
Accumulation in Tissue of Hard Clam (*Meretrix casta*, Gmelin,
1791) in Mudflat of Laem Phak Bia, the Area Receiving Effluent
from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System,
Laem Phak Bia Sub District, Ban Laem District,
Phetchaburi Province

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต^{1*} เกษม จันทร์แก้ว^{1,3} วศิน อิงคพัฒนากุล² และ อรอนงค์ ผิวนิล¹
¹ภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
²วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยศิลปากร เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170
³โครงการศึกษาริวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย
อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี 76100

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

บทคัดย่อ

การประเมินโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) ที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix casta*, Gmelin, 1791) ที่พบอาศัยอยู่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ย พื้นที่รองรับน้ำที่ได้รับการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี บำบัดด้วยเทคโนโลยีแบบง่าย ตามหลักการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ ประกอบด้วย ระบบ 1) บ่อบำบัด 2) พืชและหญ้ากรอง 3) พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และ 4) แปลงป่าชายเลน โดยเก็บตัวอย่างหอยตลับในช่วงน้ำทะเลลดต่ำสุดในเดือนกันยายน 2555 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2556 (ฤดูแล้ง) แบ่งหอยตลับออกเป็น 3 ชุดทดลอง ได้แก่ เนื้อเยื่อหอยตลับธรรมชาติ เนื้อเยื่อ

หอยตลับต้ม และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเล และนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) ผลการศึกษาพบว่าการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับธรรมชาติ เนื้อเยื่อหอยตลับต้ม และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเล ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยที่ในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลพบอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.01468 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในเนื้อเยื่อหอยตลับพบปรอท (Hg) มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.00023 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับที่พบอาศัยในบริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และไม่เป็นอันตรายเมื่อรับประทาน

ABSTRACT

An assessment of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) accumulating in hard clam (*Meretrix casta*, Gmelin, 1791) was examined in clam found in mud flat area of Laem Phak Bia, the area receiving effluent treated wastewater from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System Laem Phak Bia Sub District, Ban Laem District, Phetchaburi Province. A simple technology based on nature-by-nature purifying processes was used including 1) oxidation ponds 2) plant and grass filtration 3) constructed wetland 4) mangrove forest filtration. Samples were collected during the lowest sea levels in September 2012 (Rainy season) and March 2013 (Dry season). Three sets of clam tissues including the original, boiled and sea-soaked hard clam tissues were analyzed using Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) and Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES). Statistical results showed no significance amount of heavy metals with $p>0.05$ among those three sets. The highest value of Arsenic (As), at 0.01468 milligrams/kilograms was found in sea-soaked tissues, whereas the lowest value of Lead (Hg), at 0.00023 milligrams/kilograms was found in original tissue. The concentration of heavy metals in tissues of clam living in mud area of Lam Phak Bia is at standard level which is safe for eating.

คำสำคัญ: โลหะหนัก หอยตลับ (*Meretrix casta*, Gmelin, 1791)

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี

Keywords: Heavy Metals, Hard Clam (*Meretrix casta*, Gmelin, 1791),

Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System

บทนำ

หอยตลับ (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม บริเวณกลางตัวนูนออก เปลือกบาง ผิวเปลือกมันวาวและมีลายเล็กน้อย มี

สีน้ำตาลอ่อน บางชนิดเป็นสีน้ำตาลแดง และบางชนิดเปลือกเป็นสีขาวไม่มีลาย เป็นสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปัจจุบันยังไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงหอย

ดลัปลได้ จะพบในธรรมชาติตามบริเวณชายฝั่งทะเลเท่านั้น มักอาศัยอยู่ในบริเวณที่เป็นหาดเลนดินตะกอนชนิดดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ในช่วงความเค็มระหว่าง 25-29 psu คลื่นทะเลสงบไม่แรง มักพบฝังตัวในดินตะกอนที่ความลึก 5-15 เซนติเมตร ที่ระดับเสมอกับผิวดินตะกอนทราย โดยทำมุมลาดเอียงไม่เกิน 20 องศา กินแพลงก์ตอนพืชพวกไดอะตอมชนิด *Coscinodiscus* sp. มีการกระจายหลายพื้นที่ของอำเภอไทยและทะเลอันดามัน ตามบริเวณแหลมกลัด จังหวัดตราด อำเภอกระเบน จังหวัดจันทบุรี บ้านเพ จังหวัดระยอง อ่างศิลา หาดบางละมุง จังหวัดชลบุรี ดอนหอยหลอด จังหวัดสมุทรสงคราม อำวะมะนาว จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อำวะพังกา จังหวัดชุมพร อำวะท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี อำวะปัตตานี จังหวัดปัตตานี ตากใบ จังหวัดนราธิวาส ปะเหลียน จังหวัดตรัง อำวะลิก จังหวัดกระบี่ และดอนหอยดลัปล จังหวัดพังงา

ชุมชนเขตเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีการตั้งบ้านเรือนบริเวณริมแม่น้ำเพชรบุรี จึงมีการระบายน้ำเสียจากชุมชนลงสู่แม่น้ำเพชรบุรีโดยตรง และประชากรในเขตเทศบาลมีการขยายเพิ่มอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมากถึง 9,861.60 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งเป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการใช้น้ำของมนุษย์ทั้งสิ้น 7,889.20 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นในปี พ.ศ. 2533 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้จัดตั้งโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อแก้ปัญหาหาน้ำเน่าเสียในแม่น้ำเพชรบุรีโดยใช้เทคโนโลยีแบบง่าย ตามแบบหลักการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยระบบ 1) บ่อบำบัด 2) พืชและหญ้ากรอง 3) พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และ 4) แปลงป่าชายเลน เมื่อน้ำเสียชุมชนผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยลงสู่หาดเลน แหลมผักเบี้ย ส่งผลทำให้สัดส่วนของเนื้อดินตะกอนเปลี่ยนไป

จึงทำให้สามารถพบหอยดลัปลในบริเวณนี้ได้ ทั้งนี้ไม่เคยมีรายงานการพบหอยดลัปลชนิดนี้ก่อนหน้าการก่อตั้งโครงการ ในปัจจุบันหอยดลัปลได้กลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำคัญและเด่นที่สุด ทำให้เป็นการสร้างรายได้ให้กับชาวประมง นอกจากนี้ยังสามารถทำประมงได้ตลอดทั้งปี ซึ่งมีปริมาณการจับสูงถึง 186 ตันต่อปี (รณิดา, 2555; เสถียรพงษ์และคณะ, 2558a) อย่างไรก็ตามยังมีชาวประมงบางส่วนไม่กล้าจับหอยดลัปลเนื่องจากกลัวโลหะหนักที่สะสมในตัวหอยดลัปลจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2556a) ปกติหอยดลัปลมีวงจรชีวิต เติบโตอยู่อาศัยและฝังตัวในดินตะกอนบริเวณแหล่งนั้น ไม่เคลื่อนที่ไปไหน หายใจเข้าออกและมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลาจึงอาจเกิดการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อได้ (Ahmed and Abdallah, 2013; Rabaoui et al, 2014; Makarenko and Baychorov, 2014) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจปริมาณการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยดลัปล ที่อาศัยในบริเวณหาดเลน แหลมผักเบี้ยพื้นที่รองรับน้ำบำบัดจากชุมชน เพื่อใช้หอยดลัปลเป็นตัววัดคุณภาพน้ำที่บำบัดแล้วให้ได้มาตรฐาน และไม่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลพิษทางทะเล ห่วงโซ่อาหาร และระบบนิเวศวิทยาทางชายฝั่งทะเล

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่บริเวณหาดเลน โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัดละติจูด $14^{\circ}42.240'$ เหนือถึง $14^{\circ}43.480'$ เหนือ และลองจิจูด $06^{\circ}17.780'$ ตะวันออกถึง $06^{\circ}19.271'$ ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 1,250 ไร่ มีการรวบรวมน้ำเสียจาก

เทศบาลเมืองเพชรบุรีส่งผ่านท่อลำเลียงระยะทางประมาณ 18.50 กิโลเมตร สามารถรองรับน้ำเสียได้วันละ 10,000 ลูกบาศก์เมตร โครงการฯ สามารถรองรับน้ำเสียได้ทั้งหมดประมาณ 300,000 ลูกบาศก์เมตร และมีการบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยระบบ 1) บ่อบำบัด 2) พืชและหญ้ากรอง 3) พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และ 4) แปลงป่าชายเลน หลังจากนั้นน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกปล่อยสู่หาดเลนต่อไป ดังรูปที่ 1

