สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013

รายงานการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนไทยจากการได้รับโลหะหนักในอาหารทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

แววตา ทองระอา
ฉลวย มุสิกะ
วันชัย วงสุดาวรรณ
อาวุธ หมั่นหาผล

25 ธ.ค. 2552
264639
เริ่มบริการ
29 ม.ค. 2553

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2550-2551
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2552

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนไทยจากการได้รับโลหะหนักในอาหารทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และ อาวุธ หมั่นหาผล
สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัย บูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และ ทองแดง ในสัตว์ทะเลชนิดต่างๆที่ได้จากพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกในจังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด โดยเก็บตัวอย่าง ปลา ปู กุ้ง กั้ง และหอย ในช่วงระหว่างปี 2550-2552 ได้ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 798 ตัวอย่าง ผลการศึกษา พบว่าโลหะหนักในสัตว์ทะเลส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค พบโลหะหนักสูงเกินค่ามาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 21.2 ของตัวอย่างทั้งหมด โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินค่ามาตรฐานเรียงตามลำดับได้แก่ สังกะสี ทองแดง และแคดเมียม ซึ่งส่วนใหญ่พบใน หอย ปู และหมึกบางชนิด สำหรับสารตะกั่วพบสูงเกินมาตรฐานเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น ในบรรดาโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด มีเพียงปรอทที่พบความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความยาวและน้ำหนักของปลาทะเลบางชนิด

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พบว่าการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารทะเลบริเวณดังกล่าวยังไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากนัก ยกเว้นกลุ่มเด็กที่บริโภคอาหารทะเลจำพวกหอย ปู กุ้ง และหมึกบางชนิดมากเกินไปอาจมีภาวะความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะทองแดงและสังกะสีจนเกินค่าความปลอดภัยที่กำหนดได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการบริโภคอาหารทะเลจากจังหวัดระยองมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่าอาหารทะเลจากจังหวัดอื่น โดยเฉพาะอาหารทะเลที่เป็นพวกที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว เช่น หอย ปู กุ้ง หมึก เป็นต้น มีแนวโน้มของความเสี่ยงมากกว่าปลา

Health Risk Assessment of Heavy Metals to Thai People through Consumption of Seafood from the Eastern Coast of Thailand

Waewtaa Thongra-ar, Chaluay Musika, Wanchai Wongsudawan and Arvut Munhapon

Institute of Marine Science, Burapha University, Chon Buri 20131

Abstract

This study investigated the presence of Hg, Pb, Cd, Zn and Cu in marine animals collected from Chon Buri, Rayong, Chanthaburi and Trat Provinces. A total of 798 samples including fishes and shellfish were collected during the year 2007-2009. Results indicated that the concentrations of heavy metals in most of the marine animals were within the acceptable limits for consumption. There were 21.2 % of total samples containing some heavy metals over the acceptable limits. Those heavy metals were Zn, Cu and Cd, respectively, which were mostly found in some shellfish species. There was only 1 sample containing Pb which exceeded the acceptable limits. Among 5 analyzed metals, only concentration of Hg was significantly positively correlated with the length and weight of some species of fishes.

Overall, the assessment of the risk to human health associated with consumption of seafood from the Eastern Coast of Thailand indicated that the heavy metals may not pose a health risk to seafood consumers. However, heavy shellfish consumers, especially children may pose a health risk from Cu and Zn over the safety limits. Consumption of seafood from Rayong Province may pose a health risk than that from other Provinces and shellfish had more risks than fishes.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน หมวดเงินอุดหนุน มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2550-2551 คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างมากไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเลทุกท่านที่มีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
บทนำ	1
การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	7
ผลและวิจารณ์ผล	11
1. การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	11
2. การเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเล	17
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักกับขนาดของสัตว์ทะเล	37
4. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนัก	39
สรุปผลการศึกษา	53
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	60
ภาคผนวก ข เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของโลหะหนักต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์	72
ภาคผนวก ค อัตราการบริโภคอาหารทะเลของคนไทย	74

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อปลาทะเลมาตรฐาน (dogfish muscle: DORM-2)	8
2	ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อหอยนางรมมาตรฐาน (mussel tissue: SRM 2976)	9
3	ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดชลบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	14
4	ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดระยอง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	15
5	ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดจันทบุรีและตราด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	16
6	ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด (หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	25
7	ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเล (หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	27
8	มาตรฐานโลหะหนักในอาหาร (หน่วยเป็นมิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)	33
9	ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดชลบุรี	34
10	ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดระยอง	35
11	ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดจันทบุรี	36
12	ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดตราด	36
13	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของสัตว์ทะเล	37
14	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรีในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550)	41
15	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรีใน ฤดูฝน (ตุลาคม 2550)	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดระยองในฤดูแล้ง (เมษายน 2550)	43
17	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดระยองในฤดูฝน (ตุลาคม 2550)	44
18	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดจันทบุรี (มีนาคม 2552)	45
19	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดตราด (พฤษภาคม 2551)	46
20	ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลจำแนกตามกลุ่มอายุ	47
21	การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยง (RQ: ค่าเฉลี่ย - ค่าสูงสุด) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	50

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลจากจังหวัดชลบุรี (ก) ฤดูแล้ง และ (ข) ฤดูฝน	18
2	เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลจากจังหวัดระยอง (ก) ฤดูแล้ง และ (ข) ฤดูฝน	19
3	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยนางรม, *Saccostrea forskali* ในบริเวณต่างๆ	20
4	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยแมลงภู่, *Perna viridis* ในบริเวณต่างๆ	21
5	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยแครง, *Anadara granosa* ในบริเวณต่างๆ	22
6	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในสัตว์ทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และ ตราด	23
7	เปรียบเทียบประเภทของสัตว์ทะเลในการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆ	25
8	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในหมึกส่วนหัวและส่วนตัว	26
9	เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเล	29
10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับความยาวของปลาชนิดต่างๆ	38

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนไทยจากการได้รับโลหะหนักในอาหารทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

Health Risk Assessment of Heavy Metals to Thai People through Consumption of Seafood from the Eastern Coast of Thailand

---

บทนำ

ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกมีความยาวประมาณ 500 กิโลเมตร มีที่ราบแคบๆ ตามชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งทำนา ทำไร่ และทำสวน จากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ถึงอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และชายฝั่งทะเล จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด จะมีลักษณะเป็นหาดเลนเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่สำคัญของประเทศไทย นอกจากนี้รัฐบาลได้มีนโยบายพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกให้เป็นแหล่งอุตสาหกรรม และท่าเรือน้ำลึก โดยพื้นที่บริเวณบ้านหนองแฟบ ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งอุตสาหกรรมหลัก และพื้นที่แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี เป็นแหล่งอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดย่อมที่ไม่มีปัญหาด้านมลพิษพร้อมทั้งท่าเรือน้ำลึก ทำให้มีการขยายตัวของชุมชนต่างๆ ตามมาด้วย โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ย่อมต้องระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆลงสู่ทะเลทั้งทางตรงและทางอ้อม ในบรรดาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยมานั้น โลหะหนักเป็นสารประเภทหนึ่งที่พบว่ามีการเจือปนอยู่ในน้ำทิ้งโดยเฉพาะอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาโลหะหนักมาใช้ เพื่อผลิตสิ่งอำนวยประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การถลุงแร่ อุตสาหกรรมเหล็กกล้า การผลิตชิ้นส่วนอิเลคโทรนิค เป็นต้น

ในบรรดาสารมลพิษต่างๆในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารมลพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต เกิดขึ้นเองทั้งโดยธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ โลหะหนักบางชนิดในปริมาณน้อยๆ มีประโยชน์ต่อขบวนการเมตาโบลิซึมของพืช และสัตว์ทะเล เช่น แมงกานีส ส่วนโลหะหนักที่จัดว่าเป็นปัญหาของชุมชน และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น โลหะหนักที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาตินั้นมีปริมาณน้อย ส่วนใหญ่จะเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ถึงแม้ว่าโลหะหนักมีประโยชน์มากก็ตามแต่ก็มีโทษมหาศาล ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่คงตัวไม่สามารถที่จะสลายตัวได้โดยกระบวนการธรรมชาติ แต่สะสมได้ในน้ำ ดินตะกอน ตลอดจนสิ่งมีชีวิต และถ้ามีปริมาณความเข้มข้นสูงมากๆ ก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น ตลอดจนผู้นำสัตว์น้ำนั้นๆ มาบริโภคอีกด้วย

สัตว์ทะเลสามารถสะสมโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำและดินตะกอนไว้ในเนื้อเยื่อโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร และมนุษย์นิยมนำสัตว์ทะเลมาบริโภคเป็นอาหาร โดยเฉพาะสัตว์ทะเลจำพวก ปลา ปู กุ้ง และหอย เป็นอาหารทะเลที่นิยมบริโภคกันมาก การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะเป็นการศึกษาและเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักที่สะสมในสัตว์ทะเลเพื่อ

ป้องกันอันตรายจากการบริโภคอาหารทะเลที่ปนเปื้อนโลหะหนัก อีกทั้งยังสามารถใช้บ่งชี้การปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำได้ด้วย หากมีการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลสูงเกินกว่าค่าที่พบตามปกติหรือสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ก็จะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในทะเลและมนุษย์

จากอันตรายร้ายแรงของพิษโลหะหนัก โดยเฉพาะที่เคยเกิดมาแล้วในประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ โรคมินามาตะจากการบริโภคอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อนสารปรอท ทำให้เกิดความพิการของสมองและระบบประสาท และโรคอิไต อิไต สาเหตุมาจากการบริโภคข้าวที่ปนเปื้อนสารแคดเมียม ทำให้มีความผิดปกติของไตและกระดูก และมีอาการปวดกระดูกมาก เหตุการณ์ดังกล่าวยังผลให้เกิดความตื่นตัว และตระหนักถึงการใช้โลหะหนักชนิดอื่นๆตามมาด้วย จากความร้ายแรงของพิษโลหะหนักดังกล่าว ประกอบกับในปัจจุบันการพัฒนาอุตสาหกรรมกำลังเติบโตอย่างมากในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก ทำให้มีการตกค้างของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเพิ่มขึ้นในบางพื้นที่และบางฤดูกาล โลหะหนักจึงมีโอกาสถ่ายทอดโดยผ่านห่วงโซ่อาหารหรือสายใยอาหารมาสู่ผู้บริโภคได้ ดังนั้นประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นจึงมีโอกาสเสี่ยงจากการได้รับโลหะหนักสะสมในร่างกาย ซึ่งอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะเวลาอันสั้นหรือยังไม่เกิดขึ้นก็ได้ ประกอบกับอาหารทะเลเป็นที่นิยมรับประทานของคนไทย โดยเฉพาะปลาเป็นอาหารที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการดำรงชีวิตของคนไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากปลาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีสารอาหารหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายโดยทางหนึ่งคือผ่านทางการบริโภคอาหาร และเมื่อได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนในปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว โดยขึ้นอยู่กับลักษณะทางเคมีและกายภาพของสารเคมีนั้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพ ใช้เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น การประเมินความเสี่ยงจึงเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลถึงการสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจจะเกิดขึ้นหรือยังไม่เกิดขึ้นในปัจจุบันก็ได้ หากผลเสียต่อสุขภาพยังไม่เกิดขึ้นก็จะถือว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการทำนายถึงความน่าจะเป็นของการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) การประเมินความเสี่ยง เป็นเครื่องมือที่สำคัญช่วยให้ผู้จัดการความเสี่ยงทราบระดับความเสี่ยงที่เป็นอยู่ รวมทั้งสามารถเลือกดำเนินมาตรการการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสมบนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการประเมินที่ยอมรับกันในระดับสากล ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกจากการได้รับโลหะหนักในอาหารทะเลที่นำมาบริโภคจึงจำเป็นควรแก่การศึกษาอย่างยิ่ง เพราะจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักจากอาหารทะเลของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวรวมถึงระดับความเสี่ยงมากหรือน้อยเพียงใด และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและการจัดการสิ่งแวดล้อมของภาคตะวันออกเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้มีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์การปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และ ทองแดง ในสัตว์ทะเลที่นิยมนำมาบริโภคในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

2. เปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักแต่ละชนิดในสัตว์ทะเล และเปรียบเทียบชนิดหรือประเภทของสัตว์ทะเลในการสะสมโลหะหนักแต่ละชนิดด้วย

3. เปรียบเทียบการสะสมของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดต่างๆในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

4. ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดกับขนาดและ/หรือน้ำหนักของสัตว์ทะเล

5. ประเมินค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดจากการบริโภคอาหารทะเลที่ได้ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก และประเภทหรือชนิดของสัตว์ทะเลหรืออาหารทะเลที่มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับอันตรายจากโลหะหนักในระยะยาวเมื่อนำมาบริโภคอย่างต่อเนื่อง

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาด้านการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารพิษในอาหารทะเลในประเทศไทย ยังมีไม่มากนัก และที่ทำการศึกษาไว้แล้วส่วนใหญ่เน้นที่สารปรอท (กรมควบคุมมลพิษ, 2545 และ 2548) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลความเสี่ยงที่ทำการศึกษาไว้แล้ว ในปัจจุบันอาจเปลี่ยนแปลงไปมาก เนื่องจากมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม รวมทั้งการขยายตัวของแหล่งชุมชน ทำให้สารมลพิษในสิ่งแวดล้อมทางทะเลเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์น้ำเพิ่มเติมต่อไป

การศึกษาด้านการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก เท่าที่ปรากฏในรายงานส่วนใหญ่มักทำการศึกษาในกลุ่มของสารพิษจำพวกวัตถุอันตรายทางการเกษตรหรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากอาหารที่ไม่ใช่อาหารทะเลโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เป็นผู้ทำการศึกษา สำหรับการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในกลุ่มของสารพิษจำพวกโลหะหนักในอาหารทะเลนั้นพบว่ามีปรากฏในรายงานของ Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA) จำนวน 2 ฉบับ ซึ่งดำเนินการภายใต้การสนับสนุนของ The Global Environment facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme (GEF/UNDP/IMO) โดยทำการศึกษาไว้ในประเทศฟิลิปปินส์ (PEMSEA, 2001) และประเทศไทย (PEMSEA, 2004) ดังนี้

PEMSEA (2001) ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพอนามัยของมนุษย์จากการปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารทะเลในอ่าวมะนิลา (Manila Bay) ประเทศฟิลิปปินส์ โดยทำการศึกษาในอาหารทะเลจำพวกปลาซึ่งซื้อมาจากตลาด และในกลุ่มของ shellfish ได้แก่ หอยแมลงภู่และหอยนางรม เก็บจากอ่าวมะนิลาและในแม่น้ำ Pasig ทำการวิเคราะห์โลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส และปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลดังกล่าว แล้วนำมาคำนวณหาค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ในกรณีที่ได้ค่า RQ < 1 แสดงว่ามีความเสี่ยงต่ำ และ RQ ≥ 1 แสดงว่ามีความเสี่ยงสูง ผลการศึกษา พบว่า ค่า RQ ของโลหะหนักทั้ง 5 ชนิดในตัวอย่างปลาที่ทำการศึกษามีค่า > 1 โดยเฉพาะพบค่าสูงสุดของ RQ ในโลหะทองแดงเท่ากับ 10.72 แสดงว่าปลาที่ได้จากอ่าวมะนิลามีความเสี่ยงสูงต่อสุขภาพในการบริโภค ส่วนในหอยแมลงภู่และหอยนางรมทำการศึกษาเฉพาะโลหะหนัก 4 ชนิด คือ แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี พบว่าค่า RQ ของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดมีค่ามากกว่า 1 ยกเว้น แคดเมียม โดยค่า RQ สูงสุดเรียงตามลำดับได้ดังนี้ สังกะสี > ทองแดง > ตะกั่ว

ในส่วนของการศึกษาในประเทศไทยได้รายงานไว้ใน PEMSEA (2004) โดยใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยงเช่นเดียวกับของ PEMSEA (2001) ทำการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์จากการปนเปื้อนของโลหะหนักในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรีรวม 5 บริเวณ คือ บางแสน ศรีราชา อ่าวอุดม แหลมฉบัง และเกาะสีชัง ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเล

จากรายงานการวิจัยต่างๆทั้งจากหน่วยงานราชการและเอกชนย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี 2534-2544 ทำการประเมินความเสี่ยงเฉพาะในตัวอย่างหอยนางรมและปูทะเล เนื่องจากไม่มีข้อมูลการศึกษาในปลาทะเลในช่วงระยะเวลาดังกล่าว โลหะที่ทำการศึกษามี 7 ชนิด ได้แก่ ปรอท แคดเมียม โครเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และสารหนู พบว่าค่า RQ ของโลหะหนักที่ทำการศึกษามีค่าน้อยกว่า 1 ยกเว้นค่า RQ ของสารหนูในปูทะเลเท่านั้นที่มีค่าสูง (RQ = 2.58) เนื่องจากปูสามารถสะสมสารหนูไว้ในร่างกายได้มากกว่าหอยนางรม เพราะปูมีพฤติกรรมการกินอาหารแบบ scavenger ในขณะที่หอยนางรมกินอาหารแบบการกรอง (filter feeder)

