อิทธิพลของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อปริมาณการสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb)ในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ย:โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเพชรบุรี

Influence of Treated Domestic Effluenton Concentration of Heavy Metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) in Hard Clams (*Meretrix* spp.) Living withinin New Mudflat Areas of Laem PhakBia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

เสถียรพงษ์ขาวหิต[1*] และ เกษม จันทร์แก้ว[1,2]

Sateinpong Khowhit[1*] and Kasem Chunkao[1,2]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]ผู้อำนวยการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี

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

[2]Director of The King's Royally Initiated Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province.

Received : 21 February 2017

Accepted : 5 April 2017

Published online : 9 May 2017

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดต่อปริมาณการสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) หอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งทำการศึกษาเปรียบระบบบำบัดน้ำเสียระว่างระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับในช่วงน้ำทะเลลงต่ำสุดเดือนกันยายน 2555 (ฤดูฝน) และเดือนมีนาคม 2556 (ฤดูแล้ง) พบว่ามีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ(*Meretrix* spp.) รวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.00333 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกหอยตลับ(*Meretrix* spp.) พื้นที่บริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบพืชบำบัดมีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00388 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกมีค่ามากกว่าและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (r= 0.653; p>0.05) กับหอยตลับ (*Meretrix* spp.) พื้นที่บริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดมีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก หอยตลับ(*Meretrix* spp.) ปริมาณการสะสมโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสามารถที่จะนำไปรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยผู้บริโภค

คำสำคัญ: น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด โลหะหนัก หอยตลับ (*Meretrix* spp.)

*Corresponding author, E-mail:s_khowhit_ku_7@hotmail.com

Abstract

The study on influence of treated domestic effluent on concentration of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) in hard clams (*Meretrix* spp.) Living within in new mudflat areas of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem PhakBia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. This study compared the treated domestic system between a lagoon treatment systems and plant treatment systems and collected sample of hard clams during low tide, the lowest tide in September 2012 (rainy season) and March 2013 (dry season) found that have large concentrations of heavy metal in hard clams tissue (*Meretrix* spp.) total average in 0.00333 milligrams per kilogram of wet weight. The hard clams (*Meretrix* spp.) area that receiving water from the plant treatment systems have a concentration of heavy metals that was accumulated in tissue total average of 0.00388 milligrams per kilogram of wet weight more than and not significantly difference ($r = 0.653$; $p > 0.05$) with hard clams (*Meretrix* spp.) area that receiving water from the lagoon treatment systems total average of 0.00277 milligrams per kilogram of wet weight.These records do not exceed the present environmental safety standards. The hard clams (*Meretrix* spp.) 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: treated domestic effluent, heavy metals, hard clams (*Meretrix* spp.)

บทนำ

หอยตลับเป็นหอยสองฝาน้ำกร่อยที่มีลักษณะที่รูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยมตรงกลางนูนออกเปลือกผิวมีลักษณะมันวาวมีรูปร่างคล้ายรูปไข่ขนาดเท่ากันมีเปลือกที่หนามีหลายสีและลวดลายต่างๆกันบริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยพบหอยตลับอาศัยฝังตัวในดินตะกอนชนิดดินร่วนทราย (Sandy Loam) อนุภาคของดินตะกอนประกอบด้วยดินทรายร้อยละ 42 ดินทรายแป้งร้อยละ 46 ดินเหนียวร้อยละ 12 มีขนาดเม็ดดิน 0.002-0.500 มิลลิเมตร มีช่องว่างของขนาดเม็ดดินขนาดใหญ่ ความหนาแน่นและมีความพรุนของดินตะกอนในระดับมากปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์มีลักษณะคลื่นและลมสงบมีการปรับตัวกับสภาพน้ำขึ้นน้ำลงได้ดีน้ำทะเลขึ้นลงแบบน้ำคู่ (Semidiurnal tide) ใช้เวลามากกว่า 12 ชั่วโมงมีระดับที่เสมอกับผิวดินตะกอนจนกระทั่งทำมุมลาดเอียงไม่เกิน 20องศา เมื่อน้ำทะเลลงต่ำสุดหอยตลับ (*Meretrix casta*) จะฝังตัวในดินตะกอนที่มีระดับเสมอกับผิวดินตะกอนจนกระทั่งความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร ส่วนหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) ฝังตัวในดินตะกอนที่มีระดับความลึกตั้งแต่ 5 เซนติเมตรจนกระทั่งความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร อาหารของหอยตลับ(*Meretrix* spp.) คือไดอะตอมชนิด *Coscinodiscus* sp. (Khowhit, *et al*. 2015a;Khowhit, *et al*. 2015b; Khowhit, &Chunkao, 2016a)ตั้งแต่ปี 2533 เป็นต้นมา โครงการฯมีการดำเนินการนำน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่งผ่านท่อลำเลียงระยะทางประมาณ 18.50 กิโลเมตร เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางธรรมชาติช่วยธรรมชาติและใช้เทคโนโลยีอย่างง่ายๆ ประกอบด้วย 4 ระบบ คือ 1) บ่อบำบัด(lagoon treatment) 2) พืชและหญ้ากรอง (plant and grass filtration) 3)พื้นที่ชุ่มน้ำเทียม (constructed wetland) และ 4) แปลงป่าชายเลน (mangrove forest filtration) หลังจากที่น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วก็ถูกปล่อยทิ้งสู่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยต่อไปอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 27 ปี กลับพบว่าบริเวณหาดเลนงอกใหม่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยหอยตลับกลายเป็นสัตว์น้ำ