2. ช่วงเวลาและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

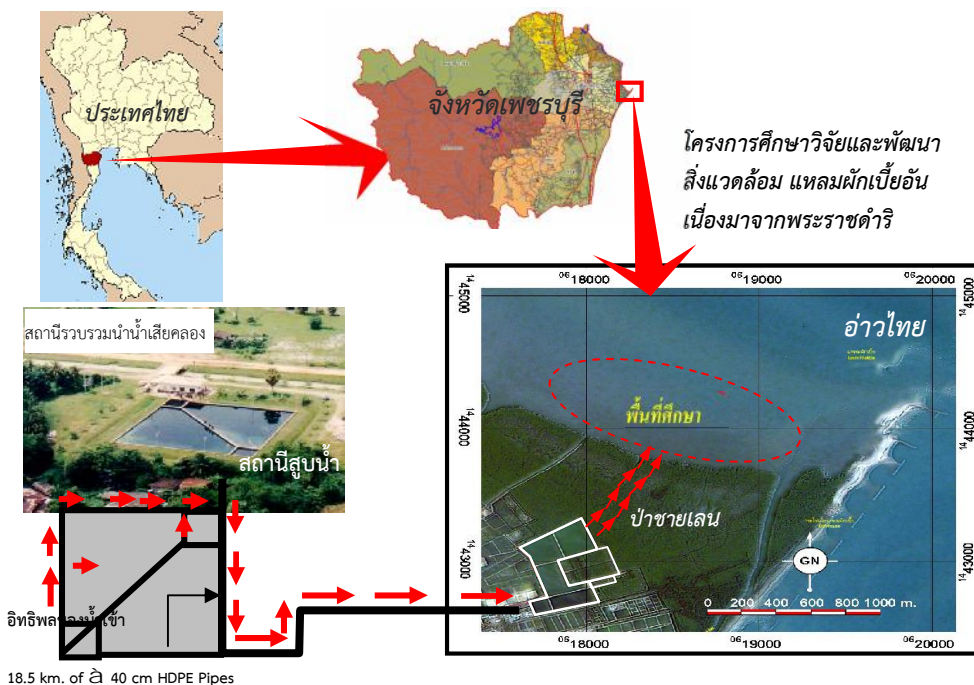
ทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนในช่วงเวลาที่น้ำทะเลต่ำสุด 2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม 2556) โดยกำหนดพื้นที่เป็น 4 โซน ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร คือโซน A ความยาว

A0 - B0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล A500 - B500; โซน B ความยาว A600 - B600 ความลึกจากชายฝั่งทะเล A 1,000 - B 1,000; โซน C ความยาว C0 - D0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล C500 - C500; โซน D ความยาว C600 - D600 ความลึกจากชายฝั่งทะเล C 1,000 - D 1,000 ดังรูปที่ 2

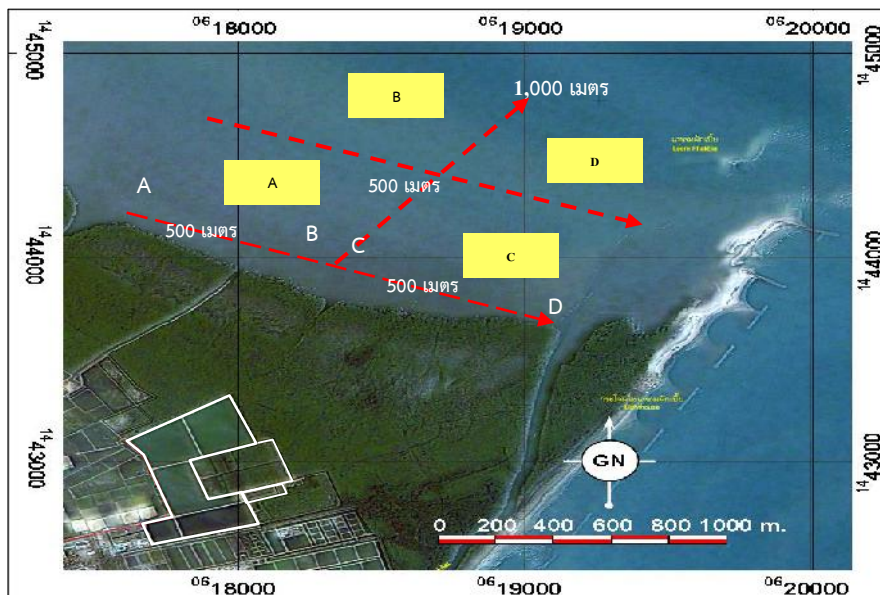
3. หอยตลับ

3.1 การเก็บรวบรวมตัวอย่างหอยตลับ

ทำการเก็บรวบรวมหอยตลับโดยใช้เจ้าหน้าที่โซนละ 3 คนรวมเป็น 12 คนและใช้อุปกรณ์คราดมือ โดยเก็บรวบรวมหอยตลับตามข้อ 2 ให้กระจายคลุมพื้นที่หาดเลนโครงการฯ โดยเก็บเฉพาะหอยตลับขนาดใหญ่ขนาดตั้งแต่ 4 เซนติเมตร ขึ้นไปเท่านั้น



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาหาดเลนแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



รูปที่ 2 พื้นที่เก็บตัวอย่างหอยตลับ บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

3.2 การเตรียมตัวอย่างหอยตลับ

นำหอยตลับที่เก็บรวบรวมได้จำนวน 3 กิโลกรัม/คน/โซนรวมกัน แล้วแบ่งออกเป็น 3 ชุด ชุดละ 1 กิโลกรัม ดังนี้ 1) หอยตลับตามธรรมชาติแกะเปลือกและแลเนื้อหอย 2) หอยตลับต้ม แกะเปลือกแล้วเนื้อหอยต้มกับน้ำจืด 1,000 มิลลิลิตร (ไม่รวมเปลือก) เป็นระยะเวลา 15 นาที ทั้งไว้ให้เย็น 3) หอยตลับแช่น้ำทะเล (ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร) แช่น้ำทะเลเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วแกะเปลือกแล้วเนื้อและเติมน้ำ 100 มิลลิลิตร นำทั้ง 3 ชุดทดลองบรรจุใส่ถุงพลาสติก ซึ่งน้ำหนัก ตีฉลาก เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยใส่ลงในถังพลาสติก ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025) ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างหอยตลับ