นอกจากนี้ยังมีรายงานของกรมควบคุมมลพิษทำการศึกษาไว้อีกด้วย ดังนี้

กรมควบคุมมลพิษ (2545) ได้ทำการศึกษาภาวะความเสี่ยงของสารปรอทต่อสุขอนามัยผู้บริโภคเนื่องจากรับประทานอาหารทะเลในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษา พบว่า ประชาชนมีภาวะความเสี่ยงต่อการได้รับสารปรอทจากการบริโภคหอยแมลงภู่และปลาทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดสมุทรปราการอยู่ในระดับต่ำโดยมีค่าความเสี่ยงอยู่ที่ระดับ 0.008 และ 0.370 ตามลำดับ (หากค่าความเสี่ยงเข้าใกล้ 1 หมายถึงมีความเสี่ยงที่จะอยู่ในภาวะการได้รับสารปรอทเกินกำหนด) ส่วนในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบว่าประชาชนมีความเสี่ยงสูงกว่าโดยมีค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงต่อการได้รับสารปรอทจากการบริโภคหอยแมลงภู่ และปลาทะเลเท่ากับ 0.010 และ 0.569 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดปลา พบว่า สารปรอทในปลาทรายแดงมีค่าความเสี่ยงสูงสุดเท่ากับ 1.058

กรมควบคุมมลพิษ (2548) ได้ทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงและอัตราการบริโภคปลาทะเลไทย โดยเน้นเฉพาะความเสี่ยงของการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารปรอท จากการคำนวณความเสี่ยงทางนิเวศวิทยาเนื่องจากการปนเปื้อนสารปรอท (ecological risk due to Hg contamination) โดยใช้เกณฑ์อัตราการบริโภคสัตว์น้ำเฉลี่ย 22 กิโลกรัม/คน/ปี และน้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนไทย 57 กิโลกรัม และใช้ข้อมูลการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทย ปี 2538 จำนวน 9 ชนิด 135 ตัวพบว่าร้อยละ 67 ของปลามีความเสี่ยงต่อผู้บริโภคที่จะได้รับสารปรอทเกินค่า reference dose (ค่าความเข้มข้นของปรอทสูงสุดที่อนุญาตให้มีในสัตว์น้ำเพื่อการบริโภคเท่ากับ 0.0001 mg/kg/day ของ U.S. EPA) อย่างไรก็ตามความเสี่ยงของมนุษย์ต่อการได้รับปริมาณปรอทในสัตว์น้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการ เช่น พฤติกรรมการบริโภคสัตว์น้ำ และ ชนิดของสัตว์น้ำ เป็นต้น

นอกจากการประเมินความเสี่ยงแล้วมีการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยเฉพาะกับสารปรอท เนื่องจากเป็นโลหะหนักที่มีพิษร้ายแรงมากที่สุดชนิดหนึ่งจึงมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนทั้งในน้ำ ดินตะกอน และสัตว์ทะเลโดยเฉพาะในบริเวณนิคมอุตสาหกรรม ได้แก่

กรมควบคุมมลพิษ (2542) รายงานการสำรวจสารปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลบริเวณมาบตาพุด ดังนี้ ความเข้มข้นของสารปรอทสูงสุดในหอยแมลงภู่ 0.170 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก รองลงมา

ได้แก่ กุ้งแชบ๊วย หอย *Katelysia* sp. ปลาทู และปลากระบอก มีค่าความเข้มข้นของปรอท 0.104, 0.102, 0.092 และ 0.075 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กรมควบคุมมลพิษ (2543) ได้ตรวจวัดความเข้มข้นของสารปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำทะเล เพื่อพิจารณาว่าสารปรอทได้สะสมในสัตว์น้ำในระดับที่เป็นอันตรายต่อการบริโภคหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีสารปนเปื้อนของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดความเข้มข้นของปริมาณปรอทในอาหารให้มีค่า 0.5 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก หรือประมาณ 1.25 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง โดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของสัตว์น้ำ พบว่าตั้งแต่ปี 2539 สัตว์น้ำเศรษฐกิจจากบริเวณชายฝั่งทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด มีปริมาณปรอทรวม 0.03 - 1.04 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน และในปี 2541 ได้เก็บตัวอย่างปูและหอยแมลงภู่ จำนวน 4 ตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลหน้านิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง พบว่าปรอทมีค่าอยู่ในช่วง 0.02 - 0.07 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานฯ ของกระทรวงสาธารณสุข

กรมควบคุมมลพิษ (2546 ก) ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในปี 2541-2542 โดยศึกษาการปนเปื้อนของ ปรอท สารหนู แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียมในแม่น้ำสายหลัก เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนสารโลหะหนักในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารหนู ทองแดง ปรอท ตะกั่ว สังกะสี ในเนื้อเยื่อตัวอย่างปลา มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข ส่วนแคดเมียมในเนื้อเยื่อปลาจากปากแม่น้ำต่างๆ 11 แห่ง มีระดับสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ ส่วนการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อตัวอย่างกุ้ง พบว่า สารหนู แคดเมียม ทองแดง ปรอท ตะกั่ว สังกะสี มีค่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค ยกเว้นกุ้งแชบ๊วยที่เก็บรวบรวมจากบริเวณปากแม่น้ำเพชรบุรี ในปี 2542 มีการปนเปื้อนสังกะสี 160.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐาน และในเนื้อเยื่อตัวอย่างหอยนั้น พบว่ายังมีค่าไม่เกินมาตรฐาน ยกเว้นโลหะแคดเมียมในบางบริเวณ เช่น ปากแม่น้ำชุมพร ปากแม่น้ำหลังสวนที่มีค่าเกินมาตรฐาน

แววตา ทองระอา และคณะ (2548) ศึกษาการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลจำพวกปลา ปู กั้ง หมึก และหอย บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ในปี 2546 พบการสะสมสารปรอทสูงสุดในหอยเท้าช้างเล็ก *Cassis pila* เท่ากับ 0.232 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก รองลงมาได้แก่ ปลาข้างตะเภา *Therapon puta* (0.075 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และปลาแป้นใหญ่ *Leiognathus* sp. (0.073 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ โดยปริมาณสารปรอทในสัตว์ทะเลทั้งหมดที่ได้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภคตามมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนซึ่งกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

1. การเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลและความถี่ของการเก็บ

เก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกรวม 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด โดยในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและระยองเก็บตัวอย่างรวม 2 ครั้ง คือในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550) และฤดูฝน (ตุลาคม 2550) ส่วนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและตราดเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในฤดูแล้ง คือในจังหวัดตราดเก็บในเดือนพฤษภาคม 2551 และจังหวัดจันทบุรีเก็บในเดือน มีนาคม 2552

ชนิดของสัตว์ทะเลที่ทำการศึกษาเป็นสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจและนิยมนำมาบริโภคกัน ประกอบด้วย ปลาทะเล และสัตว์ทะเลในกลุ่มที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว (shellfish)ได้แก่ ปู กุ้ง กั้ง และหอย การเก็บตัวอย่างหรือการได้มาของตัวอย่างสัตว์ทะเลดังกล่าวในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษาดำเนินการด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่

- การทำประมงพื้นบ้านที่ใช้กันในบริเวณที่ทำการศึกษา เช่น อวนรุน อวนลอย
- การขอซื้อจากเรือประมงขนาดเล็กที่ทำการประมงอยู่ในบริเวณนั้น
- การเดินเก็บบริเวณชายหาดหรือชายฝั่ง
- แหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่ง
- สะพานปลา แพปลาต่างๆ
- ตลาดสด
- อื่นๆ

ทั้งนี้ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่ได้มาจะถือเป็นตัวแทนสัตว์น้ำที่ประชาชนในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกนำมาใช้ประกอบอาหารบริโภคในชีวิตประจำวัน แต่หากสามารถระบุแหล่งที่มาของสัตว์ทะเลได้แน่นอนก็สามารถใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้การปนเปื้อนโลหะหนักในพื้นที่นั้นได้ด้วย รวมทั้งให้สอบถามชาวประมงถึงแหล่งที่มาของตัวอย่างสัตว์ทะเลด้วยทุกครั้ง

