



การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) สะสมใน
หอยสองฝาที่กินได้ บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด
ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด

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

เสถียรพงษ์ ขาวหิโต^{1*} เกษม จันทร์แก้ว^{1,4} วศิน อิงคพัฒนากุล²
อรอนงค์ ผิวฉนิล¹ และ อนุกรณ์ บุตรสันดี³

บทคัดย่อ

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) สะสมในหอยสองฝาที่กินได้จำนวน 6 ชนิด หอยตลับชนิดที่ 1 (*Meretrix casta*) หอยตลับชนิดที่ 2 (*Meretrix meretrix*) หอยหลอดชนิดที่ 1 (*Solen grandis*) หอยหลอดชนิดที่ 2 (*Solen regularis*) หอยหลอดชนิดที่ 3 (*Solen strictus*) และหอยกาบ (*Pseudodon* sp.) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด ทำการเก็บตัวอย่าง ช่วงน้ำทะเลลงต่ำสุดในฤดูฝน (เดือนมิถุนายน 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555) จากการศึกษาหอยสองฝา 6 ชนิด พบว่าหอยกาบ (*Pseudodon* sp.) มีการสะสมโลหะหนักอาร์เซนิก (As) เนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยมากที่สุด เท่ากับ 0.03908 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.00427 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ชนิดและขนาดของหอยสองฝามีผลต่อความเข้มข้นโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยสองฝา โดยที่หอยสองฝาทั้ง 6 ชนิดมีค่าโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด สามารถนำมารับประทานได้ และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

¹ภาควิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยศิลปากร เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10170

³ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

⁴โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี 76100

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

ABSTRACT

The six species of edible mollusks living in the coastal area of Leam Klat, Mueang District, Trat Province, including *Meretrix casta*, *Meretrix meretrix*, *Solen grandis*, *Solen regularis*, *Solen strictus*, *Pseudodon* sp., were examined to evaluate for the concentration of heavy metals (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb). These samples were collected at the lowest sea levels during the rainy season from July to September in 2012. The highest concentration level recorded where of Arsenic (As), on average were found within the tissue at 0.04037 milligrams/kilogram and It was found that 0.00427 milligrams/liter of water in the mollusk *Pseudodon* sp. Six bivalves recorded in the present study had heavy metal concentrated within their tissues not exceed the present environmental safety standards. The mollusks from coastal region of Leam Klat are safely for feeding. Therefore, they are edible and have no harm after human consumption.

คำสำคัญ: โลหะหนัก กินได้ หอยสองฝา ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด

Keywords: Heavy metals, Edible, Bivalve, Coastal of Leam Klat

บทนำ

ตำบลแหลมกลัดเป็นตำบลหนึ่งที่เป็นที่อยู่ออาศัยรบเชิงเทือกเขาบรรทัด เลียบชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกสุดของประเทศไทย ในอดีตตำบลแหลมกลัดนับว่ามีความอุดมสมบูรณ์ของหอยสองฝามากโดยเฉพาะหอยตลับ (*Meretrix casta*) และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) ในปี 2543 ชาวประมงสามารถเก็บรวมได้ปีละ 1,000 ตัน ทำให้สร้างรายได้และสร้างอาชีพให้กับชาวตำบลแหลมกลัดเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันทรัพยากรหอยสองฝาในพื้นที่ของตำบลแหลมกลัดลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วและใกล้จะสูญพันธุ์ ดังนั้นทางองค์การบริหารส่วนตำบลแหลมกลัดจึงประกาศให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัดเป็นพื้นที่อนุรักษ์ ห้ามจับหอยตลับหรือหอยสองฝาที่มีขนาดเล็กกว่า 3.30 เซนติเมตร และอนุญาตให้ชาวประมงใช้อุปกรณ์ประมงประเภทคราดมือขนาดเล็กเท่านั้น หากฝ่าฝืนจะถูกปรับเป็นเงินจำนวนไม่เกิน 1,000 บาท จากการที่จำนวนชนิดและปริมาณหอยสองฝาลดลงอย่าง