การวิเคราะห์โลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยตลับทำตามวิธีการ AOAC, (2005); APHA, (2005) ทำการวิเคราะห์โลหะหนักประกอบด้วยอาร์เซนิก (As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb) โดยวิธี Inductively Couple Plasma- Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติของโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยตลับแต่ละการทดลองใช้โปรแกรม SPSS แบบ Paired-samples T-Test และ One way ANOVA

ผลการวิจัย

1. ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมหอยตลับตามธรรมชาติ

1.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.01125 mg/kg รองลงมา นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00256 mg/kg, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00066 mg/kg, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00062 mg/kg, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00060 mg/kg และ

ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00023 mg/kg ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำในหอยตลับตามธรรมชาติในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนักน้ำในหอยตลับฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำในหอยตลับตามธรรมชาติพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.00521 mg/L รองลงมา นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00084 mg/L, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00017 mg/L, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00010 mg/L, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00005 mg/L และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00001 mg/L ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และ น้ำในหอยตลับตามธรรมชาติ (mg/L)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value	
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
ฤดูฝน								
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน A ตามธรรมชาติ	0.01175	0.00062	0.00053	0.00030	0.00316	0.00074	0.000**	
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน B ตามธรรมชาติ	0.01278	0.00063	0.00086	0.00030	0.00311	0.00070		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน C ตามธรรมชาติ	0.01148	0.00063	0.00064	0.00030	0.00273	0.00053		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน D ตามธรรมชาติ	0.01368	0.00075	0.00067	0.00030	0.00342	0.00061		
ค่าเฉลี่ย	0.01243	0.00066	0.00068	0.00030	0.00311	0.00065		
ฤดูแล้ง								
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน A ตามธรรมชาติ	0.00793	0.00042	0.00055	0.00011	0.00135	0.00043		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน B ตามธรรมชาติ	0.01336	0.00067	0.00080	0.00020	0.00242	0.00057		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน C ตามธรรมชาติ	0.00944	0.00057	0.00076	0.00013	0.00198	0.00070		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน D ตามธรรมชาติ	0.00953	0.00059	0.00046	0.00015	0.00226	0.00050		
ค่าเฉลี่ย	0.01007	0.00057	0.00064	0.00015	0.00203	0.00055		
ค่าเฉลี่ยเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติ	0.01125	0.00062	0.00066	0.00023	0.00256	0.00060		mg/kg

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และ น้ำในตัวอย่างตามธรรมชาติ (mg/L) (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value	
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
ฤดูฝน								
น้ำในตัวอย่างโคลน A ตามธรรมชาติ	0.00119	0.00004	0.00015	0.00001	0.00972	0.00009	0.000**	
น้ำในตัวอย่างโคลน B ตามธรรมชาติ	0.00111	0.00005	0.00018	0.00001	0.00911	0.00008		
น้ำในตัวอย่างโคลน C ตามธรรมชาติ	0.00129	0.00005	0.00019	0.00001	0.00833	0.00009		
น้ำในตัวอย่างโคลน D ตามธรรมชาติ	0.00096	0.00005	0.00018	0.00001	0.00800	0.00007		
ค่าเฉลี่ย	0.00780	0.00005	0.00018	0.00001	0.00114	0.00009		
ฤดูแล้ง								
น้ำในตัวอย่างโคลน A ตามธรรมชาติ	0.00264	0.00005	0.00015	0.00001	0.00057	0.00015		
น้ำในตัวอย่างโคลน B ตามธรรมชาติ	0.00173	0.00003	0.00012	0.00001	0.00046	0.00007		
น้ำในตัวอย่างโคลน C ตามธรรมชาติ	0.00291	0.00005	0.00016	0.00001	0.00053	0.00008		
น้ำในตัวอย่างโคลน D ตามธรรมชาติ	0.00318	0.00004	0.00016	0.00001	0.00052	0.00009		
ค่าเฉลี่ย	0.00262	0.00004	0.00015	0.00001	0.00053	0.00010		
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวอย่างตามธรรมชาติ	0.00521	0.00005	0.00017	0.00001	0.00084	0.00010	mg/L	

2. ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมของหอยตลับต้ม

2.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อของหอยตลับต้มในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับต้มฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับต้มพบว่าค่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.01197 mg/kg รองลงมานิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00590 mg/kg, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00212 mg/kg, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00143 mg/kg, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00128 mg/kg และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00032 mg/kg ดังตารางที่ 2

2.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำดื่มของหอยตลับในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนักในน้ำดื่มหอยตลับฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความ

เข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำดื่มของหอยตลับพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.00215 mg/L รองลงมานิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00153 mg/L, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00015 mg/L, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00006 mg/L, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00006 mg/L และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002 mg/L ดังตารางที่ 2

3. ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในหอยตลับแช่น้ำทะเล

3.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.01468 mg/kg รองลงมานิกเกิล

(Ni) เท่ากับ 0.00419 mg/kg, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00116 mg/kg, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00092 mg/kg, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00079 mg/kg และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00048 mg/kg ตามลำดับ ตารางที่ 3

3.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำในตัวอย่างหอยตลับแช่น้ำทะเลในฤดูฝนกับฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) มีการสะสมโลหะหนัก

น้ำในตัวอย่างหอยตลับแช่น้ำทะเลฤดูฝนมีค่าสูงกว่าฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.00460 mg/L รองลงมา निकเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00064 mg/L, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00019 mg/L, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00014 mg/L, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00005 mg/L และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00002 mg/L ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และ น้ำในตัวอย่างหอยตลับต้ม (mg/L)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value	
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
ฤดูฝน								
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน A ต้ม	0.01878	0.00198	0.00228	0.00043	0.01013	0.00451	0.000**	
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน B ต้ม	0.01627	0.00161	0.00174	0.00040	0.00866	0.00192		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน C ต้ม	0.01686	0.00166	0.00157	nd	0.00891	0.00289		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน D ต้ม	0.01505	0.00158	0.00143	nd	0.00719	0.00153		
ค่าเฉลี่ย	0.01674	0.00171	0.00176	0.00042	0.00872	0.00271		
ฤดูแล้ง								
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน A ต้ม	0.00547	0.00063	0.00095	0.00015	0.00196	0.00107		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน B ต้ม	0.00446	0.00054	0.00117	0.00015	0.00158	0.00077		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน C ต้ม	0.00988	0.00125	0.00146	0.00029	0.00465	0.00225		
เนื้อเยื่อหอยตลับโซน D ต้ม	0.00900	0.00103	0.00079	0.00027	0.00412	0.00200		
ค่าเฉลี่ย	0.00720	0.00086	0.00109	0.00022	0.00308	0.00152		
ค่าเฉลี่ยเนื้อเยื่อหอยตลับต้ม	0.01197	0.00128	0.00143	0.00032	0.00590	0.00212	mg/kg	
ฤดูฝน								
น้ำในตัวอย่างหอยตลับโซน A ต้ม	0.00293	0.00005	0.00014	0.00002	0.00172	0.00007	0.000**	
น้ำในตัวอย่างหอยตลับโซน B ต้ม	0.00282	0.00005	0.00016	0.00001	0.00192	0.00007		
น้ำในตัวอย่างหอยตลับโซน C ต้ม	0.00285	0.00006	0.00014	0.00001	0.00203	0.00007		
น้ำในตัวอย่างหอยตลับโซน D ต้ม	0.00278	0.00006	0.00014	0.00001	0.00201	0.00004		
ค่าเฉลี่ย	0.00284	0.00006	0.00015	0.00002	0.00192	0.00007		

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และ น้ำในตัวอย่างตลับตัม (mg/L) (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)	
ฤดูแล้ง							
น้ำในตัวอย่างตลับตัม A ตัม	0.00154	0.00006	0.00014	0.00001	0.00098	0.00004	0.000**
น้ำในตัวอย่างตลับตัม B ตัม	0.00149	0.00006	0.00013	0.00001	0.00089	0.00004	
น้ำในตัวอย่างตลับตัม C ตัม	0.00138	0.00006	0.00015	0.00001	0.00131	0.00006	
น้ำในตัวอย่างตลับตัม D ตัม	0.00139	0.00006	0.00016	0.00001	0.00137	0.00006	
ค่าเฉลี่ย	0.00146	0.00006	0.00015	0.00001	0.00114	0.00005	
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวอย่างตลับตัม	0.00215	0.00006	0.00015	0.00002	0.00153	0.00006	mg/L

nd= not data

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และน้ำในตัวอย่างตลับแช่น้ำทะเล (mg/L)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)	
ฤดูฝน							
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม A แช่น้ำทะเล	0.01802	0.00104	0.00086	0.00033	0.00571	0.00200	0.000**
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม B แช่น้ำทะเล	0.01673	0.00107	0.00096	nd	0.00587	0.00105	
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม C แช่น้ำทะเล	0.01688	0.00084	0.00083	nd	0.00533	0.00097	
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม D แช่น้ำทะเล	0.01803	0.00121	0.00073	0.00125	0.00529	0.00194	
ค่าเฉลี่ย	0.01745	0.00104	0.00085	0.00079	0.00555	0.00149	
ฤดูแล้ง							
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม A แช่น้ำทะเล	0.00783	0.00046	0.00051	0.00011	0.00168	0.00066	0.000**
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม B แช่น้ำทะเล	0.00850	0.00054	0.00038	0.00012	0.00159	0.00040	
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม C แช่น้ำทะเล	0.01433	0.00097	0.00064	0.00022	0.00346	0.00122	
เนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัม D แช่น้ำทะเล	0.01704	0.00117	0.00133	0.00023	0.00455	0.00104	
ค่าเฉลี่ย	0.01193	0.00079	0.00072	0.00017	0.00282	0.00083	
ค่าเฉลี่ยเนื้อเยื่อตัวอย่างตลับตัมแช่น้ำทะเล	0.01468	0.00092	0.00079	0.00048	0.00419	0.00116	mg/kg