ที่สำคัญที่สุดของโครงการฯ มีจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 39 ล้านตัวต่อปี จำนวน 921ตัน/ปี สร้างรายได้ให้กับชาวประมง 15.66 ล้านบาท/ปี รวมถึงชาวประมงจังหวัดข้างเคียงเข้ามาทำประมงและเข้ามาใช้ประโยชน์จำนวนมาก (Khowhit&Chunkao, 2016c) ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของระบบน้ำทิ้งชุมชนต่อการสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb)ในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) และเปรียบเทียบการสะสมในหอยตลับ (*Meretrix* spp.) 2 ชนิด ประกอบด้วย หอยตลับ (*Meretrix casta*) กับหอยตลับ (*Meretrix meretrix*)บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยเพื่อจะเป็นการติดตามการดำเนินงานของโครงการฯบ่งบอกประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียต่อการสะสมของโลหะหนักในตัวหอยตลับและหาสาเหตุของปริมาณการสะสมโลหะหนักของหอยตลับจะเป็นประโยชน์ต่อชาวประมงในในการทำประมงหอยตลับเมื่อชาวประมงนำหอยตลับไปรับประทานแล้วจะไม่ส่งผลต่อสุขภาพและอนามัยของผู้บริโภคตามไปด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาวิจัยพื้นที่บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ตั้งอยู่บนพิกัดละติจูด 14°42.240′เหนือถึง14°43.480′เหนือและลองจิจูด 06°17.780′ ตะวันออกถึง 06°19.271′ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 1,250 ไร่ โดยทำการรวบรวมน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีส่งผ่านท่อลำเลียงระยะทางประมาณ 18.50 กิโลเมตร และมีการบำบัดน้ำเสีย หลังจากนั้นน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะถูกปล่อยทิ้งลงสู่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยต่อไป ดังภาพที่ 1

2. หอยตลับ (*Meretrix* spp.)

2.1 ช่วงเวลาและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างหอยตลับ (*Meretrix* spp.)

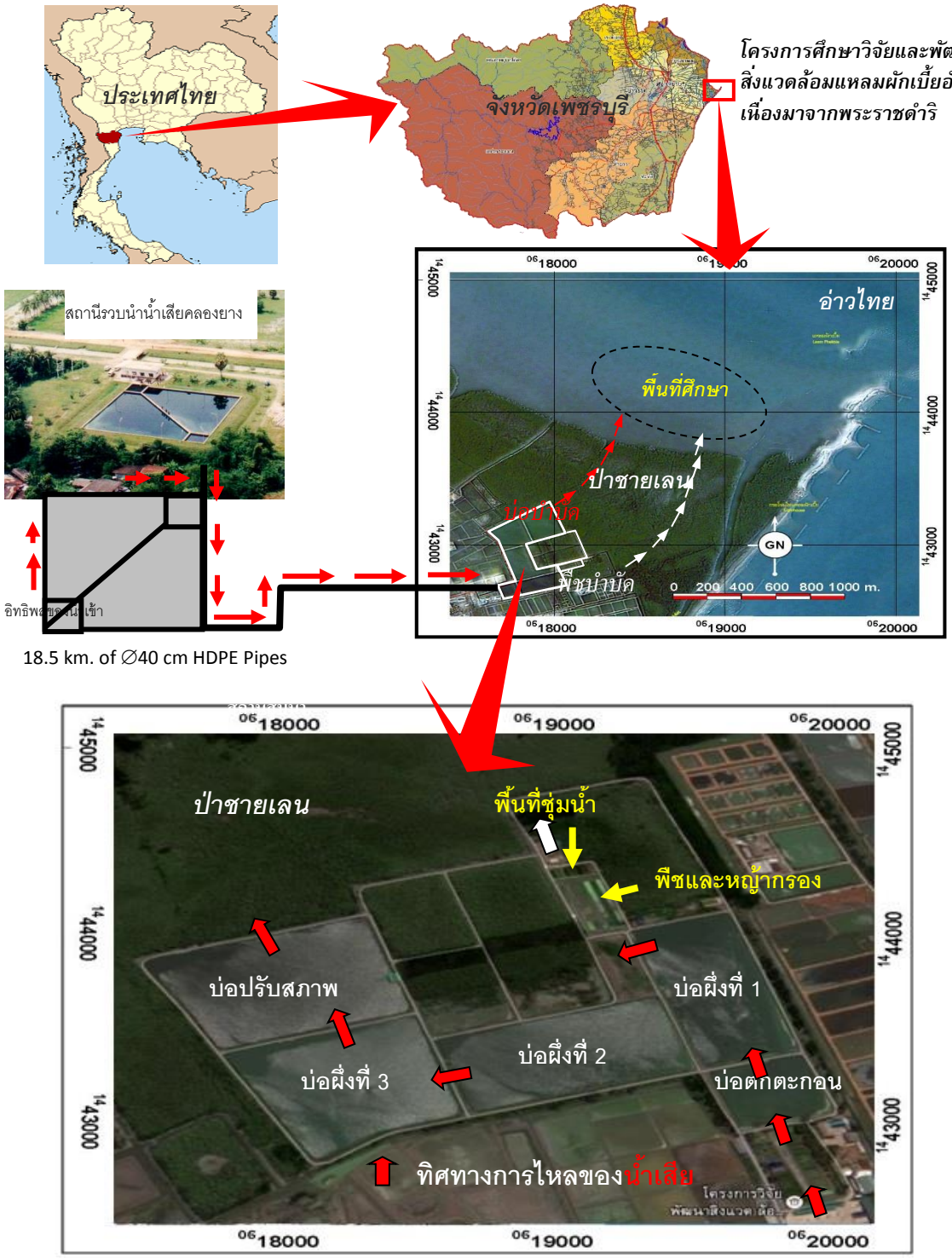
ทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ย ในช่วงเวลาที่น้ำทะเลต่ำที่สุด 2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555)และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม 2556) โดยกำหนดพื้นที่เป็น 2 โซน ขนาด 500 เมตร x 1,000 เมตร คือโซน A(โซนระบบบ่อบำบัด) ความยาว A0 - B0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล A 1,000 - B 1,000; โซน B (โซนระบบพืชบำบัด) ความยาว C0 - D0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล C 1,000 - D 1,000 ดังภาพที่ 2