รวดเร็วโดยไม่ทราบสาเหตุ ชาวประมงและชาวบ้านมีความเชื่อว่าน่าจะมาจากการทำเหมืองพลอยในตำบลบ่อไร่ ซึ่งทำให้มีน้ำไหลลงสู่แม่น้ำตราดและไหลเรื่อยมาจนกระทั่งถึงชายฝั่งทะเลตำบลแหลมกลัด จึงส่งผลให้เกิดมลพิษทางน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัด รวมถึงชาวประมงและชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงมีความกลัว ไม่กล้านำหอยสองฝามารับประทานเพราะจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของผู้บริโภค (ไพรวลัย, 2547; รัตนาและคณะ, 2552) หอยสองฝาเป็นสัตว์น้ำที่นิยมนำมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินโดยเฉพาะปัญหามลพิษทางด้านโลหะหนักและตรวจสอบปัญหามลพิษทางด้านสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ เนื่องจากหอยสองฝามีวงจรชีวิตอยู่บริเวณแหล่งนั้น ๆ ไม่เคลื่อนที่ไปไหน กินอาหารโดยการกรอง หายใจเข้าออกและมีน้ำผ่านเข้าออกร่างกายตลอดเวลา ทำให้มีการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อและในตัวหอย (Cajaraville et al., 2000; Funes et al., 2006; Abdullah et al., 2007) จากปัญหาดังกล่าวทำให้หอยสองฝาลดจำนวนลงและ

ใกล้สูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในหอยสองฝาที่กินได้จำนวน 6 ชนิด ที่มีขนาดความยาวที่แตกต่างกันจึงมีความสำคัญเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการจัดการสิ่งแวดล้อมและสัตว์น้ำเพื่อให้มีความยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบเชิงเขาเลียบชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย ตั้งอยู่บนพิกัด UTM 1345277 เหนือ ถึง 1344338 เหนือ และ 0897190 ตะวันออก ถึง 0896996 ตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 82 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลยาว 20 กิโลเมตร รูปที่ 1

2. การเก็บรวบรวมหอยสองฝา

ทำการเก็บรวบรวมหอยสองฝาในช่วงเวลาที่น้ำลงต่ำสุด ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ช่วงฤดูฝน จากเดือนกรกฎาคม 2555 ถึงเดือนกันยายน 2555 เนื่องจากมีปริมาณโลหะหนักสูงที่สุดอาจจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตการสืบพันธุ์และหอยในวัยอ่อนหอยตลับที่พบมากที่สุดในการศึกษาทำศึกษาตัวอย่างหอยสองฝา 3 ชนิด ประกอบด้วยหอยหลอด หอยตลับ และหอยกาบ โดยทำการวัดความยาว และแบ่งหอยสองฝออกเป็น 3 ขนาด คือขนาดกลาง ขนาดเล็ก และ ขนาดใหญ่ ทำการจำแนกชนิดหอยตามวิธี (Nateewathana, 1995; Poutiers, 1998; Swennen et al., 2000; Robba et al., 2001) มีรายละเอียดดังนี้คือหอยตลับชนิดที่ 1 (*Meretrix casta*) เท่ากับ 3.05 ± 0.29 , 4.01 ± 0.27 และ 5.03 ± 0.31 เซนติเมตร ตามลำดับ หอยตลับชนิดที่ 2 (*Meretrix meretrix*) เท่ากับ 3.36 ± 0.16 , 4.64 ± 0.21 และ 5.79 ± 0.21 เซนติเมตร ตามลำดับ

หอยหลอดชนิดที่ 1 (*Solen grandis*) เท่ากับ 5.26 ± 1.05 , 6.52 ± 0.74 และ 7.62 ± 0.48 เซนติเมตร ตามลำดับ หอยหลอดชนิดที่ 2 (*Solen regularis*) เท่ากับ 5.89 ± 0.51 , 6.96 ± 0.35 และ 7.80 ± 0.27 เซนติเมตร ตามลำดับ หอยหลอดชนิดที่ 3 (*Solen strictus*) เท่ากับ 4.05 ± 0.60 , 5.52 ± 0.25 และ 6.55 ± 0.32 เซนติเมตร ตามลำดับและหอยกาบ (*Pseudodon* sp.) เท่ากับ 7.18 ± 0.32 , 8.12 ± 0.17 และ 9.12 ± 0.39 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำการชั่งน้ำหนักหอยรวมเปลือกและตามขนาดของหอยสองฝา ซึ่งขนาดหอยสองฝาต่อชนิดต่อ 1 กิโลกรัม