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และน้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล (mg/L) (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก (mg/kg)						P-value
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)	
ฤดูฝน							
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล A	0.00959	0.00007	0.00017	0.00002	0.00095	0.00042	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล B	0.00812	0.00006	0.00021	0.00003	0.00081	0.00016	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล C	0.00844	0.00005	0.00022	0.00001	0.00099	0.00015	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล D	0.00017	nd	0.00015	0.00001	0.00020	0.00001	
ฤดูแล้ง							
ค่าเฉลี่ย	0.00658	0.00006	0.00019	0.00002	0.00074	0.00019	0.000**
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล A	0.00251	0.00004	0.00016	0.00003	0.00051	0.00009	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล B	0.00211	0.00004	0.00015	0.00001	0.00047	0.00008	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล C	0.00285	0.00004	0.00011	0.00002	0.00050	0.00008	
น้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล D	0.00296	0.00004	0.00034	0.00001	0.00063	0.00010	
ค่าเฉลี่ย	0.00261	0.00004	0.00018	0.00002	0.00053	0.00009	
ค่าเฉลี่ยน้ำในตัวอย่างผักแช่น้ำทะเล	0.00460	0.00005	0.00019	0.00002	0.00064	0.00014	mg/L

nd= not data

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการประเมินโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีเปรียบเทียบกับพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราดพบว่าพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยมีการสะสมโลหะหนักในหอยตลับมีความแตกต่างกันตามโซนและระยะห่างจากชายฝั่งทะเลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) (ดังตารางที่ 1; ดังตารางที่ 2; ดังตารางที่ 3) มีโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับที่สูงกว่าพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2557) ชนิดของโลหะหนักสะสมอาร์เซนิกมีการสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมากที่สุดและปรอทมีการสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับน้อยที่สุดและพบการสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำ

มากที่สุดรองลงมาเนื้อเยื่อหอยตลับต้มและเนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขและในระดับนานาชาติ (กระทรวงสาธารณสุข, 2529; USFDA, 1994; FSANZ, 1996; HKEPD, 1997; Department of Health (South Africa), 2003; Zhang et al, 2004; EC (European Commission) 2006; FSVPS, 2014; MIFAFF, 2014) พบว่าหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (ดังตารางที่ 4) หอยตลับสามารถนำไปบริโภคโดยไม่เป็นอันตรายและไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย มีการสะสมโลหะในฤดูฝนมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าฤดูแล้งเพราะว่าในฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนชะล้างของเสียที่เกิดจากกิจกรรมชุมชนเมืองเพชรบุรีและเมื่อน้ำที่รวบรวมผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดจึงทำให้พื้นที่บริเวณศึกษาเป็นพื้นที่หาด

เลนที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน เทศบาลเมืองเพชรบุรีในฤดูฝนสูงตามไปด้วย (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558b) การสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับมีความสัมพันธ์กับขนาดของหอยตลับ คุณภาพน้ำโลหะหนักและลักษณะพื้นที่บริเวณที่ทำการศึกษ เพราะหอยตลับกินอาหารโดยการกรองหายใจเข้าออกและมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลา หอยตลับขนาดเล็กหอยตลับมีระยะเวลาในการฝังตัวในดินตะกอนไม่นานทำให้มีการสะสมโลหะหนักในปริมาณที่น้อยแตกต่างกับหอยตลับขนาดใหญ่มีระยะเวลาในการฝังตัวในดินตะกอนค่อนข้างยาวนาน ทำให้มีการสะสมโลหะหนักในปริมาณที่มากส่งผลทำให้ขนาดมีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับที่แตกต่างกันตามไปด้วย (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558c; เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558; เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558e; Wang et al, 2005; Tu et al., 2010)

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านโลหะหนักพบว่าอาร์เซนิก (As) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.18 ไมโครกรัมต่อลิตรและปรอท (Hg) มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.01 $\mu\text{g/L}$ (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558f) สอดคล้องกับโลหะหนักที่มีการสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมี

ปริมาณค่าอาร์เซนิกมากตามไปด้วย นอกจากนี้อาร์เซนิกมีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อนกว่าโลหะชนิดอื่นๆ ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ ได้แก่ ผงซักฟอก คาร์โบไฮเดรต ไขมันและน้ำมัน สารเคมียาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลง (มธุรสและจุฑามาศ, 2549; ฐิติยา, 2551) รวมทั้งอาร์เซนิกมีในน้ำทะเลระหว่าง 1.00 - 1.80 $\mu\text{g/L}$ และการสีกร่อนของพื้นผิวโลกหรือเปลือกโลกพบอยู่ 1.50 - 2.00 ppm (NAS, 1977; Anderson, 1980; Sander, 1980) สอดคล้องกับการศึกษาโลหะหนักในหอยสองฝา 7 ชนิด บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีพบการสะสมโลหะหนักอาร์เซนิกในเนื้อเยื่อหอยสองฝามากที่สุดเช่นเดียวกัน ได้แก่ หอยแครง (*Anadara granasa*), หอยตลับชนิดที่ 1 (*Marcia hiantina*), หอยตลับชนิดที่ 2 (*Marcia marmorata*), หอยตลับชนิดที่ 3 (*Katylisia hiantina*), หอยตลับชนิดที่ 4 (*Katylisia marmorata*), หอยเสียบ (*Phaxas attenuates*) (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2556b) และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558f)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับ (mg/kg, wet wt) บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยเปรียบเทียบกับพื้นที่อ้างอิงหาดเลนแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด และค่ามาตรฐาน

หอยตลับ/หน่วยงาน	โลหะหนัก (mg/kg)						พื้นที่	P-value
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
หอยตลับตามธรรมชาติ	0.01125 ^a	0.00062 ^a	0.00066 ^a	0.00023 ^a	0.00256 ^a	0.00060 ^a	แหลมผักเบี้ย	0.897
หอยตลับต้ม	0.01197 ^a	0.00128 ^a	0.00143 ^a	0.00032 ^a	0.00590 ^a	0.00212 ^a	แหลมผักเบี้ย	
หอยตลับแช่น้ำทะเล	0.01468 ^a	0.00092 ^a	0.00079 ^a	0.00048 ^a	0.00419 ^a	0.00116 ^a	แหลมผักเบี้ย	
หอยตลับตามธรรมชาติ	0.00631	0.00073	0.00083	0.00003	0.00574	0.00068	แหลมกลัด	
หอยตลับต้ม	0.00636	0.00087	0.00075	0.00003	0.00474	0.00070	แหลมกลัด	
หอยตลับแช่น้ำทะเล	0.00829	0.00077	0.00076	0.00003	0.00512	0.00089	แหลมกลัด	

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยตลับ (mg/kg, wet wt) บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยเปรียบเทียบกับพื้นที่อ้างอิงหาดเลนแหลมกัลด์ ตำบลแหลมกัลด์ อำเภอเมือง จังหวัดตราด และค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอยตลับ/หน่วยงาน	โลหะหนัก (mg/kg)						พื้นที่	P-value
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
มาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (2529)	2	-	-	0.5	-	1		
Food & Drug Administration of the United States (1994)	-	4	-	-	-	1.7		
Food Standards Australia New Zealand Authority (1996)	-	2	-	-	-	2		
Hong Kong Environmental Protection Department (1997)	10	2	-	0.5	-	6		
Department of Health (2003)	-	3	-	1	-	4		
China (Zhang <i>et al.</i> , 2004)	1.0	0.1	-	0.3	-	0.5		
European Commission (2006)	-	1	-	0.5	-	1.5		
Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (2014)	-	2	-	0.2	-	10		
Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (2014)		2						

สรุปผลการวิจัย

การประเมินโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่

ผ่านการบำบัดแล้ว พบว่าพื้นที่บริเวณหาดเลนแหลมผักเบี้ยมีการสะสมโลหะหนักในหอยตลับมีความแตกต่างกันตามโซนและระยะห่างจากชายฝั่งทะเลอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) โลหะหนักสะสมใน

เนื้อเยื่อหอยตลับตามธรรมชาติ เนื้อเยื่อหอยตลับต้ม และเนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ฤดูฝนมีการสะสมของโลหะหนักมากกว่าและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) กับฤดูแล้ง เนื้อเยื่อหอยตลับแช่น้ำทะเลมีความเข้มข้นของอาร์เซนิกมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.01468 mg/kg และเนื้อเยื่อหอยตลับพบค่าปรอทมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.00023 mg/kg เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับกับค่ามาตรฐานในระดับประเทศและในระดับนานาชาติพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อนำไปบริโภคแล้วไม่เป็นอันตรายและไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิวิจัยพัฒนาที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยและเจ้าหน้าที่โครงการศึกษาและวิจัยสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2529). พระราชบัญญัติโลหะหนัก ในอาหาร. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. ฉบับที่ 98 ฐิตินยา แซ่ปึง. (2551). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
มธุรส ชูจรวิวัฒน์ และจุฑามาศ สัตยวิวัฒน์. (2549). พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท ทรินิตี้พับลิชชิง จำกัด.
ธนิดา ทองสันติ. (2555). มูลค่าทรัพยากรสัตว์น้ำที่เก็บเกี่ยวได้จากการฟื้นฟูชายเลนและสภาพแวดล้อม บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 110 หน้า.

เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และอนุกรม บุตรสันดี. (2556a). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) ในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วารสารพิษวิทยาไทย 28(2): 27-36.

เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และอนุกรม บุตรสันดี. (2556b). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) สะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝาที่กินได้บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วารสารพิษวิทยาไทย 28(2): 17-26.

เสถียรพงษ์ ขาวทิต, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรม บุตรสันดี และเกษม จันทร์แก้ว. (2557). ความชุกชุมของหอยบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. ใน: การประชุมวิชาการครั้งที่ 52 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 4 - 7 กุมภาพันธ์ 2014, กรุงเทพฯ. 321-330.

เสถียรพงษ์ ขาวทิต, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรม บุตรสันดี และเกษม จันทร์แก้ว. (2558a). คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม 17(2): 44-59.

เสถียรพงษ์ ขาวทิต, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรม บุตรสันดี และเกษม จันทร์แก้ว. (2558b). การตรวจหาแบคทีเรียปนเปื้อนบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจาก

- พระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม 17(4): 3-15.
- เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, อรอนงค์ ผิวนิล, วศิน อิงคพัฒนากุล และอนุกรม บุตรสันดี. (2558c). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) สะสมในเนื้อเยื่อและน้ำหอยสองฝาต้มที่กินได้ บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม 17(1): 29-37.
- เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, อรอนงค์ ผิวนิล, วศิน อิงคพัฒนากุล และอนุกรม บุตรสันดี. (2558d). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) สะสมในหอยสองฝาที่กินได้ บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(3): 413-424.
- เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และอนุกรม บุตรสันดี. (2558e). พลวัตประชากรหอยตลับ (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(4): 620-631.
- เสถียรพงษ์ ขาวทิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และชาติรี นิมปี. (2558f). การสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) ในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 7(14): 64-74.
- Ahmed, M. and Abdallah, M. (2013). Bioaccumulation of heavy metals in Mollusca species and assessment of potential risks to human health. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 90(5): 552-557.
- Anderson, I. (1980). Arsrapport for Recipient undersokningerutan for Ronnskarsverken 1979, Cited by Lander. Chemical in aquatic environment. Berlin, Germany: Springer-verlag.
- APHA, AWWA and WEF. (2005). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (21st ed.). Washington, D.C.: American Public Health Association (APHA).
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official Method of Analysis. 15th ed., Arlington: The Association of Official Analytical Chemists.
- Department of Health (South Africa). (2003). Regulation Relating to Maximum Levels for Metals in Foodstuffs: Amendment. No. R. p. 358.
- EC (European Commission). (2006). Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. Commission regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union pp 48-50.
- FSANZ (Food Standards Australia New Zealand Authority). (1996). Australian Government Publishing Service. Canberra. pp 1-19.
- FSVPS (Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance). (2014). Available from: http://www.fsvps.ru/fsvps/main.html?_language=en. Retrieved on November, 30, 2015.
- HKEPD (Hong Kong Environmental Protection Department). (1997). Marine Water Quality in Hong Kong in 1997. Government Printer Hong Kong. Makarenko, T.V. and Baychorov, V.M. (2014). Heavy metals content in the shells and soft tissues of mollusks of the water bodies of gomel and adjacent

- territories. *Hydrobiological Journal* 50(2): 33-40.
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). (2014). Available from: <http://eng.kfda.go.kr/index.php> Retrieved on November, 30, 2015.
- NAS. (1977). *Medical and Biology Effects of Environmrnt Pollutants: Arsenic*. Washington D.C. USA: National Academy of Sciences.
- Rabaoui, L., Balti, R., El Zrelli, R. and Tlig-Zouari, S. (2014). Assessment of heavy metal pollution in the gulf of Gabes (Tunisia) using four mollusk species, *Mediterranean Marine Science* 15(1): 45-58.
- Sander, J.G. (1980). Arsenic cycling in the marine System. *Marine Environmental Research* 3(4): 257-266.
- Tu, N.P.C., Ha, N.N., Agus, T., Ikemoto, T., Tuyen, B.C., Tanabe, S. and Takeuchi, I. (2010). Concentrations of trace elements in *Meretrix* spp. (Mollusca: Bivalva) along the coasts of Vietnam. *Fisheries Marine* 76: 677-686.
- USFDA (Food & Drug Administration of the United States). (1990). US food and drug administration. Shellfish Sanitation Branch, Washington, DC. USA.
- Wang, Y., Liang, L., Shi, J. and Jiang, G. (2005). Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected from coastal sites along the Chinese Bohai Sea. *Environment International* 31: 1103-1113.
- Zhang, W.B., Jin, M. and Zhou, Y. (2004). China's marine shellfish standard and heavy metal pollution index. *Marine Science (Chinese)* 28: 72-74.