2. การเตรียมตัวอย่างและการเก็บรักษาสภาพตัวอย่างสัตว์ทะเล

ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่ได้นำมาล้างด้วยน้ำทะเลให้สะอาด จำแนกชนิด ชั่งน้ำหนัก และ/หรือวัดความยาว ชำแหละเอาเฉพาะส่วนเนื้อที่ใช้บริโภค ถ้าเป็นปลาเลือกเอาเนื้อบริเวณใต้โคนครีบหลัง (dorsal fin) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ใช้เป็นตัวแทนการสะสมสารปนเปื้อนในปลาทั้งตัว ใช้มีดหรืออุปกรณ์ผ่าตัดที่ทำด้วย stainless steel ทำตัวอย่างเนื้อเยื่อให้เป็นเนื้อเดียวกัน ชั่งน้ำหนักเปียก นำมาเก็บไว้ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ –40 ° C และทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งด้วยความเย็น (freeze dryer) แล้วชั่งน้ำหนักแห้งอีกครั้ง เพื่อหาปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล

3. การวิเคราะห์โลหะหนักในสัตว์ทะเล

โลหะหนักที่ทำการวิเคราะห์รวม 5 ชนิด ได้แก่ ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) สังกะสี (Zn) และ ทองแดง (Cu) ทำการสกัดตัวอย่างด้วยกรดไนตริคเข้มข้นและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยชั่งตัวอย่างแห้ง (freeze-dried tissue) หนัก 0.25 กรัม เติมกรดไนตริคเข้มข้น (Merck suprapure HNO_3) 5 มล. และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 2 มล. ทำการย่อยตัวอย่างโดยใช้เครื่องย่อยตัวอย่างด้วยกรดแบบหลุม (Block Digestion System Model AIM600) ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำ deionized water และปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ความเข้มข้นของปรอทวัดโดยใช้เทคนิค Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry (CVAAS) ระบบ Flow Injection Mercury Hydried System (FI-MHS) Model FIAS 100 ใช้ 0.2 % $NaBH_4$ in 0.05 % NaOH เป็น reducing agent และ 3% (v/v) HCl เป็น carrier solution และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Model 4110ZL (Perkin-Elmer, Connecticut, USA) ส่วนโลหะหนักชนิดอื่นวัดโดยใช้เครื่อง Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS) Model 7500C Agilent

การรายงานผลความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลเป็นน้ำหนักเปียก (wet weight) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานนั้น ทำโดยนำค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่วัดได้เป็นน้ำหนักแห้งคูณด้วยอัตราส่วนน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเปียก (dry/wet weight ratio) ของสัตว์ทะเลชนิดนั้นๆ

4. การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ (Quality Control)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์โลหะหนักในสัตว์ทะเล ทำโดยตรวจสอบความถูกต้องกับเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (Standard Reference Material) 2 ชนิด คือ เนื้อเยื่อปลาทะเล (Dogfish muscle: DORM-2) ของ The National Research Council (NRC) Canada และ เนื้อเยื่อหอยนางรม (Mussel tissue: SRM 2976) ของ The National Institute of Standards and Technology (NIST) ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อปลาทะเลมาตรฐาน (dogfish muscle: DORM-2)

Heavy Metal	Certified Value ($mg\ kg^{-1}$ dry weight)	Measured Value ($mg\ kg^{-1}$ dry weight)	% Recovery
Hg	4.64 ± 0.26	3.67 ± 0.12 (n=5)	79.0 (75.6 -82.4)
Pb	0.065 ± 0.007	0.082 ± 0.014 (n=2)	126.2 (110.8-141.5)
Cd	0.043 ± 0.008	0.044 ± 0.007 (n=5)	101.4 (76.7 -120.9)
Zn	25.6 ± 2.3	23.5 ± 1.4 (n=5)	92.0 (84.0 - 97.0)
Cu	2.34 ± 0.16	2.18 ± 0.15 (n=5)	93.0 (83.3 - 100)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อหอยนางรมมาตรฐาน (mussel tissue: SRM 2976)

Heavy Metal	Certified Value ($mg\ kg^{-1}$ dry weight)	Measured Value ($mg\ kg^{-1}$ dry weight)	% Recovery
Hg	0.061 ± 0.0036	0.061 ± 0.08 (n=6)	99.7 (86.9 - 114.8)
Pb	1.19 ± 0.18	1.01 ± 0.10 (n=4)	84.5 (74.5-93.2)
Cd	0.82 ± 0.16	0.75 ± 0.05 (n=5)	91.5 (86.7 -100.7)
Zn	137 ± 13	128.7 ± 10.2 (n=5)	93.9 (88.2 – 106.8)
Cu	4.02 ± 0.33	3.24 ± 0.25 (n=5)	80.5 (75.4 – 91.0)

5. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Environmental Health Risk Assessment)

คำนวณหาค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ตามหนังสือคู่มือการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม แนวทางการปฏิบัติสำหรับใช้กับระบบนิเวศวิทยาในเขตร้อนของ MPP-EAS (1999) ดังนี้

$$RQ = \frac{MEL}{LOC}$$

เมื่อ MEL = Measured Environmental Level ความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

LOC = Level of Concern เป็นค่า threshold value หรือ ค่า PNEC (Predicted no-effects concentration) ซึ่งเป็นค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของคน คำนวณได้ดังนี้

$$LOC = \frac{\text{Tolerable daily intake } (\mu g/person/d)}{\text{Consumption rate } (g/person/d)}$$

$$= \frac{\text{ปริมาณโลหะหนักที่สามารถบริโภคได้โดยไม่เกิดอันตราย (ไมโครกรัม/คน/วัน)}}{\text{อัตราการบริโภคอาหารทะเล (กรัม/คน/วัน)}}$$

ผลจากการคำนวณที่ได้ พิจารณาค่าความเสี่ยงได้ดังนี้

RQ	< 1	หมายถึงมีค่าความเสี่ยงต่ำ (Low risk)
RQ	≥ 1	หมายถึงมีค่าความเสี่ยงสูง (High risk)

ค่า Tolerable daily intake (TDI) สำหรับโลหะหนักที่เป็นพิษ (non-essential metals: Hg, Pb, Cd) ใช้ค่าของ United State Food and Drug Administration (http://vm.cfsan.fda.gov) ซึ่งค่า TDI สำหรับ

โลหะหนักที่เป็นประโยชน์ (essential metals: Zn, Cu) ไม่มีกำหนดไว้จึงใช้ค่า Recommended Dietary Allowance (RDA) แทน โดยเลือกใช้ของ Institute of Medicine, National Academies, USA (http://www.imo.edu)

สำหรับอัตราการบริโภคอาหารทะเลของคนไทยนั้น เนื่องจากประชาชนในแต่ละภูมิภาคมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารทะเลที่แตกต่างกันตามความเชื่อ วัฒนธรรม สภาพทางสังคมและเศรษฐกิจฯลฯ ด้วยเหตุนี้ กรมประมงจึงได้มีการสำรวจอัตราการบริโภคอาหารทะเลในประเทศไทยโดยแบ่งตามภูมิภาคและจังหวัดที่อยู่บนแผ่นดินและชายฝั่งทะเล สำหรับในรายงานการศึกษานี้ได้เลือกใช้อัตราการบริโภคอาหารทะเลของประชาชนที่อยู่ในจังหวัดชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งมีอัตราการบริโภคปลาทะเล 13.04 กิโลกรัม/คน/ปี กุ้ง 1.79 กิโลกรัม/คน/ปี หมึก 3.52 กิโลกรัม/คน/ปี หอย 3.76 กิโลกรัม/คน/ปี และ ปู 3.32 กิโลกรัม/คน/ปี (http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4961E/y4964e0j.htm#bm19) สำหรับกั้งนั้นไม่มีการสำรวจไว้ จึงใช้อัตราการบริโภคเดียวกันกับกุ้ง

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6.1 วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (mean) และค่าพิสัย (range) ของโลหะหนักแต่ละชนิดจำแนกตามชนิดและประเภทของสัตว์ทะเลในแต่ละพื้นที่ สำหรับตัวอย่างที่มีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (method detection limit, MDL) ให้นำครึ่งหนึ่งของค่า MDL มาใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ย และในกรณีที่มีค่าดังกล่าวมากกว่า 50 % ขึ้นไป จะไม่คำนวณหาค่าเฉลี่ย (Anan et al., 2005) แต่รายงานค่าพิสัยแทน

6.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลกับขนาดหรือน้ำหนักตัว โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r)