3. การเก็บตัวอย่างเนื้อและน้ำในตัวหอยสองฝา

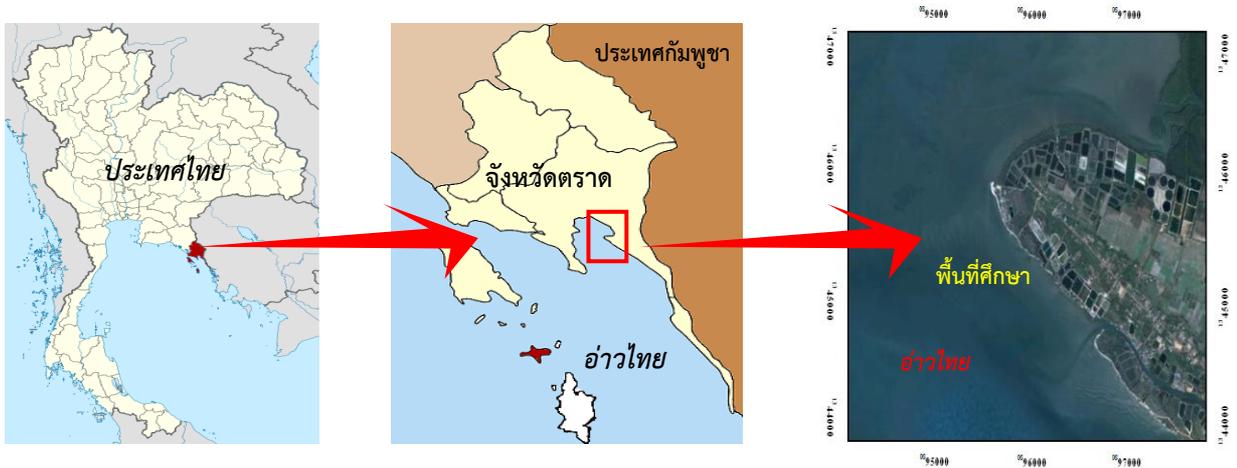
นำหอยสองฝา 3 ขนาด ขนาดละ 1 กิโลกรัมที่ได้มาทำการแกะเปลือก แร่เนื้อบรรจุใส่ถุงพลาสติก ชั่งน้ำหนักเนื้อเยื่อ และนำน้ำในตัวหอยด้วยกระบอกตวง 100 มิลลิตรและบรรจุใส่ถุงพลาสติก หลังจากนั้นนำเนื้อหอยและน้ำในตัวหอยบรรจุในถังพลาสติกอุณหภูมิ -10°C ปิดด้วยกระดาษขาว และนำตัวอย่างหอยสองฝานไปส่งวิเคราะห์ที่ Central Laboratory Thailand (ISO/IEC17025) ต่อไป

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างหอยสองฝา

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อและน้ำในตัว ตามวิธีการ AOAC, 2005; APHA, 2005 โลหะหนักที่ศึกษาประกอบด้วยอาร์เซนิก แคดเมียม โครเมียม พรอท นิกเกิลและตะกั่ว ทำการวิเคราะห์โลหะหนักเนื้อเยื่อหอยสองฝาโดยใช้วิธี Inductively Couple Plasma-Mass Spectroscopy (ICP-MS) และวิเคราะห์น้ำในตัวหอยสองฝา โดยวิธี Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Non-parametric analysis



รูปที่ 1 พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด ตำบลแหลมกลัด อำเภอเมือง จังหวัดตราด

ผลการวิจัย

1. หอยตลับชนิดที่ 1 (*Meretrix casta*)

1.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.01162 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00856 โครเมียมเท่ากับ 0.00375 แคดเมียมเท่ากับ 0.00201 ตะกั่วเท่ากับ 0.00080 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

1.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในน้ำมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00071 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00061 โครเมียมเท่ากับ 0.00046 แคดเมียมเท่ากับ 0.00028 ตะกั่วเท่ากับ 0.00017 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2. หอยตลับชนิดที่ 2 (*Meretrix meretrix*)

2.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.01016 รองลงมาแคดเมียมเท่ากับ 0.00338 นิกเกิลเท่ากับ 0.00294 โครเมียมเท่ากับ 0.00162 ตะกั่วเท่ากับ 0.00051 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

2.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในน้ำมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00113 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00066 โครเมียมเท่ากับ 0.00058 ตะกั่วเท่ากับ 0.00026 แคดเมียมเท่ากับ 0.00024 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

3. หอยหลอดชนิดที่ 1 (*Solen grandis*)

3.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยดังนี้ อาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.01186 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00275 โครเมียมเท่ากับ 0.00170 แคดเมียมเท่ากับ 0.00108 ตะกั่วเท่ากับ 0.00102 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

3.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในน้ำมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00098 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00074 โครเมียมเท่ากับ 0.00027 ตะกั่วเท่ากับ 0.00010 แคดเมียมเท่ากับ 0.00004 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

4. หอยหลอดชนิดที่ 2 (*Solen regularis*)

4.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ มีค่าเฉลี่ยคืออาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.01290

รอง ลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00737 โครเมียมเท่ากับ 0.00328, ตะกั่วเท่ากับ 0.00191 แคดเมียมเท่ากับ 0.00095 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

4.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในน้ำมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00133 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00096 โครเมียมเท่ากับ 0.00031 ตะกั่วเท่ากับ 0.00010 แคดเมียมเท่ากับ 0.00004 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

5. หอยหลอดชนิดที่ 3 (*Solen strictus*)

5.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยคืออาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00504 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00106 โครเมียมเท่ากับ 0.00066 แคดเมียมเท่ากับ 0.00059 ตะกั่วเท่ากับ 0.00032 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

5.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในน้ำมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00074 รองลงมา

นิกเกิลเท่ากับ 0.00058 โครเมียมเท่ากับ 0.00027 ตะกั่วเท่ากับ 0.00010 แคดเมียมเท่ากับ 0.00004 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

6. หอยกาบ (*Pseudodon* sp.)