2.2 การเก็บรวบรวมและการเตรียมตัวอย่างหอยตลับ

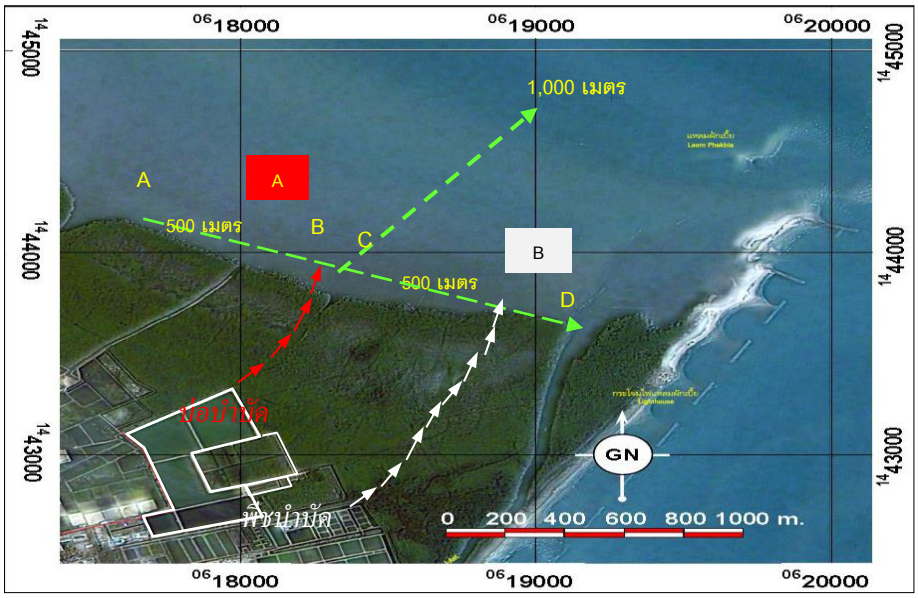
ทำการเก็บรวบรวมหอยตลับโดยใช้เจ้าหน้าที่โซนละ 3คนรวม 6 คนและใช้อุปกรณ์คราดมือ โดยจะเก็บรวบรวมหอยตลับตามข้อ 2 ให้กระจายครอบคลุมหอยตลับพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยซึ่งจะทำการรวบรวมจะเก็บเฉพาะหอยตลับขนาดใหญ่ขนาดตั้งแต่ 4 เซนติเมตร ขึ้นไปเท่านั้นหลังทำการสุ่มตัวอย่างหอยตลับชั่งน้ำหนักและวัดความยาว ประกอบด้วยหอยตลับ (*Meretrix casta*) จำนวน 1 กิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 ตัวต่อกิโลกรัม มีความยาวในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ5.21±0.25 เซนติเมตร ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ5.09±0.18 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 5.16±0.21เซนติเมตร หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) จำนวน 1 กิโลกรัม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16 ตัวต่อกิโลกรัมมีความยาวในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ6.17±0.33 เซนติเมตร ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ6.07±0.45 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 6.12±0.38 เซนติเมตร นำหอยตลับตามธรรมชาติจำนวน1 กิโลกรัม ทำการแกะเปลือกแล่เนื้อหอย บรรจุใส่ถุงพลาสติกชั่งน้ำหนักติดฉลากเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อในถังพลาสติกอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025) ต่อไป

2.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างหอยตลับ

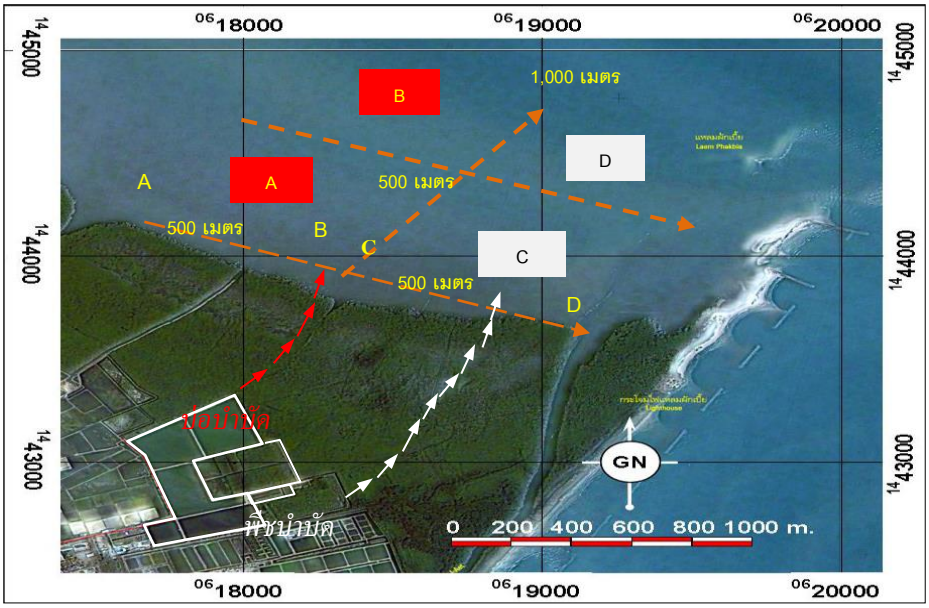
การวิเคราะห์โลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับตามวิธีการAOAC (2005); APHA, AWWA & WEF, (2009)ประกอบด้วยอาร์เซนิก(As), แคดเมียม (Cd), โครเมียม(Cr),ปรอท (Hg), นิกเกิล(Ni) และตะกั่ว (Pb) โดยวิธี



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยและระบบบำบัดของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี



ภาพที่2 พื้นที่การเก็บตัวอย่างหอยตลับ(*Meretrix* spp.)บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมือเพชรบุรี A) ระบบบ่อบำบัด B)ระบบพืชบำบัด



ภาพที่3 พื้นที่การเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอน บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมือเพชรบุรี A-B) ระบบบ่อบำบัด C-D) ระบบพืชบำบัด Inductively Couple Plasma- Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

3. คุณภาพน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอน

3.1 ช่วงเวลาและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงเวลาที่น้ำขึ้นสูงที่สุด2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555) และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม 2556) โดยกำหนดพื้นที่เป็น 4 โซน ขนาด 500 เมตร x 500 เมตร คือโซน A (โซนระบบบ่อบำบัด) ความยาว A0 - B0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล A500 - B500; โซน B (โซนระบบบ่อบำบัด) ความยาว A600 - B600 ความลึกจากชายฝั่งทะเล A 1,000 - B 1,000; โซน C (โซนระบบพืชบำบัด) ความยาว C0 - D0 ความลึกจากชายฝั่งทะเล C500 - C500; โซน D (โซนระบบพืชบำบัด) ความยาว C600 - D600 ความลึกจากชายฝั่งทะเล C 1,000 - D 1,000 ดังภาพที่ 2จำนวนโซนละ 3 ซ้ำ โดยใช้ขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 1 ลิตรเติมกรดไนตริก1:1 จำนวน 5 มิลลิลิตร เก็บรักษาในถังแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C นำตัวอย่างน้ำทะเลไปส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC 17025) ดังภาพที่ 3