ผลและวิจารณ์ผล

ตัวอย่างสัตว์ทะเลในจังหวัดชลบุรีซึ่งเก็บจากบริเวณต่างๆ ได้แก่ เมืองใหม่ อ่างศิลา แหลมแท่น บางแสน หาดวอนนภา เกาะลอย ศรีราชา สะพานปลาแหลมฉบัง เกาะไผ่ และ นาเกลือ รวม 2 ครั้งในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550) และฤดูฝน (ตุลาคม 2550) ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 23 ชนิด รวม 301 ตัวอย่าง จำแนกออกเป็น ปลา 14 ชนิด 108 ตัวอย่าง กุ้ง 2 ชนิด 20 ตัวอย่าง กั้ง 1 ชนิด 16 ตัวอย่าง ปู 1 ชนิด 53 ตัวอย่าง หอย 4 ชนิด 96 ตัวอย่าง และหมึก 1 ชนิด 8 ตัวอย่าง ส่วนในจังหวัดระยองซึ่งเก็บตัวอย่างรวม 2 ครั้งในฤดูแล้งและฤดูฝนเช่นกันโดยเก็บในบริเวณ บ้านเพ หาดทรายทอง เจดีย์กลางน้ำ ปากน้ำประแสร์ ปากน้ำพังราด อ่ามะขามป้อม และเกาะมัน ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 24 ชนิด รวม 221 ตัวอย่าง จำแนกออกเป็น ปลา 10 ชนิด 67 ตัวอย่าง กุ้ง 1 ชนิด 12 ตัวอย่าง กั้ง 1 ชนิด 12 ตัวอย่าง ปู 3 ชนิด 43 ตัวอย่าง หอย 5 ชนิด 67 ตัวอย่าง และหมึก 4 ชนิด 20 ตัวอย่าง

สำหรับในจังหวัดจันทบุรีและตราดซึ่งเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในฤดูแล้งเนื่องจากงบประมาณจำกัด โดยตัวอย่างจากจังหวัดจันทบุรีเก็บในเดือนมีนาคม 2552 ที่ บางกะไช หาดเจ้าหลาว ปากน้ำแขมหนู ท่าแฉลบ อ่าวคุ้งกระเบน และบางส่วนซื้อจากตลาด ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 30 ชนิด รวม 149 ตัวอย่าง จำแนกออกเป็น ปลา 26 ชนิด 114 ตัวอย่าง หอย 2 ชนิด 20 ตัวอย่าง และหมึก 2 ชนิด 10 ตัวอย่าง ส่วนในจังหวัดตราดเก็บในเดือนพฤษภาคม 2551 จากบริเวณแหลมหิน บ้านอ่างกระป๋อง เกาะช้าง เรืออวนลากที่ลากในบริเวณหน้าเขาล้าน-เขาแมวและบริเวณแหลมงอบ และซื้อจากตลาดไร่รั้งและตลาดแสนตุ้ง ได้ตัวอย่างทั้งสิ้น 25 ชนิด รวม 127 ตัวอย่าง จำแนกออกเป็น ปลา 13 ชนิด 60 ตัวอย่าง กุ้ง 1 ชนิด 5 ตัวอย่าง กั้ง 2 ชนิด 10 ตัวอย่าง ปู 1 ชนิด 5 ตัวอย่าง หอย 5 ชนิด 32 ตัวอย่าง และหมึก 3 ชนิด 15 ตัวอย่าง

สำหรับหมึกนั้นได้แยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหัวซึ่งประกอบด้วย หัว (head) หนวด (tentacle) และแขน (arm) และส่วนตัว (mantle) ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก 5 ชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในสัตว์ทะเลจากจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด จำแนกตามชนิดสัตว์แสดงไว้ในภาคผนวก ก

การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรี พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอทตรวจพบในปลาวัวสามเขา, *Tripodichthys blochii* จากหาดวอนนภา มีค่าเท่ากับ 0.094 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.059-0.126 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว ตรวจพบในปลากระบอก, *Mugil cephalus* จากแหลมแท่น มีค่าเท่ากับ 0.309 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง <0.005-0.666 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียม ตรวจพบในหอยแครง, *Anadara*

granosa จากเมืองใหม่ มีค่าเท่ากับ 2.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก โดยมีค่าต่ำสุด-สูงสุด ระหว่าง 2.38-4.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูฝน สำหรับค่าเฉลี่ยสูงสุดของสังกะสี และทองแดง ตรวจพบในหอยนางรม, *Saccostrea forskali* จากเมืองใหม่ มีค่าเท่ากับ 1,779 และ 416 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ พบในฤดูแล้ง (ภาคผนวก ก ตาราง ก1-ก2)

ส่วนสัตว์ทะเลจากจังหวัดระยองนั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอทตรวจพบในปูม้า, *Portunus pelagicus* มีค่าเท่ากับ 0.207 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก โดยมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.098-0.344 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูฝนจากบริเวณเกาะมัน ค่าเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว ตรวจพบในส่วนหัวของหมึกสาย, *Octopus* sp. มีค่าเท่ากับ 0.304 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก โดยมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.008-1.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูแล้งจากบริเวณหาดทรายทอง ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียมตรวจพบในหอยหวาน, *Babylonia areolata* มีค่าเท่ากับ 4.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.41-15.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูแล้งและได้จากบริเวณหาดทรายทอง สำหรับค่าเฉลี่ยสูงสุดของสังกะสีตรวจพบในหอยนางรม, *Saccostrea forskali* จากเจดีย์กลางน้ำ มีค่าเท่ากับ 6,050 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูแล้งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3,751-9,851 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดของทองแดงตรวจพบในหอยนางรมเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 1,074 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 626-1,532 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก พบในฤดูฝนบริเวณปากน้ำประแสร์ (ภาคผนวก ก ตาราง ก3-ก4)

การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดจันทบุรีนั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอทตรวจพบในปลาสากเหลือง, *Sphyraena obtusata* จากบริเวณบางกะไชมีค่าเท่ากับ 0.134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ค่าเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว ตรวจพบในหอยนางรมปากจีบ, *Saccostrea forskali* จากท่าแฉลบมีค่าเท่ากับ 0.079 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก โดยมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.052-0.132 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียม สังกะสี และทองแดง ตรวจพบในหอยตะโกรมกรามดำ, *Crassostrea iredalei* มีค่าเท่ากับ 1.01 472.2 และ 44.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ (ภาคผนวก ก ตาราง ก5)

สำหรับการปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดตราด พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอทตรวจพบในปลาทรายแดง, *Nemipterus* spp. มีค่าเท่ากับ 0.115 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.015-0.263 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ได้จากเรืออวนลากหน้าเขาล้าน-เขาแมว ค่าเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว ตรวจพบในหอยปากเป็ด, *Lingual unguis* มีค่าเท่ากับ 0.667 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก และมีค่าต่ำสุด-สูงสุดระหว่าง 0.547-0.900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก เป็นตัวอย่างที่ซื้อมาจากตลาดแสนตุ้ง ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียมตรวจพบในกั้งตั๊กแตนเขียว, *Miyakae nepa* เท่ากับ 2.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.56-3.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ได้จากเรืออวนลากหน้าเขาล้าน-เขาแมว และค่าเฉลี่ยสูงสุด

ของสังกะสี และทองแดง ตรวจพบในหอยนางรมปากจีบ, *Saccostrea forskali* มีค่าเท่ากับ 281.1 และ 33.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ (ภาคผนวก ก ตาราง ก6)

