



วันที่รับบทความ : 27/02/2562
วันแก้ไขบทความ : 15/03/2562
วันที่ตอบรับบทความ : 22/03/2562

วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Journal of Allied Health Sciences Suan Sunandha Rajabhat University

การปนเปื้อนของแคดเมียม และตะกั่วในหอยแครง (*Anadara granosa*) และหมึก (*Loligo formosana*) จากตลาดในพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

ปริศนา เพียรจริง

วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

E-mail: prisna.pi@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก แคดเมียม และ ตะกั่ว ในหอยแครง (*Anadara granosa*) และ หมึกกล้วย (*Loligo formosana*) ที่มีขายตามท้องตลาดในช่วงเดือน กันยายน พ.ศ. 2559 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ในพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เขตดุสิต ได้แก่ ตลาดเทวราชา ตลาดศรีศรีราชวัตร ตลาดพงษ์ทรัพย์ และตลาดกรุงธน และประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลที่ปนเปื้อนโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดนี้ ผลการศึกษาพบว่าเก็บตัวอย่าง หอยแครง และหมึก จำนวน 36 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณแคดเมียมในเนื้อหอยแครงอยู่ระหว่าง 0.022 - 6.228 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเปียก พบมากที่สุดจากตัวอย่างที่เก็บจากตลาดศรีราชวัตร ในเดือน กันยายน พ.ศ. 2559 ปริมาณแคดเมียมที่พบในหมึกกล้วย อยู่ระหว่าง 0.022 – 1.056 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ส่วนปริมาณตะกั่วที่พบในเนื้อหอยแครงทั้ง 3 เดือนอยู่ระหว่าง 0.023 – 1.336 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ส่วนปริมาณตะกั่วในเนื้อหมึกอยู่ระหว่าง 0.0001 – 0.781 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อหอยแครงเกินมาตรฐานของสหภาพยุโรป (1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก) จำนวน 8 ตัวอย่าง และหมึกกล้วยจำนวน 1 ตัวอย่าง ส่วนปริมาณตะกั่วในเนื้อหอยแครง ที่เกินเกณฑ์มาตรฐานของ FAO/WHO (2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก) จำนวน 4 ตัวอย่าง เมื่อพิจารณา การรับสัมผัสในแต่ละวันของแคดเมียม และตะกั่วพบว่าหากบริโภคหอยแครงเกินกว่า 10 กรัม/วัน และบริโภค หมึกกล้วยเกินกว่า 50 กรัม/วัน จะได้รับแคดเมียมเกินเกณฑ์มาตรฐานการรับสัมผัสในแต่ละวันที่กำหนด ส่วนความเสี่ยงทางสุขภาพจากตะกั่ว พบว่า หากบริโภคหอย ในอัตรา 120 กรัม/วัน และ หมึกในอัตราตั้งแต่ 200 กรัม/วัน จะมีความเสี่ยงทางสุขภาพ

คำสำคัญ : แคดเมียม, ตะกั่ว, หอยแครง, หมึกกล้วย, ตลาด, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา



Contamination of Cadmium and Lead in Squid (*Loligo formosana*) and Blood Cockle (*Anadara granosa*) Collected from Markets in the Area around Suan Sunandha Rajabhat University and Health Risk Assessment

Prisna Pianjing

College of Allied Health Science, Suan Sunandha Rajabhat University

E-mail: prisna.pi@ssru.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research were to study contamination of heavy metal such as lead (Pb) and cadmium (Cd) in blood cockle (*Anadara granosa*) and squid (*Loligo formosana*) that were sold in commercial markets near Suan Sunandha Rajabhat University Dusit including, Thewaraja market, Sriratchawat market, Pongsap market and Krunghthon market during September 2012 – November 2012 and assess the health risk that occurred from consumption of seafood contaminated with these 2 heavy metals. The result showed that the collected samples were 36 samples of blood cockle and squid. The result showed that contaminations of cadmium in blood cockle ranged from 0.022 – 6.228 mg/kg wet weight. The maximum concentration of cadmium contaminated in blood cockle was the sample that collected from Ratchawat market during September 2012. The contamination of cadmium in squid ranged from 0.022 – 1.056 mg/kg wet weight. The contamination of lead in blood cockle ranged from 0.023 – 1.336 mg/kg wet weight. The contamination of lead in squid ranged from 0.0001 – 0.781 mg/kg wet weight. The contaminations of cadmium that exceed the standard of European Union (EU) (1 mg/kg wet weight) were found in 8 samples of blood cockle and 1 sample of squid. The contaminations of lead that exceed the standard of FAO/WHO (2 mg/kg wet weight) were found in 4 samples of blood cockle. When considered the daily exposure of cadmium and lead, it showed that consumption of blood cockle more than 10 g/day and consumption of squid more than 50 g/day could have the risk to obtain cadmium exceeding the daily exposure standard guideline. The result of risk assessment of lead exposure revealed that consumption of blood cockle at the rate 120 g/day and squid at the rate 200 g/day can cause the health risk.