3.2 ช่วงเวลาและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ทำการเก็บตัวอย่างหอยตลับพื้นที่บริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยในช่วงเวลาที่น้ำทะเลลงต่ำที่สุด 2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูฝน (เดือนกันยายน 2555)และฤดูแล้ง (เดือนมีนาคม 2556) โดยกำหนดพื้นที่เป็น 4 โซน ตามข้อ 3.1 ดังภาพที่ 3 ทำการเก็บรวบดินตะกอนแบบสุ่มตลอดระดับความลึก 15 เซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้ท่อพีวีซีกว้าง 60 เซนติเมตร ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บได้ในแต่ละโซนจะทำการใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้

4.การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอน

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำทางโลหะหนักทำตามวิธีการAOAC (2005); APHA, AWWA & WEF, (2009) ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางด้านโลหะหนักประกอบด้วยอาร์เซนิก(As), แคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และตะกั่ว (Pb)ด้วยเทคนิค Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และ Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บรวบรวมได้พึ่งแดดเป็นระยะเวลา 2 เดือน หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินตะกอนบดให้ละเอียดชั่งตัวอย่างดินตะกอนจำนวน 300 กรัม ทำการใส่ถุงพลาสติกที่ติดฉลากไว้ทำศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก ได้แก่ อาร์เซนิก(As), แคดเมียม (Cd), ปรอท (Hg), นิกเกิล (Ni) และ ตะกั่ว (Pb) ดินตะกอนตามวิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6020) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) ส่วนโลหะหนักโครเมียม (Cr) ตามวิธีการที่กำหนดไว้ (EPA Method 6010B) วิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Atomic emission Spectroscopy (ICP-AES)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) ประกอบด้วยหอยตลับ (*Meretrix casta*) หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) คุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอนในพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดใช้โปรแกรม SPSS แบบ Paired-simples T-Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื้อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)

1.1 ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื้อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) แยกตามพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)พบว่าในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัด($r=0.143$; $p>0.05$) และระบบพืชบำบัด($r=0.278$; $p>0.05$) มีปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบบ่อบำบัดความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00001 - 0.01503 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับมีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.653$; $p>0.05$) กับพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบพืชบำบัดที่มีความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00016 - 0.01258 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00388 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) มีค่าเฉลี่ยทั้งหมด 0.00333 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกมีค่าอาร์เซนิก(As)พบมากที่สุดเท่ากับ 0.01280 รองลงมานิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.00349,แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.00252, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.00173, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.00095 และ ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.00017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกตามลำดับดังตารางที่ 1

1.2 ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื้อแยกตามชนิดของหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)แยกตามชนิดของหอยตลับ (*Meretrix casta*)และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*)ในพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าในฤดูฝนและฤดูแล้งปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix casta*)พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัด($r=0.254$; $p>0.05$) และระบบพืชบำบัด($r=0.847$; $p>0.05$) ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนหอยตลับ (*Meretrix meretrix*)จากระบบบ่อบำบัด($r=0.422$; $p>0.05$) และระบบพืชบำบัด($r=0.326$; $p>0.05$) ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ซึ่งปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix casta*) พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00001 - 0.01258 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00222 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก มีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.434$; $p>0.05$) กับหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดที่มีความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00014 - 0.02508 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00443 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ดังตารางที่ 2

2. คุณภาพน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอน

2.1 ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลแยกตามพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากการบำบัด

ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าค่าปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลในฤดูฝนและฤดูแล้งระบบบ่อบำบัด($r=0.797$; $p>0.05$) และระบบพืชบำบัด ($r=1.000$; $p>0.05$) ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ซึ่งค่าปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง

ระหว่าง 0.00 - 0.018 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.047ไมโครกรัมต่อลิตร มีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ (r=0.949; p>0.05) พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบพืชบำบัดที่มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 - 0.019และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.048 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลรวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยอาร์เซนิก (As) พบมากที่สุดเท่ากับ 0.18 รองลงมาโครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.03, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 0.03, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.03, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.01 และ ปรอท (Hg) เท่ากับ 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)(mg/kg, wet wt) แยกตามพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ฤดูกาล	ดัชนี	โลหะหนัก						ค่าเฉลี่ย	P-value
		อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)		
	หอยตลับ (*M. casta*)								
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	0.01227	0.00063	0.00066	0.00003	0.00308	0.00057	0.00287	
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	0.00219	0.00004	0.00014	0.00001	0.00052	0.00009	0.00050	
	ค่าเฉลี่ย	**0.00723**	**0.00034**	**0.00040**	**0.00002**	**0.00180**	**0.00033**	**0.00169**	0.143
	หอยตลับ (*M. meretrix*)								
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	0.01503	0.00483	0.00156	0.00020	0.00554	0.00269	0.00498	
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	0.01061	0.00135	0.00053	0.00014	0.00229	0.00138	0.00272	
	ค่าเฉลี่ย	**0.01282**	**0.00309**	**0.00105**	**0.00017**	**0.00392**	**0.00204**	**0.00385**	
	ค่าเฉลี่ยรวม	**0.01003**	**0.00172**	**0.00073**	**0.00010**	**0.00286**	**0.00119**	**0.00277**	
	หอยตลับ (*M. casta*)								
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	0.01258	0.00069	0.00070	0.00030	0.00314	0.00072	0.00302	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	0.01065	0.00058	0.00068	0.00016	0.00212	0.00060	0.00247	
	ค่าเฉลี่ย	**0.01161**	**0.00064**	**0.00069**	**0.00023**	**0.00263**	**0.00066**	**0.00274**	0.278
	หอยตลับ (*M. meretrix*)								
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	0.02508	0.00563	0.00198	0.00028	0.00634	0.00348	0.00713	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	0.01150	0.00142	0.00056	0.00015	0.00231	0.00147	0.00290	
	ค่าเฉลี่ย	**0.01829**	**0.00353**	**0.00127**	**0.00022**	**0.00433**	**0.00248**	**0.00502**	
	ค่าเฉลี่ยรวม	**0.01556**	**0.00331**	**0.00116**	**0.00023**	**0.00412**	**0.00226**	**0.00388**	
หอยตลับ (*Meretrix*spp.)									
ค่าเฉลี่ยรวมระบบบ่อบำบัด		0.01003	0.00172	0.00073	0.00010	0.00286	0.00119	0.00277	0.653
ค่าเฉลี่ยรวมระบบพืชบำบัด		0.01556	0.00331	0.00116	0.00023	0.00412	0.00226	0.00388	
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด		**0.01280**	**0.00252**	**0.00095**	**0.00017**	**0.00349**	**0.00173**	**0.00333**	