6.1 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อมีค่าเฉลี่ยคืออาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.03908 รองลงมาโครเมียมเท่ากับ 0.00247 นิกเกิลเท่ากับ 0.00245 ตะกั่วเท่ากับ 0.00169 แคดเมียมเท่ากับ 0.00010 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

6.2 ค่าความเข้มข้นโลหะหนักสะสมน้ำของหอยกาบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอาร์เซนิกพบมากที่สุดเท่ากับ 0.00260 รองลงมานิกเกิลเท่ากับ 0.00070 โครเมียมเท่ากับ 0.00064 ตะกั่วเท่ากับ 0.00033 แคดเมียมเท่ากับ 0.00003 และปรอทเท่ากับ 0.00003 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และน้ำ (mg/L) หอยสองฝา

ดัชนี	โลหะหนัก					
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	ตะกั่ว (Pb)	นิกเกิล (Ni)
หอยตลับชนิดที่ 1 (<i>M. casta</i>) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.00800	0.00115	0.00211	0.00003	0.00027	0.00522
น้ำ	0.00025	0.00007	0.00036	0.00003	0.00013	0.00038
หอยตลับชนิดที่ 1 (<i>M. casta</i>) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.01148	0.00156	0.00256	0.00003	0.00055	0.01052
น้ำ	0.00063	0.00021	0.00040	0.00003	0.00017	0.00058
หอยตลับชนิดที่ 1 (<i>M. casta</i>) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.01537	0.00333	0.00658	0.00003	0.00159	0.00995
น้ำ	0.00124	0.00057	0.00062	0.00003	0.00021	0.00088
ค่าเฉลี่ยหอยตลับชนิดที่ 1 (<i>M. casta</i>)						
เนื้อเยื่อ	0.01162	0.00201	0.00375	0.00003	0.00080	0.00856
น้ำในตัว	0.00071	0.00028	0.00046	0.00003	0.00017	0.00061

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และน้ำ (mg/l) หอยสองฝา (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก					
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	ตะกั่ว (Pb)	นิกเกิล (Ni)
หอยตลับชนิดที่ 2 (<i>M. meretrix</i>) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.00689	0.00262	0.00141	0.00003	0.00037	0.00263
น้ำ	0.00071	0.00014	0.00041	0.00003	0.00017	0.00043
หอยตลับชนิดที่ 2 (<i>M. meretrix</i>) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.01055	0.00333	0.00155	0.00003	0.00052	0.00295
น้ำ	0.00116	0.00019	0.00050	0.00003	0.00022	0.00076
หอยตลับชนิดที่ 2 (<i>M. meretrix</i>) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.01303	0.00420	0.00191	0.00003	0.00063	0.00325
น้ำ	0.00151	0.00039	0.00082	0.00003	0.00040	0.00080
ค่าเฉลี่ยหอยตลับชนิดที่ 2 (<i>M. meretrix</i>)						
เนื้อเยื่อ	0.01016	0.00338	0.00162	0.00003	0.00051	0.00294
น้ำ	0.00113	0.00024	0.00058	0.00003	0.00026	0.00066
หอยหลอดชนิดที่ 1 (<i>S. grandis</i>) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.00508	0.00054	0.00036	0.00003	0.00082	0.00093
น้ำ	0.00057	0.00003	0.00018	0.00003	0.00005	0.00044
หอยหลอดชนิดที่ 1 (<i>S. grandis</i>) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.00982	0.00075	0.00149	0.00003	0.00102	0.00215
น้ำ	0.00088	0.00004	0.00025	0.00003	0.00010	0.00071
หอยหลอดชนิดที่ 1 (<i>S. grandis</i>) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.02069	0.00196	0.00326	0.00003	0.00123	0.00517
น้ำ	0.00150	0.00004	0.00038	0.00003	0.00015	0.00107
ค่าเฉลี่ยหอยหลอดชนิดที่ 1 (<i>S. grandis</i>)						
เนื้อเยื่อ	0.01186	0.00108	0.00170	0.00003	0.00102	0.00275
น้ำ	0.00098	0.00004	0.00027	0.00003	0.00010	0.00074
หอยหลอดชนิดที่ 2 (<i>S. regularis</i>) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.01018	0.00090	0.00115	0.00003	0.00055	0.00457
น้ำ	0.00078	0.00004	0.00025	0.00003	0.00007	0.00084
หอยหลอดชนิดที่ 2 (<i>S. regularis</i>) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.01290	0.00095	0.00328	0.00003	0.00120	0.00737
น้ำ	0.00108	0.00004	0.00030	0.00003	0.00010	0.00093
หอยหลอดชนิดที่ 2 (<i>S. regularis</i>) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.01563	0.00099	0.00541	0.00003	0.00399	0.01018
น้ำ	0.00212	0.00005	0.00038	0.00003	0.00013	0.00112
ค่าเฉลี่ยหอยหลอดชนิดที่ 2 (<i>S. regularis</i>)						
เนื้อเยื่อ	0.01290	0.00095	0.00328	0.00003	0.00191	0.00737
น้ำ	0.00133	0.00004	0.00031	0.00003	0.00010	0.00096