Keywords: Cadmium, Lead, Blood cockle, Squid, Market, Suan Sunandha Rajabhat University



บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการปนเปื้อนของสารมลพิษจากกิจกรรมมนุษย์ได้รับความสนใจไปทั่วโลก เนื่องจาก การปนเปื้อนของมลสารไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการสะสมในสิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่มลสารเหล่านั้นยังได้กลับมาสัมผัสผ่านทางห่วงโซ่อาหาร โดยมนุษย์ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายด้วยการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อน ซึ่งอาจมีผลต่อสุขภาพในระยะยาว และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่นๆ ตามมา เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ หลอดเลือด เป็นต้น โลหะหนักแคดเมียม และ ตะกั่วเป็นธาตุที่พบและกระจายตัวอยู่ในสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ และมักถูก น้ำฝนพัดพาแร่โลหะไปสู่แม่น้ำลงสู่ดินทะเล และมหาสมุทร เกิดการสะสมตะกอนตามแหล่งน้ำ และผ่านเข้าทาง จุลินทรีย์ พืช สัตว์ เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและ มนุษย์ได้รับผ่านการบริโภคสัตว์ที่ปนเปื้อนโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย โดยหากได้รับแคดเมียมในปริมาณที่จะมีผลกระทบต่อไต และอาจส่งผลต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ในขณะที่ตะกั่วจะมีผลต่อสมอง การทำงานระบบประสาท และก่อให้เกิดภาวะความดันโลหิตสูง โลหะหนักทั้งสองชนิดถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งควรตรวจสอบการปนเปื้อนอยู่เสมอ¹ จากการรายงานของ รัชดา อธิพิงษ์, วลัยคลีฉายา² ที่พบรายงานการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารทะเลจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ โดยสรุปว่าอาหารทะเล กลุ่มหมึกมีค่าการปนเปื้อนโลหะแคดเมียม แต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด แต่พบว่ามีโลหะหนักบางตัวอย่างมีแนวโน้มที่จะเกินค่ามาตรฐานโดยเฉพาะเนื้อของหมึก นอกจากนี้

สุพรรณษา เกียรติสยามภู, สุนิสา ชายเกลี้ยง³ ยังพบว่ามีการสะสมของตะกั่วในหอยที่อยู่ในอำเภอนองเลิงเปือย จ.ขอนแก่น ซึ่งกลุ่มประชาชนที่อาศัยในบริเวณดังกล่าวบริโภคหอยในปริมาณมาก และมีการประเมินว่ามีความเสี่ยงที่จะได้รับสารตะกั่วเกินเกณฑ์มาตรฐาน จิราภา อุณหเลขกะ และคณะ⁴ ศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ดีบุกและปรอทที่ปนเปื้อนในหอยแครง และ หอยแมลงภู่บริเวณอ่าวไทยตอนในปี 2552 ครอบคลุมจังหวัด เพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรสาคร พบว่าหอยแครง จำนวน 4 ตัวอย่างจากบ่อเลี้ยง 4 แห่ง จากจำนวน 48 ตัวอย่างที่สุ่มเก็บมา มีแคดเมียมสูงกว่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป โดยจิราภา และคณะ⁴ ได้แนะนำให้ทำการตรวจวัดหาโลหะหนักในเนื้อหอยอย่างสม่ำเสมอ จากรายงานวิจัยจำนวนมาก พบว่าแคดเมียมและตะกั่วเป็นธาตุโลหะหนักที่มีความเสี่ยงในการสะสมในอาหารโดยเฉพาะอาหารทะเล ซึ่งหากได้รับโลหะหนักทั้งสองชนิดนี้ในปริมาณไม่สูงมากนัก แต่ได้รับเป็นประจำ อาจก่อความเสี่ยงทางสุขภาพในระยะยาว โดยเฉพาะธาตุทั้งสองชนิดนี้ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็ง ซึ่งหากได้รับในปริมาณต่ำ แต่ได้รับในระยะเวลาอันยาวนาน อาจมีส่วนในการเพิ่มความเสี่ยงโรคมะเร็งได้ในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม และตะกั่วในหมึกกล้วย และหอยแครงที่ขายในตลาดสดรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นอาหารทะเลที่มีการขายอยู่เป็นประจำ และมีแนวโน้มที่จะปนเปื้อนโลหะหนัก และอาจมีผลสุขภาพของประชาชนที่บริโภค ผลการวิจัยนี้จะป็นข้อมูลที่จะช่วยเสริม



การเฝ้าระวังการรับสัมผัสโลหะหนักทั้งสองชนิดนี้ และ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาทางด้าน สุขภาพในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก แคดเมียม และ ตะกั่ว ใน หอยแครง และหมึกกล้วย ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป
2. เพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ จากการบริโภคอาหารทะเลที่ปนเปื้อนโลหะหนัก แคดเมียม และตะกั่ว

ระเบียบวิธีวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาค้นคว้านี้ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ โดยรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในเขตบางพลัด และ เขตดุสิต โดยเก็บตัวอย่างจากตลาดที่ขึ้น ทะเบียนอย่างถูกต้องกับเขตและมีการขายอาหาร ทะเลในแผงขายในตลาดเป็นประจำ แบ่งออกได้เป็น เขตดุสิต ประกอบด้วยตลาดที่ขึ้นทะเบียนถูกต้องกับ เขตมี 3 ตลาดคือ ตลาดศรีราชวัตร ตลาดศรียาน และตลาดเทวราช เขตบางพลัด ประกอบด้วย ตลาดที่ขึ้นทะเบียนถูกต้องโดยมีทั้งหมด 2 ตลาดคือ ตลาดกรุงธน และตลาดพงษ์ทรัพย์