2.2 ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนแยกตามพื้นที่บริเวณรองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัด

ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าค่าปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนในฤดูฝนและฤดูแล้งพื้นที่ที่

รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัด (r=0.982; p>0.05) และระบบพืชบำบัด(r=0.995; p>0.05) ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.025 - 19.001 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.888 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งมีค่าน้อยกว่าและละไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ (r=0.974; p>0.05) พื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบพืชบำบัดที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.010-19.877 และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.981 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในดินตะกอนรวมทั้งหมดค่าเฉลี่ยตะกั่ว (Pb) พบมากที่สุดเท่ากับ 18.831 รองลงมาโครเมียม (Cr) เท่ากับ 10.454,อาร์เซนิก(As) เท่ากับ 3.280, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 2.963, แคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.023 และปรอท (Hg) เท่ากับ 0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อตามชนิดของหอยตลับ (*Meretrix* spp.)(mg/kg, wet wt) บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแล้ว

ฤดูกาล	ดัชนี	โลหะหนัก						ค่าเฉลี่ย	P-value	P-value
		อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)			
	หอยตลับ (*M. casta*)									
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	0.01227	0.00063	0.00066	0.00003	0.00308	0.00057	0.00287	0.254	0.521
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	0.00219	0.00004	0.00014	0.00001	0.00052	0.00009	0.00050		
	ค่าเฉลี่ย	**0.00723**	**0.00034**	**0.00040**	**0.00002**	**0.00180**	**0.00033**	**0.00169**		
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	0.01258	0.00069	0.00070	0.00030	0.00314	0.00072	0.00302	0.847	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	0.01065	0.00058	0.00068	0.00016	0.00212	0.00060	0.00247		
	ค่าเฉลี่ย	**0.01161**	**0.00064**	**0.00069**	**0.00023**	**0.00263**	**0.00066**	**0.00274**		
	ค่าเฉลี่ยรวม	**0.00942**	**0.00049**	**0.00055**	**0.00013**	**0.00222**	**0.00050**	**0.00222**		
	หอยตลับ (*M. meretrix*)									
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	0.01503	0.00483	0.00156	0.00020	0.00554	0.00269	0.00498	0.422	0.637
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	0.01061	0.00135	0.00053	0.00014	0.00229	0.00138	0.00272		
	ค่าเฉลี่ย	**0.01282**	**0.00309**	**0.00105**	**0.00017**	**0.00392**	**0.00204**	**0.00385**		
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	0.02508	0.00563	0.00198	0.00028	0.00634	0.00348	0.00713	0.326	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	0.01150	0.00142	0.00056	0.00015	0.00231	0.00147	0.00290		
	ค่าเฉลี่ย	**0.01829**	**0.00353**	**0.00127**	**0.00022**	**0.00433**	**0.00248**	**0.00502**		
	ค่าเฉลี่ยรวม	**0.01556**	**0.00331**	**0.00116**	**0.00019**	**0.00412**	**0.00226**	**0.00443**		
	หอยตลับ (*M. casta*)									0.434
	ค่าเฉลี่ยรวม	0.00942	0.00049	0.00055	0.00013	0.00222	0.00050	0.00222		
	หอยตลับ (*M. meretrix*)									
	ค่าเฉลี่ยรวม	0.01556	0.00331	0.00116	0.00019	0.00412	0.00226	0.00443		

2.3 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอนบริเวณพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัด

ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในคุณภาพน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอนบริเวณพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัด และระบบพืชบำบัดพบว่าปริมาณโลหะหนักที่สะสมในคุณภาพน้ำทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 - 0.019และมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด 0.048 ไมโครกรัมต่อลิตร ไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.080$; $p>0.05$) กับคุณภาพดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.200 - 19.877และมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด 5.928 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ดังตารางที่ 3

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดต่อการปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) เปรียบเทียบบริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งที่อาศัยฝังตัวและดำรงชีวิตของหอยตลับแบบระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่ามีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ(*Meretrix* spp.) รวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.00333 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกแต่ถ้าแบ่งตามระบบบำบัดน้ำเสียจะพบว่าพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบบ่อบำบัด

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักทางด้านคุณภาพน้ำทะเล (µg/l) และคุณภาพดินตะกอน(mg/kg)

ฤดูกาล	ดัชนี	โลหะหนัก						ค่าเฉลี่ย	P-value	P-value
		อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)			
	คุณภาพน้ำทะเล (µg/l)									
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	0.17	0.01	0.02	0.01	0.06	0.03	0.050	0.797	
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	0.18	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.040		
	ค่าเฉลี่ย	**0.18**	**0.01**	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.02**	**0.047**		0.949
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	0.16	0.01	0.02	0.01	0.06	0.02	0.047	1.000	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	0.19	0.01	0.03	0.01	0.00	0.04	0.047		
	ค่าเฉลี่ย	**0.18**	**0.01**	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.03**	**0.048**		
	ค่าเฉลี่ยรวม	**0.18**	**0.01**	**0.03**	**0.01**	**0.03**	**0.03**	**0.048**		
	คุณภาพดินตะกอน(mg/kg)									
ฤดูฝน	ระบบบ่อบำบัด	3.440	0.025	10.814	0.016	2.996	17.698	5.832	0.982	
ฤดูแล้ง	ระบบบ่อบำบัด	3.238	0.020	10.407	0.016	2.892	19.001	5.929		
	ค่าเฉลี่ย	**3.339**	**0.023**	**10.611**	**0.016**	**2.944**	**18.350**	**5.881**		0.974
ฤดูฝน	ระบบพืชบำบัด	3.486	0.025	10.446	0.010	3.046	18.748	5.960	0.995	
ฤดูแล้ง	ระบบพืชบำบัด	2.955	0.020	10.147	0.018	2.919	19.877	5.989		
	ค่าเฉลี่ย	**3.221**	**0.023**	**10.296**	**0.014**	**2.983**	**19.313**	**5.975**		
	ค่าเฉลี่ยรวม	**3.280**	**0.023**	**10.454**	**0.015**	**2.963**	**18.831**	**5.928**		
	คุณภาพน้ำทะเล (µg/l)									
	ค่าเฉลี่ยรวม	0.18	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.048		
	คุณภาพดินตะกอน(mg/kg)									0.080
	ค่าเฉลี่ยรวม	3.280	0.023	10.454	0.015	2.963	18.831	5.928		