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อ (mg/kg, wet wt) และน้ำ (mg/l) หอยสองฝา (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก					
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	ตะกั่ว (Pb)	นิกเกิล (Ni)
หอยหลอดชนิดที่ 3 (<i>S. strictus</i>) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.00394	0.00053	0.00048	0.00003	0.00031	0.00102
น้ำ	0.00058	0.00004	0.00016	0.00003	0.00008	0.00039
หอยหลอดชนิดที่ 3 (<i>S. strictus</i>) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.00475	0.00056	0.00068	0.00003	0.00032	0.00105
น้ำ	0.00074	0.00004	0.00028	0.00003	0.00010	0.00064
หอยหลอดชนิดที่ 3 (<i>S. strictus</i>) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.00644	0.00069	0.00082	0.00003	0.00034	0.00111
น้ำ	0.00089	0.00004	0.00038	0.00003	0.00012	0.00071
ค่าเฉลี่ยหอยหลอดชนิดที่ 3 (<i>S. strictus</i>)						
เนื้อเยื่อ	0.00504	0.00059	0.00066	0.00003	0.00032	0.00106
น้ำ	0.00074	0.00004	0.00027	0.00003	0.00010	0.00058
หอยกาบ (<i>Pseudodon</i> sp.) เล็ก						
เนื้อเยื่อ	0.03380	0.00005	0.00154	0.00003	0.00078	0.00128
น้ำ	0.00130	0.00001	0.00059	0.00003	0.00027	0.00064
หอยกาบ (<i>Pseudodon</i> sp.) กลาง						
เนื้อเยื่อ	0.04010	0.00012	0.00275	0.00003	0.00124	0.00260
น้ำ	0.00223	0.00003	0.00065	0.00003	0.00033	0.00070
หอยกาบ (<i>Pseudodon</i> sp.) ใหญ่						
เนื้อเยื่อ	0.04333	0.00014	0.00311	0.00003	0.00306	0.00348
น้ำ	0.00427	0.00005	0.00069	0.00003	0.00038	0.00076
ค่าเฉลี่ยหอยกาบ (<i>Pseudodon</i> sp.)						
เนื้อเยื่อ	0.03908	0.00010	0.00247	0.00003	0.00169	0.00245
น้ำ	0.00260	0.00003	0.00064	0.00003	0.00033	0.00070

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักประกอบด้วยอาร์เซนิก แคดเมียม โครเมียม ปรอท นิกเกิลและตะกั่ว สะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝา 6 ชนิดและขนาดที่แตกต่างกันในฤดูฝนทั้งนี้ปริมาณการสะสมโลหะหนักขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ กลไกเมแทบอลิซึม และ สรีรวิทยาของหอยชนิดนั้น (Zwarts, 1991; Van Erkom Schurink and Griffiths, 1992; Brockington and Clarke, 2001; Bayne, 2002; Zhuang and Wang, 2004) หอยสองฝาที่ขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพและ

ระบบการกรองหรือการหายใจเข้าออกดีกว่าหอยสองฝาขนาดเล็ก เมื่อโลหะหนักปะปนมากับน้ำจึงส่งผลทำให้หอยสองฝาที่มีขนาดขนาดใหญ่มีการสะสมโลหะหนักมากกว่าหอยสองฝาขนาดกลางและขนาดขนาดเล็กชนิดของหอยสองฝา (เสถียรพงษ์ และคณะ, 2558) เนื่องจากหอยที่มีขนาดใหญ่มีระยะเวลาการฝังตัวและการดำรงชีวิตที่ยาวนานกว่า รวมถึงลักษณะและการดำเนินกิจกรรมของพื้นที่นั้น ๆ จะมีผลต่อการปริมาณและชนิดการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อและน้ำในตัวมีความเข้มข้นที่สะสมในหอยสองฝาที่แตกต่างกัน