สถานที่เก็บตัวอย่าง

การศึกษาค้นคว้านี้ทำการเก็บตัวอย่างหมึก กล้วย และหอยแครง ซึ่งเป็นอาหารทะเลที่คนไทย

นิยมบริโภค และหาซื้อได้ตลอดทั้งปี ตัวอย่างจะใช้วิธี สุ่มเก็บอย่างง่ายจากแผงตลาด ซึ่งจากการสำรวจ เบื้องต้นพบว่าเขตดุสิตมี 3 ตลาด

- ตลาดเทวราช(เทวราช) มีร้านขาย อาหารทะเลทั้งหมด 9 ร้าน เลือกอย่างน้อย 3 ร้าน ด้วยการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้วิธีจับฉลากเลือกร้าน ก่อน ก่อนดำเนินการซื้ออาหารทะเล

- ตลาดศรีศรีราชวัตรมีร้านขายอาหาร ทะเลทั้งหมด 4 ร้าน เลือกอย่างน้อย 3 ร้านด้วย การสุ่มอย่างง่าย โดยใช้วิธีจับฉลากเลือกร้าน ก่อนดำเนินการซื้ออาหารทะเล

เขตบางพลัดมี 2 ตลาดได้แก่ ตลาดพงษ์ ทรัพย์ และตลาดกรุงธน มีร้านขายอาหารทะเลเพียง ตลาดละ 1 ร้าน

เก็บตัวอย่าง หอยแครง และ หมึกกล้วย จากตลาดศรีศรีราชวัตร ตลาดศรียาน ตลาดเทวราช (เทเวศร์) ตลาดกรุงธน และตลาดพงษ์ทรัพย์ ตลาด ดังกล่าวได้ขึ้นทะเบียนกับของเขตนั้นๆ ระยะเวลา การเก็บตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 ระยะ

ระยะที่ 1 กลางฤดูฝน เดือนกันยายน 2559

ระยะที่ 2 ปลายฤดูฝน เดือนตุลาคม 2559

ระยะที่ 3 ต้นฤดูหนาว เดือนพฤศจิกายน 2559

กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่มตัวอย่าง

การศึกษาค้นคว้านี้เลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็น หมึกกล้วย (*Loligo formosana*)และ หอยแครง (*Anadara granosa*) จากร้านค้าในตลาด โดยสุ่ม เก็บในช่วงเวลา ใกล้เคียงกันใน 1 อาทิตย์ ให้ได้ 3 กลุ่มตัวอย่าง

**การเตรียมตัวอย่าง และการวิเคราะห์โลหะหนัก**

การศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์โลหะหนักตามวิธีการของ Zhuang⁵ โดยนำตัวอย่างหมึกนำเอากระดองออก และส่วนที่กินไม่ได้ออกไป ใช้เนื้อและหนวด ส่วนหอยแกะเอาเนื้อด้านใน โดยตัวอย่างทั้งหมดมาล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80° C เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาตำในครกไม้ ให้ละเอียด และเก็บไว้ในถุงพลาสติก รักษาตัวอย่างไว้ในตู้ควบคุมความชื้น เพื่อรอการนำไปย่อยด้วยกรดและวิเคราะห์ต่อไป

นำตัวอย่างที่บดละเอียดมาชั่ง 1-2 กรัม หลังจากนั้นนำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 20 mL ใส่กรด HNO₃ เข้มข้น จำนวน 5 mL และ H₂SO₄ mL ย่อยบน hot plate ที่อุณหภูมิต่ำจนสารละลายตัวอย่างใส แล้วทิ้งให้เย็น นำมากรองด้วยกระดาษกรอง No.5 Diameter 110 mm (Whatman) แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 mL เก็บใส่ขวด Polyethelene (PE) ขนาด 120 mL นำไปแช่ตู้เย็นเพื่อรอการวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) SHIMADZU รุ่น AA-7000

การแปลงหน่วยความเข้มข้นจากน้ำหนักแห้งไปสู่ น้ำหนักเปียก

การศึกษาครั้งนี้จะแปลงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเป็นโลหะหนักในน้ำหนักเปียกเพื่อให้ตรงตามลักษณะการบริโภคจริง โดยวิธีการแปลงหน่วยความเข้มข้นจากน้ำหนักแห้งไปสู่ น้ำหนักเปียกโดยหาค่า

Conversion Factor หรือ CF ใช้ตามการศึกษาของ Yang และ Miyazaki⁶ โดยมีรายละเอียดดังนี้

conversion factor หรือ CF

$$= 1 - (\text{ค่าเฉลี่ยความชื้นในตัวอย่าง}/100)$$

เมื่อความชื้นในตัวอย่าง = 100 x (น้ำหนักเปียก - น้ำหนักแห้ง) / น้ำหนักเปียก

ประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก

การประเมินการรับสัมผัสสารในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการประเมิน ค่า Lifetime Average Daily Dose หรือ LADD ตามข้อกำหนดของ USEPA (2004)⁷ ดังสมการ

$$LADD = (C_{\text{food}} \times IR_{\text{food}} \times EF \times ED) / (BW \times AT)$$