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ปริมาณความเข้มข้นคุณภาพโลหะหนักทางด้านน้ำทะเลและคุณภาพดินตะกอน บริเวณพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก มีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ (r=0.653; p>0.05) กับพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบพืชบำบัดที่มีความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00388 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกสาเหตุที่พื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบพืชบำบัดมีค่าปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมสูงกว่าระบบบ่อบำบัดเพราะได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีสารคอลลอยด์และตะกอนสารแขวนลอยที่มากับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ส่งผลทำให้ชนิดและร้อยละอนุภาคโครงสร้างดินตะกอนมีความแตกต่างกันพบว่าพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบพืชบำบัดดินตะกอนเป็นชนิดดินร่วนทราย (sandy loam) ร้อยละอนุภาคดินตะกอนประกอบด้วยดินทราย (sand) 36 เปอร์เซ็นต์ดินทรายแป้ง (silt) 49 เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียว (clay) 15 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างจากพื้นที่รองรับน้ำน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดดินตะกอนเป็นชนิดดินทรายแป้ง (silt loam) ร้อยละอนุภาคดินตะกอนประกอบด้วยดินทราย (sand) 30 เปอร์เซ็นต์ดินทรายแป้ง (silt) 57 เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียว (clay) 13 เปอร์เซ็นต์ซึ่งหอยตลับ(*Meretrix* spp.) เป็นสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ทุกส่วนของร่างกายสัมผัสอนุภาคของเนื้อดินตะกอนและหอยตลับแต่ละชนิดจะมีความต้องการอนุภาคของเนื้อดินตะกอนความหนาแน่นและความพรุนของดินตะกอนที่มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของหอยตลับ และจะมีผลต่อการเติบโต การกรองแพลงก์ตอนพืช การทำงานของเอนไซม์ในย่อยอาหารดูดซึมอาหารในกระเพาะและการทำงานของเอนไซม์ช่วยในการขับถ่ายของเสีย รวมถึงการสะสมโลหะหนักแตกต่างกันไปด้วย (Bricelj& Malouf, 1984; Bayne *et al*., 1987; Wang *et al*., 2005; Suwat &. Prasert, 2011) นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะที่ตั้งของพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าพื้นที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบพืชบำบัดตั้งอยู่ติดกับปลายธรรมชาติแหลมผักเบี้ย ซึ่งเป็นแหลมธรรมชาติที่ยื่นออกไปจากชายฝั่งทะเลจะเป็นกำบังคลื่นลมที่ดีจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้(เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม)และลมมรสุมเขตร้อนหรือพายุหมุนเขตร้อน (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม)รวมถึงไม่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนกันยายนถึงเดือนกุมภาพันธ์)ทำให้คลื่นลมสงบไม่เป็นอุปสรรคต่อการกรองและหายใจของหอยตลับ มีความแตกต่างจากพื้นที่ระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบบ่อบำบัดตั้งอยู่ห่างจากปลายแหลมธรรมชาติแหลมผักเบี้ย ไม่มีที่กำลังคลื่นลม ช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม)โค้งเข้าจากปลายแหลมผักเบี้ยตัดเข้าไปข้างหรือผาดผ่านและได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนกันยายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) จะทำการโค้งออกสู่ปลายแหลมผักเบี้ยพอดี (Pisit, 2005) ส่งผลทำให้คลื่นลมไม่สงบเป็นอุปสรรคต่อการกรองและหายใจของหอยตลับ เพราะว่าหอยตลับเป็นสัตว์น้ำที่มีความเข้มข้นในตัวค่อนข้างต่ำ ทำให้ต้องมีการหายใจเข้าออกตลอดเวลา เพื่อรักษาสมดุลในร่างกายให้ปกติ ส่วนการเปรียบเทียบหอยตลับ(*Meretrix* spp.)ตามชนิดหอยตลับ(*Meretrix casta*) กับหอยตลับ(*Meretrix meretrix*) พื้นที่บริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*) มีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00222 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียกมีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกต่าง(r=0.434; p>0.05) กับหอยตลับ(*Meretrix meretrix*) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00443 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ดังตารางที่ 2 เพราะว่าหอยตลับ(*Meretrix meretrix*) มีขนาดใหญ่จะมีอายุมากกว่าและมีระยะเวลาในการฝังตัวบริเวณนั้นๆยาวนานกว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*) จึงส่งผลทำให้เกิดการสะสมปริมาณโลหะหนักมากกว่าในหอยตลับขนาดเล็ก (Zhuang &Wang, 2004 ; Yap *et al*., 2006 ; Sarkar *et al*., 2008 ; Khowhit *et al*., 2015d ;Khowhit&Chunkao, 2016b) ซึ่งขนาดหอยตลับ (*Meretrix* spp.) ใช้วิเคราะห์ปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมเนื้อเยื่อ