การปนเปื้อนโลหะหนักเมื่อจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเล 6 ประเภท คือ ปลา กุ้ง กั้ง ปู หอย และหมึก พบว่ามีค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุดของโลหะหนักชนิดต่างๆดังสรุปไว้ในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3 ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดชลบุรี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ฤดู	ประเภท	จำนวน	จำนวน	Hg		Pb		Cd		Zn		Cu	
	สัตว์ทะเล	ชนิด	ตัวอย่าง	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
ฤดูแล้ง	ปลา	8	38	0.041	<0.004-0.126	0.071	<0.004-0.666	0.022	<0.004-0.192	7.84	3.02-52.41	0.874	0.134-7.19
(ก.พ.- เม.ย.	กุ้ง	2	10	0.007	<0.005-0.010	NA	<0.006-0.124	0.038	<0.006-0.136	17.27	13.60-25.40	6.39	2.06-11.33
2550)	กั้ง	1	7	0.013	0.007-0.018	<0.005	<0.005	0.027	<0.005-0.069	18.24	14.91-21.36	3.60	1.76-8.03
	ปู	1	32	0.016	0.005-0.025	NA	<0.005-0.152	0.033	<0.005-0.069	106.6	28.69-476.7	12.60	3.21-171.2
	หอย	2	48	0.009	<0.003-0.029	0.093	<0.006-0.278	0.402	0.038-2.26	655.5	7.25-2,964	128.9	1.12-683.9
	หมึก- หัว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	หมึก - ตัว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ฤดูฝน	ปลา	9	70	0.021	<0.004-0.105	NA	<0.005-0.034	<0.005	<0.005	5.37	3.02-13.96	0.348	0.078-1.26
(ต.ค. 2550)	กุ้ง	2	10	0.039	0.006-0.080	NA	<0.006-0.045	NA	<0.006-0.144	21.69	15.99-38.26	27.99	6.79-184.1
	กั้ง	1	9	0.010	<0.004-0.014	NA	<0.005-0.065	NA	<0.005-0.031	15.79	0.72-24.91	2.23	0.098-3.39
	ปู	1	21	0.014	<0.005-0.032	NA	<0.005-0.025	0.117	<0.005-0.377	78.05	29.8-454.0	9.71	2.78-23.19
	หอย	3	48	0.013	<0.004-0.046	NA	<0.005-0.102	0.785	0.012-4.65	532.0	10.00-2,474	29.96	1.36-329.7
	หมึก- หัว	1	8	0.013	<0.004-0.028	0.009	<0.006-0.028	1.01	0.54-1.54	18.28	16.69-19.72	4.95	0.95-6.16
	หมึก - ตัว	1	8	0.015	0.006-0.039	0.014	<0.005-0.066	0.084	0.043-0.178	13.46	12.20-15.57	3.55	2.58-7.09
ค่าเฉลี่ยรวม	ปลา	14	108	0.028	<0.004-0.126	NA	<0.004-0.666	NA	<0.004-0.192	6.19	3.02-52.41	0.524	0.078-7.19
2 ฤดู	กุ้ง	2	20	0.023	<0.005-0.080	NA	<0.005-0.124	0.035	<0.006-0.144	19.47	13.60-38.26	17.19	2.06-184.1
	กั้ง	1	16	0.011	<0.004-0.018	NA	<0.005-0.065	0.015	<0.005-0.069	16.86	0.715-24.91	2.83	0.098-8.03
	ปู	1	53	0.015	<0.005-0.032	NA	<0.005-0.152	0.066	<0.005-0.377	95.31	28.69-476.7	11.45	2.78-171.2
	หอย	4	96	0.010	<0.003-0.046	0.049	<0.005-0.278	0.593	0.012-4.65	593.7	7.25-2,964	79.45	1.12-683.9
	หมึก- หัว	1	8	0.013	<0.004-0.028	0.009	<0.006-0.028	1.01	0.54-1.54	18.28	16.69-19.72	4.95	0.95-6.16
	หมึก - ตัว	1	8	0.015	0.006-0.039	0.014	<0.005-0.066	0.084	0.043-0.178	13.46	12.20-15.57	3.55	2.58-7.09

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตารางที่ 4 ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดระยอง (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ฤดู	ประเภท	จำนวน	จำนวน	Hg		Pb		Cd		Zn		Cu	
	สัตว์ทะเล	ชนิด	ตัวอย่าง	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
ฤดูแล้ง	ปลา	6	27	0.025	<0.004-0.132	0.047	<0.005-0.213	0.005	<0.005-0.012	6.52	3.52-15.28	0.420	0.104-0.876
(เม.ย. 2550)	กุ้ง	1	7	0.009	<0.005-0.014	0.028	<0.006-0.050	0.023	0.009-0.067	21.59	17.26-24.58	10.66	6.18-13.36
	กั้ง	1	5	0.015	0.009-0.019	0.016	<0.006-0.031	0.067	0.039-0.100	27.98	26.74-29.39	2.71	2.44-3.04
	ปู	3	28	0.059	<0.003-0.344	0.050	0.008-0.232	0.225	0.004-2.08	432.3	33.97-816.7	95.40	3.33-418
	หอย	5	46	0.020	<0.004-0.157	0.205	<0.004-0.590	1.22	0.053-15.96	1,543	11.73-9,851	230.8	1.25-838
	หมึก- หัว	4	20	0.023	0.003-0.112	0.089	<0.004-1.42	0.658	0.018-7.15	54.54	13.34-415.8	80.73	1.50-659.6
	หมึก - ตัว	4	20	0.030	<0.003-0.165	0.021	<0.004-0.084	0.090	0.011-0.215	68.72	11.25-432.0	16.98	1.17-223.7
ฤดูฝน	ปลา	6	40	0.030	<0.005-0.172	0.046	<0.007-0.586	NA	<0.007-0.027	12.74	4.68-35.14	0.936	0.104-2.55
(ต.ค. 2550)	กุ้ง	1	5	0.015	0.008-0.024	0.015	0.010-0.025	0.014	0.004-0.041	21.49	21.02-22.12	10.02	8.33-11.90
	กั้ง	1	7	0.010	0.009-0.011	NA	<0.006-0.023	0.056	0.010-0.25	24.40	21.55-26.89	2.90	1.32-3.59
	ปู	1	15	0.039	0.007-0.089	0.039	<0.004-0.115	0.762	0.055-5.10	310.8	31.19-481.5	11.19	6.82-15.41
	หอย	2	21	0.028	0.008-0.049	0.129	0.030-0.323	1.15	0.063-2.99	3,155	23.20-8,488	667.0	9.80-1,532
	หมึก- หัว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	หมึก - ตัว	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ยรวม	ปลา	10	67	0.028	<0.004-0.172	0.046	<0.005-0.586	0.006	<0.005-0.027	10.23	3.52-35.14	0.728	0.104-2.55
2 ฤดู	กุ้ง	1	12	0.011	<0.005-0.024	0.023	<0.006-0.050	0.019	0.004-0.067	21.55	17.26-24.58	10.39	6.18-13.36
	กั้ง	1	12	0.012	0.009-0.019	0.010	<0.006-0.031	0.061	0.010-0.250	25.89	21.55-29.39	2.82	1.32-3.59
	ปู	3	43	0.052	<0.003-0.344	0.046	<0.004-0.232	0.407	<0.005-5.10	389.9	31.19-816.7	66.02	3.33-418
	หอย	5	67	0.022	<0.004-0.157	0.181	<0.004-0.590	1.20	0.053-15.96	2,041	11.73-9,851	365.5	1.25-1,532
	หมึก- หัว	4	20	0.023	0.003-0.112	0.089	<0.004-1.42	0.658	0.018-7.15	54.54	13.34-415.8	80.73	1.50-659.6
	หมึก - ตัว	4	20	0.030	<0.003-0.165	0.014	<0.004-0.084	0.090	0.011-0.215	68.72	11.25-432	16.98	1.17-223.7

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตารางที่ 5 ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดจันทบุรีและตราด (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

จังหวัด	ประเภท	จำนวน	จำนวน	Hg		Pb		Cd		Zn		Cu	
	สัตว์ทะเล	ชนิด	ตัวอย่าง	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
จันทบุรี	ปลา	26	114	0.023	<0.004-0.134	NA	<0.005-0.113	NA	<0.005-0.019	5.01	2.47-12.84	0.463	0.104-1.59
(มี.ค. 2552)	กุ้ง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	กั้ง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ปู	1	5	0.044	0.024-0.079	0.035	0.023-0.047	0.616	0.229-1.69	38.86	30.87-44.93	10.83	7.90-13.68
	หอย	2	20	NA	<0.004-0.009	0.112	0.052-0.219	0.800	0.390-1.28	399.2	222.2-663.4	38.72	19.38-70.51
	หมึก- หัว	2	10	0.016	<0.003-0.049	0.015	0.005-0.034	0.209	0.025-0.587	11.22	10.02-12.33	3.46	1.38-7.39
	หมึก - ตัว	2	10	0.019	<0.003-0.062	NA	<0.004-0.016	0.028	0.004-0.062	9.62	8.89-10.00	1.72	0.698-3.35
ตราด	ปลา	13	60	0.032	<0.004-0.263	NA	<0.005-0.236	NA	<0.005-0.012	4.06	2.07-9.66	0.433	0.054-1.18
(พ.ค. 2551)	กุ้ง	1	5	0.024	0.014-0.031	0.016	<0.006-0.025	NA	<0.006-0.040	11.63	10.30-12.41	8.54	7.03-10.45
	กั้ง	2	10	0.025	<0.004-0.067	0.023	0.011-0.031	2.06	0.949-3.94	33.72	27.90-49.08	17.95	10.39-27.44
	ปู	1	5	0.039	0.017-0.058	0.021	0.007-0.033	0.339	0.101-0.703	38.87	30.27-51.02	12.66	8.74-16.86
	หอย	5	32	0.007	<0.003-0.018	0.214	0.016-0.900	0.594	<0.005-3.23	100.7	7.13-440.4	12.29	0.276-46.06
	หมึก- หัว	3	15	0.018	0.004-0.044	0.017	<0.005-0.036	0.233	<0.005-1.13	9.32	0.337-11.99	5.24	0.610-15.38
	หมึก - ตัว	3	15	0.021	0.007-0.064	0.012	<0.005-0.025	NA	<0.005-0.014	7.88	6.58-9.79	2.91	0.981-6.59