(เสถียรพงษ์ และคณะ, 2556; Hung et al., 1998; Jeng et al., 2000; Hung et al., 2001; Wang et al., 2005; Yap et al., 2006; Sarkar et al., 2008; Alyhya et al., 2010; Tu et al., 2010) เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานและหน่วยงานอื่นๆ (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) ดังตารางที่ 2 จะพบว่าค่าการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อหอยสองฝา 6 ชนิด ยังอยู่เกณฑ์ที่มาตรฐานที่กำหนดค่าอาร์เซนิกมีการสะสมในเนื้อหอยมากที่สุดและค่าที่พบต่ำกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐานสามารถที่จะนำหอยสองฝา 6 ชนิดไปรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภครวมถึงโลหะหนักไม่ทำลายหอยตลับในวัยอ่อนและช่วงระยะเวลาสืบพันธุ์ของหอยตลับที่แหลมกลัดซึ่งพบมากในฤดูฝน (สุขใจ และคณะ, 2541; Wong et al., 1993; Wang et al., 2004) พื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัดมีการอพยพย้ายถิ่นฐานทำให้มีประชากรเพิ่มมากขึ้น

และเกินครึ่งหนึ่งของทั้งหมด คือจำนวนทั้งหมด 1,053ครัวเรือนประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น ปลูกสวนยางพาราและทำฟาร์มเลี้ยงกุ้งทำให้สารเคมี เช่น ยาปราบศัตรูพืช ยาฆ่าแมลง ยาออกฤทธิ์ต้านจุลชีพ ยาปฏิชีวนะ และสารปฏิชีวนะ ซึ่งมีอาร์เซนิกเป็นส่วนประกอบสูง เมื่อฝนตกมีน้ำฝนชะล้างไหลลงไปสู่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด (เจนนุช, 2546; Landne, 1989; Pollution Control Department, 2002) นอกจากนี้ประชากรตำบลแหลมกลัด 6,896 คน และโรงแรม 10 แห่ง ตั้งอยู่บริเวณเลียบชายฝั่งทะเลเทือกเขาบรรทัด ทำให้น้ำเสียที่เกิดจากบ้านเรือนกิจกรรมของชุมชนและโรงแรมมีอาร์เซนิกเป็นส่วนประกอบอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ไซมัน โปรตีน ผงซักฟอก (ตำบลแหลมกลัด, 2557; Ramalho, 1977) ประกอบกับอาร์เซนิกมีโครงสร้างทางเคมีซับซ้อนตัวโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ ส่งผลทำให้โลหะหนักอาร์เซนิกมีการสะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝา 6 ชนิดบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกลัดสูงตามไปด้วย

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝา (mg/kg, wet wt) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

ดัชนี	โลหะหนัก					
	อาร์เซนิก (As)	แคดเมียม (Cd)	โครเมียม (Cr)	ปรอท (Hg)	นิกเกิล (Ni)	ตะกั่ว (Pb)
หอยตลับชนิดที่ 1 (<i>Meretrix casta</i>)	0.01162	0.00201	0.00375	0.00003	0.00856	0.00080
หอยตลับชนิดที่ 2 (<i>Meretrix meretrix</i>)	0.01016	0.00338	0.00162	0.00003	0.00294	0.00051
หอยหลอดชนิดที่ 1 (<i>Solen grandis</i>)	0.01186	0.00108	0.00170	0.00003	0.00275	0.00102
หอยหลอดชนิดที่ 2 (<i>Solen regularis</i>)	0.01290	0.00095	0.00328	0.00003	0.00737	0.00191
หอยหลอดชนิดที่ 3 (<i>Solen strictus</i>)	0.00504	0.00059	0.00066	0.00003	0.00106	0.00032
หอยกาบ (<i>Pseudodon</i> sp.)	0.03908	0.00010	0.00247	0.00003	0.00245	0.00169
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	

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักสะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝา (mg/kg, wet wt) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

ดัชนี	โลหะหนัก					
	อาร์เซนิก	แคดเมียม	โครเมียม	ปรอท	นิกเกิล	ตะกั่ว
	(As)	(Cd)	(Cr)	(Hg)	(Ni)	(Pb)
Hong Kong Environmental Protection Department (1997)	10	2		0.5	6	
Department of Health (2003)		3		1	4	
China (Zhang et al, 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

การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักประกอบด้วยอาร์เซนิก แคดเมียม โครเมียม ปรอท นิกเกิลและตะกั่ว หอยสองฝา 6 ชนิด และขนาดหอยสองฝาแบ่งหอยสองฝ้าออกเป็น 3 ขนาด คือขนาดกลาง ขนาดเล็ก และ ขนาดใหญ่ จำนวนน้ำหนักเท่ากันคือ จำนวน 1 กิโลกรัมต่อชนิด บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัด พบว่าหอยกาบ (*Pseudodon* sp.) มีค่าเฉลี่ยการสะสมโลหะหนักอาร์เซนิกเนื้อเยื่อและน้ำในตัวหอยมากที่สุด รองลงมาเป็นหอยหลอดชนิดที่ 2 (*Solen regularis*), หอยหลอดชนิดที่ 1 (*Solen grandis*) หอยตลับชนิดที่ 1 (*Meretrix casta*) หอยตลับชนิดที่ 2 (*Meretrix meretrix*) และหอยหลอดชนิดที่ 3 (*Solen strictus*) ตามลำดับ หอยสองฝ้า บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมกลัดสามารถนำไปรับประทานได้ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยต่อผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนาและโครงการศึกษาและวิจัยสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจาก

พระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2529). พระราชบัญญัติโลหะหนักในอาหาร. ประกาศกระทรวง สาธารณสุข. ฉบับที่ 98.
- เจนุช ว่องรัชชัย. (2547). ผลของยาและสารเคมีต่อสุขภาพกุ้ง. ในรายงานการวิจัยเรื่องบทวิเคราะห์ และสังเคราะห์งานวิจัยกุ้งทะเลของประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2546. 46-73.
- ตำบลแหลมกลัด อำเภอมือง จังหวัดตราด (2557). องค์การบริหารส่วนตำบลแหลมกลัด แหล่งข้อมูล: <http://www.laemglad.go.th/index.php> ค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557.
- ไพรวลัย สีอิน. (2547). การศึกษาสถานการณ์หอยขาว เพื่อหาแนวทางในการอนุรักษ์ การวางแผนร่วมกันและใช้ประโยชน์หอยขาวอย่างยั่งยืนโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนบ้านแหลมกลัด อ.เมือง จ.ตราด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย กรุงเทพฯ. 1-80 หน้า
- รัตนา มั่นประสิทธิ์, กมลรัตน์ พุทธิรักษา, บุญฤทธิ์ เจริญสมบัติ และ อุตม เครือเนียม. (2552). ปัจจัยการอยู่อาศัยของหอยตลับ (*Meretrix* spp.) บริเวณชายฝั่งตำบลแหลมกลัด จังหวัดตราด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2552. ศูนย์วิจัย และพัฒนาประมงอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ระยอง), สถาบันวิจัยและพัฒนา

- เทคโนโลยีประมงทะเล, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. 1-33 หน้า.
- สุขใจ รัตนยุวกร, ศิริวรรณ แวสวัสดิ์, บัญชา นิลเกิด และคเชนทร เถลิวัฒน์. (2541). พัฒนาการของเซลล์สืบพันธุ์และวงจรสืบพันธุ์ของหอยตลับขาว *Meretrix casta* Gmelin, 1791 บริเวณหาดแหลมกลัดจังหวัดตราด. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติวิทยาศาสตร์. 41:1 (ม.ค.-มิ.ย. 52): 75-90 หน้า.
- เสถียรพงษ์ ขาวหิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิณ อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และอนุกรมบุตรสันต์. (2556). การศึกษาความเข้มข้นโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni และ Pb) สะสมในเนื้อเยื่อหอยสองฝาที่กินได้ บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วารสารพิษวิทยาไทย. 23(1).
- เสถียรพงษ์ ขาวหิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิณ อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิลและอนุกรม บุตรสันต์. (2558). องค์ประกอบชนิดแพลงก์ตอนพืชในท่อทางเดินอาหารหอยตลับ (*Meretrix casta*) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย: โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริจังหวัดเพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 23(1): 73-85.
- Abdullah, M.H., Sidi, J. and Aris, A.Z. (2007). Heavy metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in *Meretrix Meretrix* Röding, water and sediments from estuaries in Sabah, North Borneo. Inter J. Environ Sci Education. 2(3): 69-74.
- Alyahya, H., El-Gendy, A.H., Farraj, S.A. and El-Hedeny, M. (2010). Evaluation of heavy metal pollution in the Arabian gulf using the Clam *Meretrix meretrix* Linnaeus, 1758. Water Air Soil Pollution. 214: 499-507.
- APHA, AWWA, 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.
- Bayne, B.L. (2002). A physiological comparison between pacific oysters *Crassostrea gigas* and Sydney Rock oysters *Saccostrea glomerata*: food, feeding and growth in a shared estuarine habitat. Mar Ecol Prog Ser. 232: 163-178.
- Brockington, S. and Clarke, A. (2001). The relative influence of temperature and food on the metabolism of a marine invertebrate. J Exp Mar Biol Ecol. 258: 87-99.
- Cajaraville, M.P., Bebianno, M.J., Blasco, J., Porte, C., Sarasquete, C. and Viarengo, A. (2000). The Use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the iberian peninsula: a practical approach. Sci Total Environ. 247: 295-311.
- 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. p 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). แหล่งข้อมูล: http://www.fsvps.ru/fsvps/main.html?_language=en ค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557.

- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). (2014). แหล่งข้อมูล: <http://eng.kfda.go.kr/index.php> ค้นเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2557.
- Funes, V., Alhama, J., Navas, J.I., Lopez-Barea, J. and Peinado, J. (2006). Ecotoxicological effects of metal pollution in two mollusc species from the spanish south atlantic littoral. *Environ Pollut.* 139: 214-223.
- HKEPD (Hong Kong Environmental Protection Department). (1997). Marine water quality in Hong Kong in 1997. Government Printer Hong Kong.
- Hung, T.C., Jeng, W.L., Ling, Y.C. and Han, B.C. (1998). Distribution of heavy metals along the machu/taiwan-minjiang/china estuarine and coastal waters, sediments and bivalves. *Toxicol Environ Chem.* 67: 83-103.
- Hung, TC, Meng, P.J., Han, B.C., Chuang, A. and Chuang, C. (2001). Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal areas. *Chemosphere* 44: 833-841.
- Jeng M-S, Jeng W-L, Hung T-C, Yeh, C.Y., Tseng, R.J., Meng, P.J. and Han, B.C. (2000). Mussel watch: A review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan, 1991-98. *Environ Pollut.* 110: 207-215.
- Landner, L. (1989). Chemical in aquatic environment. Springer-verlag, Berlin, Germany.
- Nateewathana, A. (1995). Taxonomic account of commercial and edible mollusks, excluding cephalopods of Thailand. *Phuket Mar Biol Cen Res Bull.* 15: 93-116.
- Pollution Control Department. (2002). Coastal water quality project near the gulf of thailand and the Andaman sea on the west. Ministry of science technology and environment, Bangkok.
- Poutiers, J.M. (1998). The living marine resources of the western central pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Carpenter KE. Niem VH. (Eds). Volume 1. Food and agriculture organization of the united nations, Rome, Italy. 238 p.
- Ramalho, R.S. (1977). Introduction to wastewater treatment processes. New York, USA: Academic Press, Inc., 402 p.
- Robba, E., Geronimo, I.D., Chaimanee, N., Negri, M.P. and Sanfilippo, R. (2002). Holocene and recent shallow soft bottom mollusks from the northern gulf of Thailand area. *Bivalvia Bol Malacol Roma.* 38: 49-132.
- Sarkar, S.K., Cabra, I.H., Chatterjee, M., Cardoso, I., Bhattacharya, A.K., Satpathy, K.K. and 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.
- Swennen, C., Moolenbeek, R.G., Ruttanadukul, N., Hobbelink, H., Dekker, H. and Hajisamae, S. (2001). The Molluscs of the southern gulf of Thailand: The biodiversity research and training program, Bangkok. 210 p.
- 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. *Fish Sci.* 76: 677-686.
- USFDA (Food & Drug Administration of the United States). (1990). US food and drug administration. Washington, DC. USA: Shellfish Sanitation Branch.
- Van Erkom Schurink, C. and Griffiths, C.L. (1992). Physiological energetics of four south african mussel species in relation to body size,

- ration and temperature. *Comp Biochem Physiol.* 101A (4): 779-789.
- 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. *Environ Int.* 31: 1103-1113.
- Wang, Q., Liu, B., Yang, H., Wang, X. and Lin, Z. (2009). Toxicity of lead, cadmium and mercury on embryogenesis, survival, growth and metamorphosis of *Meretrix meretrix* larvae *Ecotoxicology* 18: 829-837.
- Wong, C.K., Chu, K.H., Tang, K.W., Tam, T.W. and Wong, L.J. (1993). Effects of chromium, copper and nickel on survival and feeding behaviour of *Metapenaeus ensis* larvae and postlarvae (Decapoda: Penaeidae). *Mar Environ Res* 36: 63-78.
- Yap, C.K., Ismail, A., Edward, F.B., Tan, S.G. and 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. *Toxicol Environ Chem.* 88(4): 683-695.
- Zhang, W.B., Jin, M. and Zhou, Y. (2004). China's marine shellfish standard and heavy metal pollution index. *Mar Sci (Chinese)*. 28: 72-74.
- Zhuang, S.H. and Wang, Z.Q. (2004). Influence of size, habitat and food concentration on the feeding ecology of the bivalve, *Meretrix meretrix* Linnaeus. *Aquaculture* 241: 689-699.
- Zwarts, L. (1991). Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastoderma edule* in the Dutch Wadden Sea. *Neth J Sea Res.* 28: 231-245.