LADD = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคปลาที่ปนเปื้อน (มก./กก./วัน)

C_{food} = ความเข้มข้นของการปนเปื้อนในปลา (มิลลิกรัม./กรัมอาหาร)

IR_{food} = อัตราการบริโภคอาหารทะเล (กรัม/วัน) ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการประเมินระดับการบริโภคที่ปลอดภัย และ ระดับที่อาจจะทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยโดยเทียบผลการคำนวณกับค่าอ้างอิงในการได้รับ แคดเมียม และตะกั่ว ต่อวันที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก คือ แคดเมียมไม่ควรเกิน 1 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว/วัน ส่วนตะกั่วไม่ควรได้รับเกิน 3 ไมโครกรัม/วัน⁸

EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี) คือ 365 วัน



ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี) คือ 70 ตามอายุเฉลี่ยที่ใกล้เคียงคนไทย ตามประกาศขององค์การอนามัยโลก⁹

BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.น้ำหนักตัว) คือ 50 กิโลกรัม ใช้การศึกษาของ Agus¹⁰

AT = ระยะเวลาที่สัมผัสต่อ 1 ปี ซึ่งในการศึกษานี้กำหนดให้สัมผัสทุกวันคือ 365ต่อปี วันตลอดช่วงอายุขัย

ประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารโลหะหนัก (Target Hazard Quotient (THQ))

Target Hazard Quotient (THQ) เป็นการคาดการณ์โอกาสที่จะเกิดของความเสี่ยงและศักยภาพของผลไม่พึงประสงค์ในอนาคต ซึ่งจะหาแนวทางป้องกันที่เหมาะสมกับความเสี่ยงได้เป็นการประเมินความเสี่ยงของการเกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย โดยที่การคำนวณค่า Target Hazard Quotient (THQ) ที่ได้ไม่ควรเกิน 1 มีรายละเอียดการคำนวณตามการศึกษาของ Storelli¹¹ ดังนี้

$$THQ = ((EF \times ED \times FI \times MC) / RfD \times BW \times AT) \times 0.001$$

เมื่อ EF คือ ความถี่ที่ได้รับสารพิษคิดเป็น 365 วัน/ปี

ED คือ อายุเฉลี่ยของคนคิดเป็น 70 ปี

F คือ อาหารที่ได้รับ (กรัม/คน/วัน)

MC คือ ความเข้มข้นของโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก)

RfD คือ เกณฑ์มาตรฐานของโลหะหนักที่ถูกกำหนดว่า ไม่ควรได้รับสัมผัสเกินตามที่กำหนด

โดยกำหนดให้ แคดเมียม มีค่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว⁸ และตะกั่วมีค่า 3 ไมโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว⁸

BW คือ น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 50 กิโลกรัม¹⁰

AT คือ เวลา [(365วัน/ปี) × 70]

การตรวจสอบความถูกต้องการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก

งานวิจัยนี้ได้ใช้วัสดุอ้างอิงจากสถาบันมาตรวิทยา ประเทศไทย รหัส TRM – F-4002 ที่ใช้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณโลหะหนักในเนื้อหอยแครง และเนื้อหมึกกล้วยที่ตรวจวัดได้จากการศึกษาครั้งนี้ โดยวัสดุอ้างอิงดังกล่าวเป็นเนื้อกุ้งที่ประกอบด้วย แคดเมียมที่มีความเข้มข้น 2.05 ± 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมีปริมาณ ตะกั่ว 1.80 ± 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อนำวัสดุอ้างอิงมาทำการวิเคราะห์หาโลหะหนักตามวิธีที่ใช้ในการศึกษานี้พบว่าค่าของแคดเมียมที่ตรวจวัดได้คือ 2.01 ± 0.12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และค่าของตะกั่วที่ตรวจวัดได้คือ 1.75 ± 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นค่าที่มีการ recovery เกินร้อยละ 95 และยอมรับได้

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการสำรวจการปนเปื้อนของโลหะหนัก 2 ชนิดได้แก่ แคดเมียมและตะกั่วในหอยแครงและหมึกกล้วย บริเวณรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จาก 2 เขต คือ เขตอุตสาหกรรมและเขตบางพลัดในเดือน กันยายน – เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2559