ในครั้งนี้พบว่าหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีเฉลี่ยเท่ากับ 6.12±0.38 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*)มีเฉลี่ยเท่ากับ 5.16±0.21 เซนติเมตร จึงส่งผลทำให้หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) ปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าสูงกว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*)ตามไปด้วย ส่วนหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีปริมาณการสะสมโลหะหนักมากกว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*) เพราะว่าหอยตลับ*(Meretrix meretrix*) มีขนาดใหญ่จะมีอายุมากกว่าและมีระยะเวลาในการฝังตัวบริเวณนั้นๆยาวนานกว่าหอยตลับ(*Meretrixcasta*) จึงส่งผลทำให้เกิดการสะสมในปริมาณโลหะหนักในมากกว่าหอยตลับขนาดเล็ก (Zhuang & Wang, 2004; Yap *et al*., 2006; Sarkar *et al*., 2008; Khowhit *et al*., 2015d; Khowhit&Chunkao, 2016b)ซึ่งขนาดของหอยตลับ (*Meretrix* spp.)ใช้วิเคราะห์ปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมเนื้อเยื่อในครั้งนี้พบว่าหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีเฉลี่ยเท่ากับ 6.12±0.38 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่าหอยตลับ (*Meretrix casta*)มีเฉลี่ยเท่ากับ 5.16±0.21เซนติเมตร จึงส่งผลทำให้หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) ปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าสูงกว่าหอยตลับ(*Meretrix casta*)ตามไปด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (Ministry of Public Health, 1986)และระดับนานาชาติ (USFDA, 1994; FSANZ, 1996; HKEPD, 1997; Department of Health (South Africa), 2003; EC (European Commission) 2006)ดังตารางที่ 4 พบว่าปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ(*Meretrix casta*)และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเมื่อนำไปรับประทานได้ไม่เป็น

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักในเนื้อเยื้อสะสมหอยตลับ (*Meretrix* spp.) (mg/kg, wet wt) บริเวณหาดเลนงอกใหม่ผักเบี้ยและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

ดัชนี	ระบบบำบัด	โลหะหนัก						ค่าเฉลี่ย
		อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)	
หอยตลับ (*Meretrix* spp.)	ระบบบ่อบำบัด	0.01003	0.00172	0.00073	0.00010	0.00286	0.00119	0.00277
หอยตลับ (*Meretrix* spp.)	ระบบพืชบำบัด	0.01556	0.00331	0.00116	0.00023	0.00412	0.00226	0.00388
Ministry of Public Health		2			0.5		1	
Department of Health			3		1		4	
EC			1		0.5		1.5	
FSANZ			2				2	
HKEPD		10	2		0.5		6	
US FDA			4				1.7	

อันตรายต่อผู้บริโภค ส่วนปริมาณโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับในระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 2 เพราะว่าในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำฝนจะถูกชะล้างของเสียที่เกิดจากกิจกรรมและการดำรงชีวิตของชุมชนเมืองเพชรบุรีและโครงการฯ มีการรวบรวมนำน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดเมื่อทำการบำบัดน้ำเสียเสร็จแล้วจะถูกปล่อยทิ้งลงสู่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยจึงส่งผลทำให้หอยตลับมีปริมาณสมโลหะหนักในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้งตามไปด้วย ส่วนคุณภาพน้ำและคุณภาพดินตะกอนบริเวณแบบพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($r=0.080$; $p>0.05$) ดังตารางที่ 3 โลหะหนักทางคุณภาพน้ำจะมีอิทธิพลต่อปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสม

ในเนื้อเยื่อเพราะว่าหอยตลับมีการหายใจเข้าออกตลอดเวลา เพื่อที่จะปรับและรักษาสมดุลในร่างกายพบว่าหอยตลับ (*Meretrix casta*)และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) พบว่ามีค่าอาร์เซนิก (As) มีการสะสมในเนื้อหอยตลับมากที่สุดและค่าปรอท (Hg) มีการสะสมในเนื้อหอยตลับน้อยที่สุด ดังตารางที่ 1 สอดคล้องกับคุณภาพน้ำทางด้านโลหะพื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยพบว่ามีค่าอาร์เซนิก (As) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.18 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าปรอท (Hg) มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.01 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 3 ส่วนโลหะหนักสะสมในดินตะกอนไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมโลหะหนักหอยตลับโดยตรงแต่ปริมาณความเข้มข้นโลหะหนักที่จะมีผลต่อดำรงชีวิตและการฝังตัวหอยตลับในดินตะกอนรวมถึงไม่เกิดความเครียด(Khowhit *et al*., 2013b)พื้นที่หาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยเป็นพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่ผ่านการบำบัดแล้วน้ำเสียที่เกิดจากบ้านเรือนหรือกิจกรรมชุมชนและน้ำซะจากขยะของเสียจะมีโลหะหนักชนิดอาร์เซนิก (As) เป็นส่วนประกอบมากที่สุดอยู่ด้วยในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ได้แก่โปรตีน คาร์โบไฮเดรตไขมันและน้ำมันผงซักฟอก ฟีนอล ยาปราบศัตรูพืช และยาฆ่าแมลง (Ruchirawat&Satayavivad, 2006; Pung, 2008)ประกอบกับอาร์เซนิก(As)มีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อนกว่าโลหะหนักชนิดอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพในน้ำทะเลจึงทำให้หอยตลับที่มีการหายใจเข้าออกตลอดเวลาที่อาศัยและฝังตัวในบริเวณหาดเลนงอกใหม่แหลมผักเบี้ยมีการสะสมอาร์เซนิก(As)มากที่สุดตามไปด้วย(Khowhit *et al*., 2015c)สอดคล้องกับการศึกษาโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อในหอยสองฝา 6 ชนิดได้แก่หอยแครง (*Anadara granasa*),หอยตลับ(*Marcia hiantina*),หอยตลับ (*Marcia marmorata*),หอยตลับ(*Katelysia hiantina*)หอยตลับ (*Katelysia marmorata*)และหอยเสียบ(*Phaxas attenuates*) (Khowhit *et al*., 2013a)จึงส่งผลทำให้โลหะหนักชนิดอาร์เซนิก (As) มีปริมาณการสะสมในเนื้อเยื้อมากที่สุดและค่าปรอท (Hg) มีปริมาณการสะสมในเนื้อเยื้อน้อยที่สุดตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดต่อการปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)เปรียบเทียบบริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งที่อาศัยฝังตัวและดำรงชีวิตในดินตะกอนพื้นที่ระหว่างระบบบำบัดน้ำเสียแบบระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดพบว่ามีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ(*Meretrix* spp.) รวมทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 0.00333 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก แต่ถ้าแบ่งตามระบบบำบัดน้ำเสียจะพบว่าพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบบ่อบำบัดความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก มีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกอย่างมีนัยสำคัญ (r=0.653; p>0.05) กับพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งระบบพืชบำบัดที่มีความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยตลับ (*Meretrix* spp.)มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00388 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก ส่วนการเปรียบเทียบหอยตลับ(*Meretrix* spp.)ตามชนิด พื้นที่บริเวณที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบ่อบำบัดและระบบพืชบำบัดหอยตลับ(*Meretrix casta*)มีปริมาณเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00222 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก มีค่าน้อยกว่าและไม่มีความแตกต่าง(r=0.434; p>0.05) กับหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00443 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก หอยตลับ(*Meretrix* spp.)สามารถนำไปรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายและส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยและเจ้าหน้าที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