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

2. การเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเล

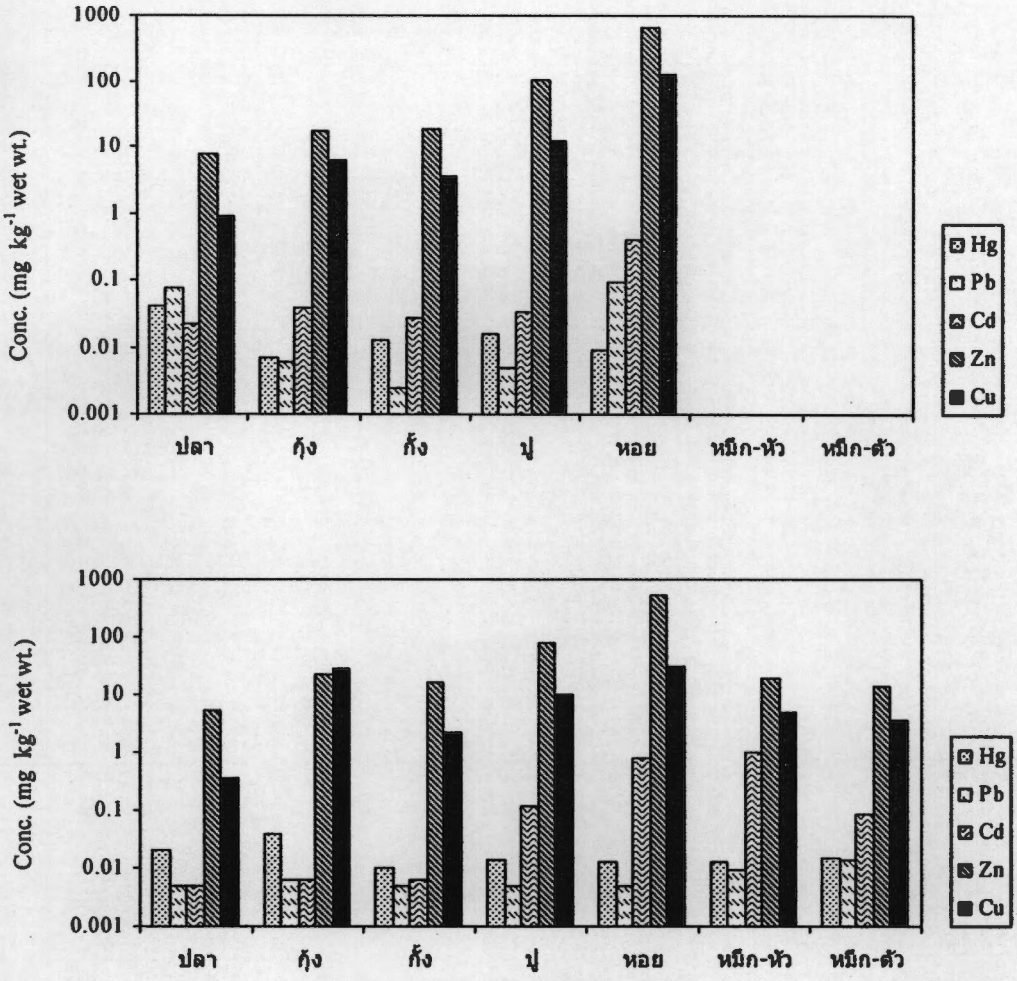
2.1 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลตามฤดูกาลและในจังหวัดต่างๆ

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักตามฤดูกาลเฉพาะตัวอย่างสัตว์ทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรีและระยอง ในฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งได้รายงานผลไว้ในตารางที่ 3-4 และภาพที่ 1-2 ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้แผนภูมิกราฟจากข้อมูลค่าเฉลี่ยโลหะหนักจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเล ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าโลหะหนักในฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนัก ชนิดของสัตว์ทะเล และจังหวัดที่เก็บตัวอย่างด้วย ตัวอย่างเช่น ในจังหวัดชลบุรี พบว่าปริมาณปรอท ตะกั่วและแคดเมียมในปลาทะเล และปริมาณตะกั่วในหอยในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน (ภาพที่ 1) ส่วนจังหวัดระยอง พบว่า ปริมาณปรอท และตะกั่วในปลาทะเลไม่มีความแตกต่างกันในฤดูแล้งและฤดูฝน แต่ปริมาณแคดเมียมในปลาทะเลในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง เป็นต้น (ภาพที่ 2)

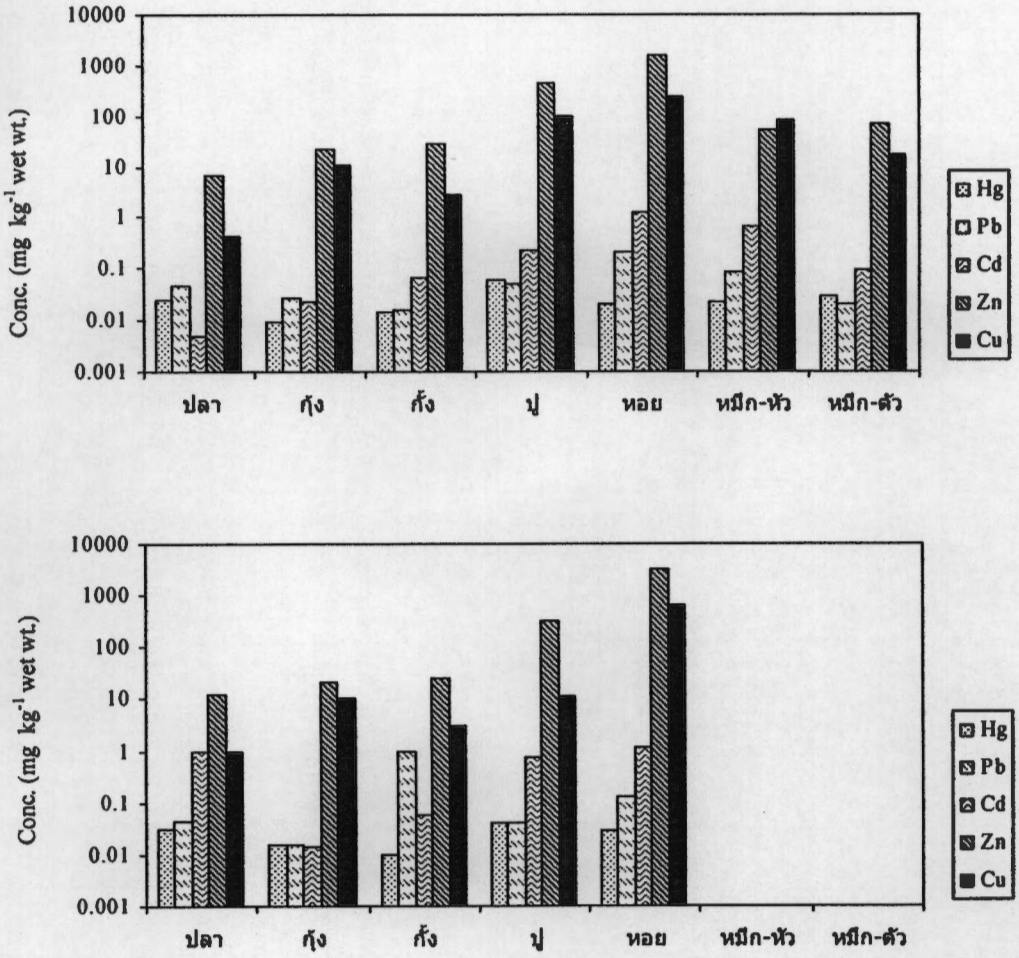
เมื่อพิจารณาจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรี พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอท พบในปลาในฤดูแล้ง (0.041 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และ กุ้งในฤดูฝน (0.039 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดของสังกะสี (655.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และทองแดง (128.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) พบในหอยในฤดูแล้ง สำหรับค่าเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียมพบในหมึกส่วนหัวในฤดูฝน (1.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) (ตารางที่ 3) สำหรับสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดระยองนั้น พบว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของปรอท พบในปู ในฤดูแล้ง (0.059 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) ค่าเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว (0.205 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และแคดเมียม (1.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) พบในหอยในฤดูแล้ง และค่าเฉลี่ยสูงสุดของสังกะสี (3,155 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) และทองแดง (667.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) พบในหอยเช่นกัน แต่พบในฤดูฝน (ตารางที่ 4)

เนื่องจากหอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่และสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การปนเปื้อนของสารมลพิษในแหล่งน้ำได้ การศึกษาครั้งนี้จึงทำการเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยนางรม หอยแมลงภู่ และหอยแครงที่เก็บจากบริเวณต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3-5 พบว่า การสะสมโลหะปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในหอยนางรมที่พบในบริเวณต่างๆในจังหวัดระยองมีปริมาณสูงกว่าที่พบในจังหวัดชลบุรี จันทบุรีและตราด (ภาพที่ 3) แสดงว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่จังหวัดระยองมากกว่าจังหวัดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าหอยนางรมมีการสะสมโลหะหนักดังกล่าวสูงกว่าหอยแมลงภู่ และหอยแครงอีกด้วย โดยเฉพาะมีการสะสมโลหะสังกะสีและทองแดงโดยประมาณมากกว่า 100 เท่าของหอยแมลงภู่ และหอยแครง