เก็บตัวอย่างได้ทั้งหมด 72 ตัวอย่าง จากตลาด 4 แห่ง ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมใน หมึกกล้วย และ หอยแครง ทั้งสามเดือน พบว่า ปริมาณแคดเมียมใน เนื้อหอยแครงพบมากที่สุดจากตัวอย่างหอยแครง ที่เก็บจากตลาดศรีราชวัตร ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2559 โดยพบมากถึง 6.228 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก รองลงมาคือ ในตลาดเทวราชา ในเดือนเดียวกัน คือ พบ 5.43 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ส่วนปริมาณแคดเมียมที่พบน้อยที่สุดใน หอยแครงจากตลาดศรีราชวัตร ที่สุ่มเก็บในเดือน ตุลาคม คือ 0.022 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ปริมาณแคดเมียมที่พบในเนื้อหมึกกล้วยสูงสุดคือ หมึกกล้วยที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากตลาดศรีราชวัตร ในเดือนกันยายน คือ 1.056 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ดังตารางที่ 1 ส่วนปริมาณตะกั่วที่พบ มากที่สุดในเนื้อหอยแครงที่สุ่มจากตลาดพงษ์ทรัพย์ ในเดือน ตุลาคม คือ มีปริมาณ 1.3226 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ส่วนปริมาณตะกั่วในเนื้อหมึก ที่พบมากที่สุดคือเนื้อหมึกที่สุ่มเก็บจากตลาดพงษ์ทรัพย์ ในเดือนตุลาคม โดยพบปริมาณ 0.781 มิลลิกรัม/ กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ดังตารางที่ 2

ปริมาณของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในหมึก และหอยแครงที่เก็บตัวอย่างมานั้น พบว่าปริมาณ แคดเมียมในเนื้อหมึก และหอยนั้นมี 9 ตัวอย่างจาก จำนวนที่เก็บ ทั้งสามเดือนเกินเกณฑ์มาตรฐานของ การปนเปื้อนแคดเมียมในอาหารทะเลที่กำหนด

โดยสหภาพยุโรป หรือ EU ปริมาณของการปนเปื้อน ของแคดเมียมที่ EU กำหนดให้มีได้ในเนื้อหอยสองฝา และหมึก ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ¹² โดยเป็นการปนเปื้อนที่เกินเกณฑ์มาตรฐานในเนื้อ หอยแครง 8 ตัวอย่าง และในเนื้อหมึก 1 ตัวอย่าง อย่างไรก็ตามเกณฑ์มาตรฐานของการปนเปื้อน แคดเมียมในอาหารทะเลที่กำหนดโดย องค์การ อาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ หรือ FAO และองค์การอนามัยโลก หรือWHO หรือ FAO/WHO guideline¹³ กำหนดให้แคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเล มีได้ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก¹³ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของ สหภาพยุโรป หาก พิจารณาจากปริมาณที่ตรวจพบในการศึกษารั้งนี้ พบจำนวนตัวอย่างที่เกินเกณฑ์ FAO/WHO 2011¹³ จำนวน 4 ตัวอย่าง โดยพบการปนเปื้อนในเนื้อ หอยแครงทั้ง 4 ตัวอย่าง อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดค่าการปนเปื้อนของแคดเมียม ในอาหารทะเล ส่วนเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อน ของตะกั่วในเนื้อหอยสองฝา และหมึกกล้วยนั้นยังไม่มี การกำหนดที่จำเพาะเจาะจง แต่มีการกำหนด ค่าการปนเปื้อนของตะกั่วในกลุ่ม crustacean ซึ่งกำหนดไว้ 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม⁷ ดังนั้นหาก พิจารณาตามเกณฑ์นี้พบว่าตัวอย่างหมึกกล้วยเกิน มาตรฐาน จำนวน 4 ตัวอย่าง และหอยแครงเกิน มาตรฐาน 6 ตัวอย่าง



ตารางที่ 1 ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก) ในหมึกกล้วย และ หอยแครง ที่สุ่มเก็บจากตลาดรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปี พ.ศ. 2559

ตลาดที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียมในหอยแครง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)		ปริมาณแคดเมียมในหมึกกล้วย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	
	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
เดือนกันยายน				
เทวราชา	4.26 – 5.43	4.76 ± 0.827	0.617 – 0.959	0.788 ± 0.241
ศรีราชวัตร	1.43 – 6.228	3.688 ± 3.592	0.648 – 1.059	0.787 ± 0.232
พงษ์ทรัพย์	0.663 – 0.824	0.750 ± 0.0068	0.781 – 0.842	0.821 ± 0.001
กรุงธน	0.722 – 1.071	1.042 ± 0.0017	0.044 – 0.762	0.730 ± 0.045
เดือนตุลาคม				
เทวราชา	0.257 – 0.284	0.271 ± 0.018	0.0219 – 0.099	0.059 ± 0.038
ศรีราชวัตร	0.022 – 0.177	0.099 ± 0.109	0.013 – 0.036	0.027 ± 0.012
พงษ์ทรัพย์	0.047 – 0.088	0.066 ± 0.030	0.062 – 0.0728	0.071 ± 0.002
กรุงธน	0.058 – 0.086	0.0765 ± 0.025	0.0679 – 0.072	0.070 ± 0.0005
เดือนพฤศจิกายน				
เทวราชา	0.371 – 1.040	0.706 ± 0.467	0.022 – 0.186	0.092 ± 0.084
ศรีราชวัตร	0.901 – 1.267	0.120 ± 0.027	0.052 – 0.069	0.059 ± 0.008
พงษ์ทรัพย์	0.036 – 0.037	0.036 ± 0.028	0.054 – 0.067	0.057 ± 0.008
กรุงธน	0.034 – 0.059	0.048 ± 0.006	0.053 – 0.086	0.070 ± 0.023