APHA, AWWA.,& WEF. (2009). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.* Washington: 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.

Bayne, B.L., Hawkins, A.J.S., & Navarro, E. (1987). Feeding and Digestion by the Mussels *Mytilus edulis* L in Mixtures of Silt and Algal Cells at Low Concentration. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *111*(1),1-22.

Bricelj, V.M., & Malouf, R.E. (1984). Influence of Algal and Suspended Sediment Concentrations on the Feeding Physiology of the Hard Clam *Mercenaria mercenaria*. *Marine Biology*, 84(2), 155-165.

Department of Health (South Africa). (2003). *Regulation Relating to Maximum Levels for Metals in Foodstuffs :* Amendment.No.R.

EC (European Commission). (2006). *Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. Commission regulation (EC) No 1881/2006. Official Journal of the European Union.

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

HKEPD (Hong Kong Environmental Protection Department). (1997). *Marine water quality in Hong Kong in 1997*. Government Printer Hong Kong.

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., &Boutson, A. (2013a). The Study on of the Concentration of Heavy Metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb) in the Sediment of Coastal Area Receiving Effluent from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System: The Royally LERD Project, Phetchaburi Province. *Thai Journal Toxicology, 28*(2),27-36. (in Thai)

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., &Boutson, A. (2013b). The Study of Heavy Metal Concentrations (As, Cd, Cr, Hg, Ni and Pb) in the Tissue of Edible Bivalves Mollusks Living with in Coastal Area Receiving Effluent from Phetchaburi Municipal Wastewater Treatment System, Laem Phak Bia Sub District, Ban Laem District, Phetchaburi Province.*Thai Journal Toxicology*, *28*(2), 17-26. (in Thai)

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., & Boutson, A. (2015a). Species Composition of Chytoplankton in the Gastrointestinal Tract of *Meretrix casta* in the Coastal Area of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem PhakBia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Thai Journal of Science and Technology*,*23*(1), 73-85. (in Thai)

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., & Boutson, A. (2015b). Species Composition of Chytoplankton in the Gastrointestinal Tract of *Meretrix meretrix* in the Coastal Area of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *KKU Science Journal*, *43*(2), 212-221. (in Thai)

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., &Boutson, A. (2015c).The Study of the Heavy Metals Concentration (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) in Edible Bivalves Mollusks in Coastal Area of Leam Klat, Mueang District, Trat Province.*KKU Science Journal,43*(3), 413-424. (in Thai)

Khowhit, S., Chunkao, K., Inkapatanakul, W., Phewnil, O., &Boutson, A. (2015d).Population Dynamics of Hard Clam (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) in the Coastal Area of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem PhakBia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *KKU Science Journal,43*(4), 212-221. (in Thai)

Khowhit, S., &Chunkao, K. (2016a). Ecological Niche of Hard Clam (*Meretrix casta*, Chemnitz, 1782) in the Mudflat Area of Laem PhakBia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, *7*(1), 124-140. (in Thai)

Khowhit, S., &Chunkao, K. (2016b). Population Dynamics of Hard Clam (*Meretrix meretrix,* Linnaeus, 1758) in the Coastal Area of Laem Phak Bia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Srinakharinwirot Science Journal*, *23*(1), 143-156. (in Thai)

Khowhit, S., &Chunkao, K.(2016c). Influenceof Treated Domestic Effluenton Value of Economically Important Macrobenthic Fauna in the New Mudflat Areas of Laem PhakBia: The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province. *Area Based Development Research Journal,8*(4), 48-96.(in Thai)

Ministry of Public Health (Thailand).(1986). Act of Heavy Metals in Food. Notification of Ministry of Public Health 98 No.

Pisit, T. (2005). *Tidal Current Model in the Navigational Channels of Upper Gulf of Thailand by Mathematical Model.*Master of Degree Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Pung, T. 2008. *Environmental Toxicology* (1st ed.).Publisher of Kasetsart University, Thailand.

Ruchirawat, M., & Satayavivad, J. (2006).*Environmental Toxicolog* (1st ed.).Thailand.

Sarkar, S.K., Cabra, I.H.,Chatterjee, M., Cardoso, I., Bhattacharya, A.K., Satpathy, K.K. &Alam,M.A. (2008). Biomonitoring of Heavy Metals using the Bivalve Molluscs in Sunderban Mangrove Wetland, Northeast Coast of Bay of Bengal (India):Possible risks to human health. *Clean*,*36*, 187-194.

Suwat, T. & Prasert , T. (2011). Influence of Environmental Variables on the Abundanceof Estuarine Clam *Meretrix casta* (Chemnitz, 1782) in Trang Province, Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, *33*(1), 107-115.

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

Yap, C.K., Ismail, A.,Edward, F.B., Tan, S.G.,& Siraj, S.S. (2006). Use of Different Soft Tissues of *Perna viridis* as Biomonitors of Bioavailability and Contamination by Heavy metals (Cd, Cu, Fe, Pb, Ni and Zn) in a Semi Enclosed Intertidal Water, the Johore Straits. *Environmental Toxicology and Chemistr*, *88*(4), 683-695.

Wang, Y., Liang, L.,Shi,J.,& 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.

Zhuang, S.H., & Wang, Z.Q. (2004). Influence of Size, Habitat and Food Concentration on the Feeding Ecology of the Bivalve, *Meretrix meretrix* Linnaeus. *Aquaculture*,*241*(1-4), 689-699.