หมายเหตุ ค่า Conversion Factor ของหอยแครง และหมึก คือ 0.17 และ 0.13 ตามลำดับ



ตารางที่ 2 ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก) ใน หอยแครง และ หมึกกล้วย ที่สุ่มเก็บจากตลาดรอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ปี พ.ศ. 2559

ตลาดที่เก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วในหอยแครง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)		ปริมาณตะกั่วในหมึกกล้วย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	
	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
เดือนกันยายน				
เทเวระชา	0.042 – 0.043	0.043 ± 0.032	0.055 – 0.107	0.788 ± 0.241
ศรีราชวัตร	0.023 – 0.035	0.029 ± 0.006	0.052 – 0.069	0.059 ± 0.008
พงษ์ทรัพย์	0.036 – 0.037	0.036 ± 0.028	0.054 – 0.067	0.057 ± 0.008
กรุงธน	0.034 – 0.059	0.048 ± 0.006	0.053 – 0.086	0.070 ± 0.023
เดือนตุลาคม				
เทเวระชา	0.068 – 0.815	0.441 ± 0.528	0.078 – 0.545	0.377 ± 0.259
ศรีราชวัตร	0.178 – 0.744	0.416 ± 0.363	0.001 – 0.624	0.367 ± 0.238
พงษ์ทรัพย์	1.292 – 1.322	1.293 ± 0.0153	0.763 – 0.781	0.063 ± 0.02
กรุงธน	0.644 – 0.6715	0.0657 ± 0.015	0.208 – 0.234	0.221 ± 0.013
เดือนพฤศจิกายน				
เทเวระชา	0.070 – 0.104	0.0923 ± 0.014	0.079 – 0.139	0.101 ± 0.033
ศรีราชวัตร	0.124 – 0.273	0.196 ± 0.126	0.057 – 0.151	0.091 ± 0.051
พงษ์ทรัพย์	0.119 – 0.112	0.118 ± 0.004	0.117 – 0.096	0.110 ± 0.010
กรุงธน	0.088 – 0.101	0.094 ± 0.005	0.129 – 0.115	0.124 ± 0.007

หมายเหตุ ค่า Conversion Factor ของหอยแครง และหมึก คือ 0.17 และ 0.13 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งสองชนิดในระดับสูงสุด มาประเมินการรับสัมผัสหรือ การคำนวณค่า LADD และประเมินความเสี่ยง (THQ) พบว่าอัตราการบริโภคหมึกและหอยแครงที่จะเกิดความเสี่ยงมีค่าแตกต่างกัน โดยอัตราการรับสัมผัสแคดเมียม จากการบริโภค

หมึกกล้วย และหอยแครงนั้น พบว่า หากบริโภคหอยแครงเกินกว่า 10 กรัม/วัน จะได้รับแคดเมียมเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ว่าควรได้รับไม่เกิน 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว /วัน โดยถ้าบริโภคหอยแครงจากแหล่งที่เก็บที่มีแคดเมียมปนเปื้อนในระดับสูงคือ 6.228 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอัตรา



10 กรัม/วัน จะได้รับแคดเมียม 1.245 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว และมีความเสี่ยงเกิน 1 ส่วน การบริโภคหมึกกล้วยนั้น พบว่าอัตราการบริโภคที่จะเริ่มมีความเสี่ยงทางสุขภาพจะมีมากกว่าการบริโภคหอยแครงเนื่องจากหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำกว่า โดยพบว่าหากบริโภคหมึกกล้วยเกินกว่า 50 กรัม/วัน โดยบริโภคหมึกกล้วยที่ปนเปื้อนแคดเมียม ในระดับ 1.056 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะได้รับแคดเมียม 1.056 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าความเสี่ยงเกิน 1 ดังตารางที่ 3 ส่วนความเสี่ยงในการบริโภคหอยแครง และหมึกกล้วยที่ปนเปื้อนสารตะกั่ว พบว่ามีอัตราการบริโภคสูงกว่าอัตราการบริโภคของแคดเมียม โดยพบว่า

หากบริโภคหอยแครงจากแหล่งที่ปนเปื้อนตะกั่ว ในระดับ 1.3226 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในอัตรา 120 กรัม/วัน จะได้รับตะกั่ว 3.206 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน และค่าความเสี่ยงเกิน 1 เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดว่าไม่ควรได้รับตะกั่วจากอาหารเกิน 3 ไมโครกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว ส่วนการบริโภคหมึกกล้วยในอัตราที่จะเกิดความเสี่ยงทางสุขภาพคือ บริโภคตัวอย่างหมึกกล้วยที่มีระดับการปนเปื้อนสูงสุดที่ตรวจวัดได้คือ 0.781 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยหากบริโภคในอัตรา 200 กรัม/วัน จะได้รับตะกั่ว 1.056 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน และค่าความเสี่ยงเกิน 1 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินการรับสัมผัส แคดเมียม และตะกั่ว และค่าความเสี่ยงทางสุขภาพคำนวณจากการบริโภคหมึกกล้วย และหอยแครงที่ปนเปื้อนในตัวอย่งที่มีระดับการปนเปื้อนสูงสุด

ตัวอย่าง	อัตราการบริโภคที่ก่อความเสี่ยง (กรัม/วัน)	การรับสัมผัส (LADD) (ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน)	ค่าความเสี่ยง (THQ)
แคดเมียม			
หอยแครง	10	1.056	1.056
หมึกกล้วย	50	1.056	1.056
ตะกั่ว			
หอยแครง	120	3.206	1.068
หมึกกล้วย	200	3.124	1.041



สรุปและอภิปรายผล

การปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียมที่พบมากในหอยแครงในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหอยแครงมีระดับการปนเปื้อนในบางตัวอย่างเกินเกณฑ์ตรงกับการศึกษาของ Cam และคณะ¹⁴ ที่สำรวจปริมาณโลหะหนักในหอยแครงบริเวณชายฝั่งประเทศเวียดนาม Cam และคณะ¹⁴ ได้กล่าวว่า สัตว์ทะเลในกลุ่มหอยแครงเป็นสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่หน้าดินในเขตน้ำขึ้นลง และบริเวณชายฝั่งที่สะสมตะกอนดินค่อนข้างมาก หอยแครงจะกินอาหารด้วยการกรองจากดินตะกอน ทำให้มีโอกาสที่จะได้รับแร่ธาตุที่สะสมในตะกอนดินค่อนข้างมาก โดยธรรมชาติของสัตว์น้ำ จะต้องมีการดึงแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตไปใช้ เช่น สังกะสี แมงกานีส ทองแดง ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ ธาตุที่เป็นอันตราย อันได้แก่ ตะกั่ว และ แคดเมียม โดยที่วาเลนซ์อิเล็กตรอน 2^+ เช่นเดียวกัน Cam และคณะ¹⁴ อธิบายว่า มีการศึกษาพบว่า หากพื้นที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่มีธาตุ สังกะสีน้อย อาจเพิ่มกระบวนการดูดซึม ธาตุที่เป็นอันตรายกลุ่ม แคดเมียม ได้ดี เนื่องจากคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการที่สัตว์น้ำดูดซึมธาตุแคดเมียม หรือ ตะกั่วเข้าสู่ร่างกายเป็นจำนวนมากขึ้นอาจเกี่ยวข้องกับระดับธาตุที่จำเป็นอื่นๆ ที่มีปริมาณลดลง Ahmed และคณะ¹⁵ ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในหอยบางชนิดจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน พบว่ามีการสะสมของโลหะหนักแคดเมียม ตะกั่ว นิเกิล โดย Ahmed และคณะ¹⁵ ยังได้ศึกษาความสามารถของโลหะแต่ละชนิดที่ถูกดูดซึมจากตะกอนดินเข้าสู่เนื้อเยื่อสัตว์ในกลุ่มหอย

ซึ่งพบว่า แคดเมียม จะถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อหอยได้ดีกว่าโลหะหนักชนิดอื่น เช่น ตะกั่ว นิเกิล โคบอลต์ และโครเมียม การศึกษาครั้งนี้พบว่าสัตว์ในกลุ่มมอลลัสก์ โดยเฉพาะหอยที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมมากกว่าหมีก อาจมีสาเหตุจากความสามารถในการถูกดูดซึมของแคดเมียมเข้าสู่เนื้อเยื่อหอยได้ดี เป็นที่น่าสังเกตว่าในการศึกษาครั้งนี้ในช่วงปลายฤดูฝน คือ ปลายเดือนกันยายนค่าการปนเปื้อน ของโลหะหนักแคดเมียมมีค่าสูงที่สุดในหอยแครง อาจจะมีผลเกี่ยวข้องกันกับฤดูกาล เนื่องจากช่วงปลายฤดูฝนเป็นช่วงน้ำหลากอาจมีการพัดพาตะกอน และ เพิ่มการสะสมธาตุต่างๆ ในดินโดยการศึกษาของวิชุดา สังข์แก้ว¹⁶ ระบุว่าฤดูกาลมีผลต่อปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารทะเล

การประเมินการรับสัมผัสและความเสี่ยงทางสุขภาพในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินโดยพิจารณาถึงอัตราการบริโภคที่อาจก่อความเสี่ยงทางสุขภาพได้เนื่องจากความเสี่ยงทางสุขภาพ และการสัมผัสจะขึ้นกับปัจจัยการบริโภคส่วนหนึ่ง หากผู้บริโภคบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนโลหะหนักในปริมาณน้อย ความเสี่ยงก็จะเกิดขึ้นน้อยลงถึงแม้ว่าระดับการปนเปื้อนจะเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด อย่างไรก็ตามพบว่าหอยแครงเป็นสัตว์ทะเลที่ไม่ควรบริโภคในปริมาณมากเป็นประจำเนื่องจากจะเพิ่มความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากผลการศึกษาครั้งนี้และการรายงานของงานวิจัยอื่นๆ บ่งบอกใกล้เคียงกันว่าหอยแครงเป็นสัตว์ที่มีแนวโน้มจะสะสมโลหะหนักมากกว่ากลุ่มหมีกและปลา งานวิจัยนี้มีลักษณะ



คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้การบริโภคหอยแครงเกิน 10 กรัม/วันอาจมีความเสี่ยงได้รับแคดเมียมเกินมาตรฐาน และได้รับตะกั่วไปในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้การบริโภคหมึกในอัตรามากกว่า 50 กรัม/วันจนถึง 200 กรัม/วันก็มีความเสี่ยงทางด้านสุขภาพที่จะได้รับแคดเมียม และตะกั่วเกินมาตรฐานเช่นกัน ดังนั้นผู้บริโภคควรบริโภคสัตว์ทะเลกลุ่มหอยแครงและหมึกแต่น้อย และไม่ควรบริโภคเป็นประจำ เนื่องจากอาจเพิ่มความเสี่ยงทางด้านสุขภาพได้ ทั้งนี้หากต้องการบริโภคหอยแครงในปริมาณมากขึ้นได้นั้น อาจสามารถทำได้โดยควรแช่หอยแครงไว้ในน้ำสะอาดเพื่อเร่งให้หอยแครงคายดินที่สะสมไว้ในตัวออกมา อาจช่วยลดปริมาณของโลหะหนักในเนื้อหอยได้ เนื่องจากจากการนำตัวอย่างเนื้อหอยแครงมาทำความสะอาดก่อนการวิเคราะห์นั้นพบว่าเนื้อหอยแครงมีดินตะกอนที่หอยกรองไว้ในตัวในปริมาณหนึ่ง หากแช่ตัวหอยไว้ในน้ำสะอาดจะพบว่าหอยแครงจะคายดินออกมาปริมาณหนึ่ง ทั้งนี้โลหะหนักโดยส่วนใหญ่อยู่ในดินซึ่งหากหอยแครงคายดินออกมาอาจช่วยลดปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในเนื้อหอยแครงได้

เอกสารอ้างอิง

1. Liu J, Goyer AR, Waalkes PM. Toxic effect of metals. In. Toxicology the basic science of poison. Mcgraw Hill. New York, USA. : Organization of the United Nations. Rome; 2008. p. 931-72.
2. รัชดา อิทธิพงษ์, วลัย คลีฉายา. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ. กรุงเทพฯ : กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์; 2557.
3. สุพรรณษา เกียรติติยมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2555;17:671-86.
4. จิราภา อุณหเลขกะ, จารุวรรณ ลิ่มสัจจุกุล, นฤมล จันทร์แก้ว, ศิริ วัดสว่าง, สมบูรณ์ โตประสิทธิ์, ปราโมทย์ วนิชาชีวะ, และคณะ. การศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ดีบุก และปรอท ที่ปนเปื้อนในหอยแครงและหอยแมลงภู่ บริเวณอ่าวไทยตอนใน ปี 2552. วารสารอาหารและยา พฤษภาคม – สิงหาคม 2554;18:18-22.
5. Zhuang P, McBride BM, Xia H, Li N, Li Z. Health risk from heavy metals via consumption of food crops on the vicinity of Dabaoshan mine, South China. Sci Tot Environ 2009;407:1551-61.
6. Yang J, Miyazaki N. Moisture content in Dell's porpoise (Phocoenoides dalli) tissues: a reference base for conversion factors between dry and wet. Environ Pollut 2003; 121: 345-47.



7. US Environmental protection agency (EPA). Example scenarios. Washington DC. National center of environmental assessment. U.S. Environmental protection agency Washington, DC. Available from: <http://www.epa.gov/ncea>; 2004
8. Joint FAO/WHO food standards programme. Codex Alimentarius Commission Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in GSCTFF. 5th ed. Rome, Italy. Viale delle Terme di Caracalla; 2011
9. WHO. Life expectancy Thailand. [Internet] 2019. [cited 2019 March 30] Available from: <https://www.who.int/countries/tha/en/>
10. Agusa T, Kunito T, Sudaryanto A., et al. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environ pollut* 2006;145: 761-77.
11. Storelli, MM. Potential human health risks from metals (Zn, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyl (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQ) and toxic equivalents (TEQs). *Food Chem Toxicol* 2008;46:2782-88.
12. European Communities (EC). Commission regulation (EC) No. 1831/2003 of 22 September 2003 setting maximum concentrations for certain contaminants in foodstuffs. [Internet] 2003. [cited 2016 September 15] Available from: http://eur-lex.europa.eu/food/safety/chemical_safety/contaminants/legislation/index_en.htm.
13. FAO/WHO. Codex Alimentarius commission. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on contaminants in foods Fifth session. The Hague, The Netherlands, 21 – 25 March 2011; 2011
14. Cam Tu NP, Ngoc Ha N, Agusa T., et al. Trace elements in *Anadara* spp. (Mollusca: Bivalva) collected along the coast of Vietnam, with emphasis on regional differences and human health risk assessment. *Fish Sci* 2011;77:1033-43
15. Ahmed M, Abdallah M. Bioaccumulation of heavy metals in mollusca species and assessment of potential risks to human health. *Bull Environ Contam Toxicol* 2013; 90: 552-37.
16. วิชชุดา สังข์แก้ว. การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในหอยเพื่อการส่งออก. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์จากทุนส่งเสริมการวิจัยสำหรับพนักงานประจำมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ; 2549.