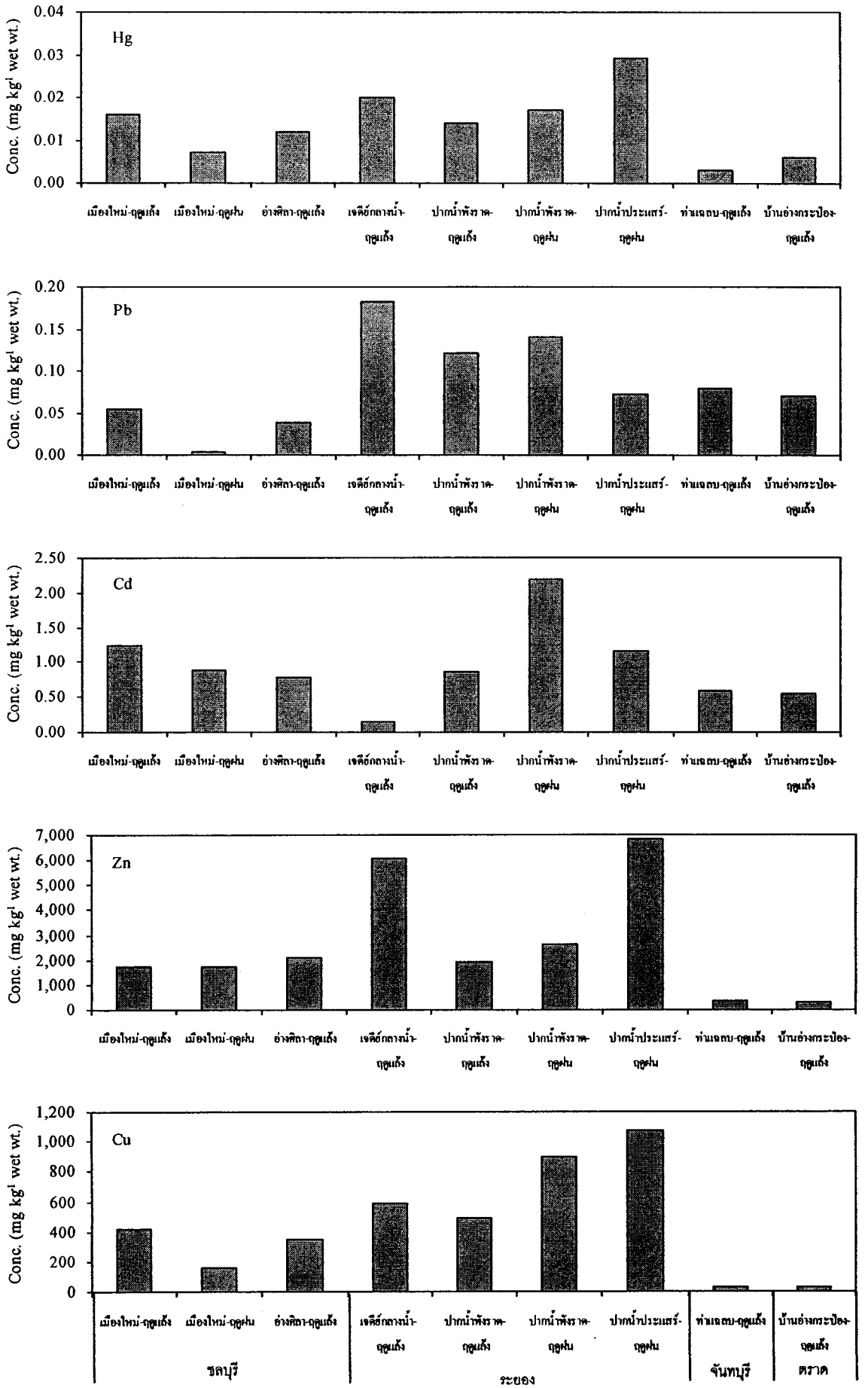
ภาพที่ 6 เป็นการเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในสัตว์ทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด พบว่า สัตว์ทะเลส่วนใหญ่ที่เก็บจากจังหวัดระยองมีการสะสมโลหะหนักมากกว่าสัตว์ทะเลที่เก็บมาจากจังหวัดอื่นๆ โดยเฉพาะโลหะปรอท สังกะสี และ ทองแดง ใน ปู หอย และหมึก และโลหะตะกั่ว ในปลา กุ้ง ปู และหมึก พบในจังหวัดระยองมากกว่าจังหวัดอื่น



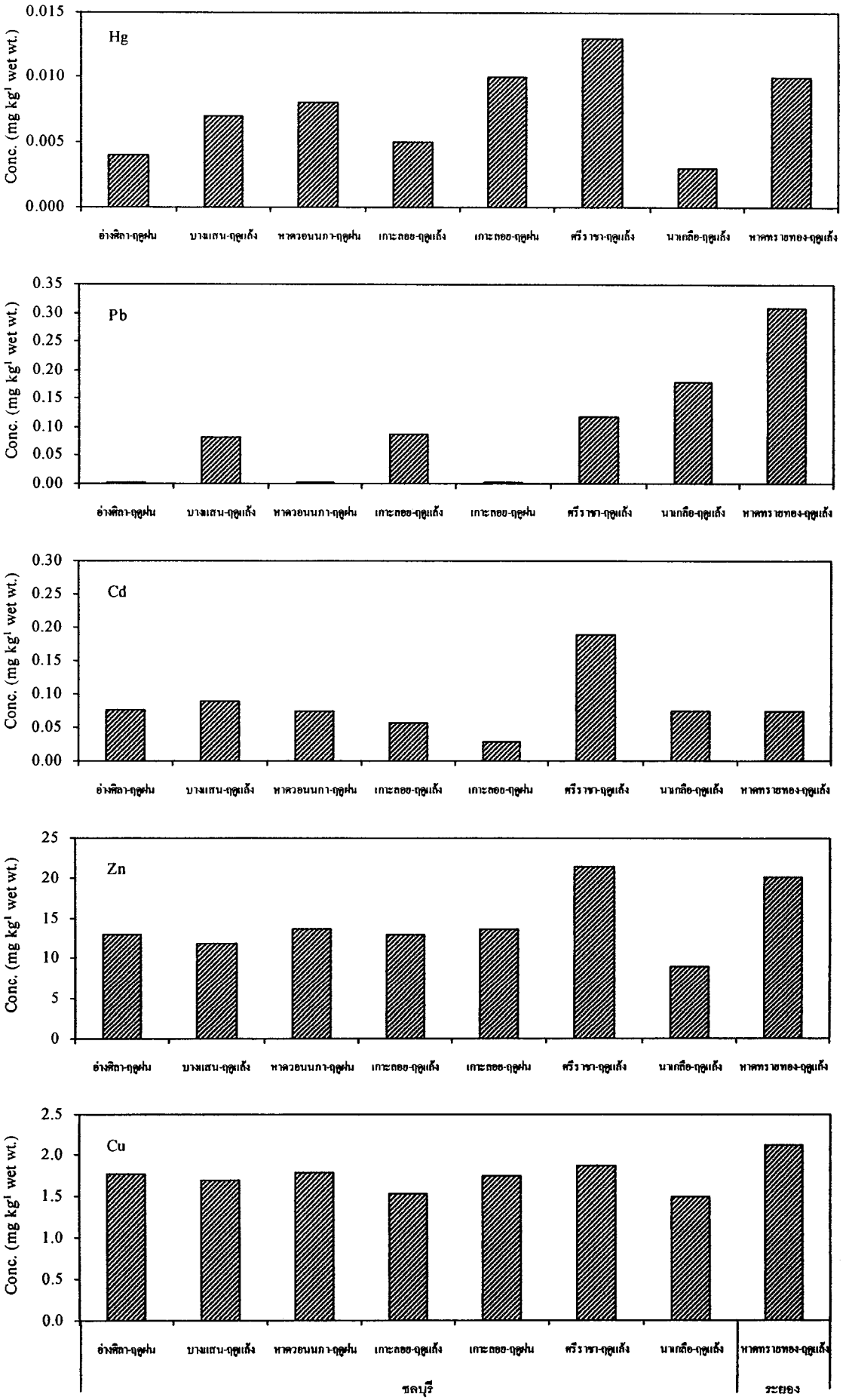
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเล จากจังหวัดชลบุรี (ก) ฤดูแล้ง และ (ข) ฤดูฝน



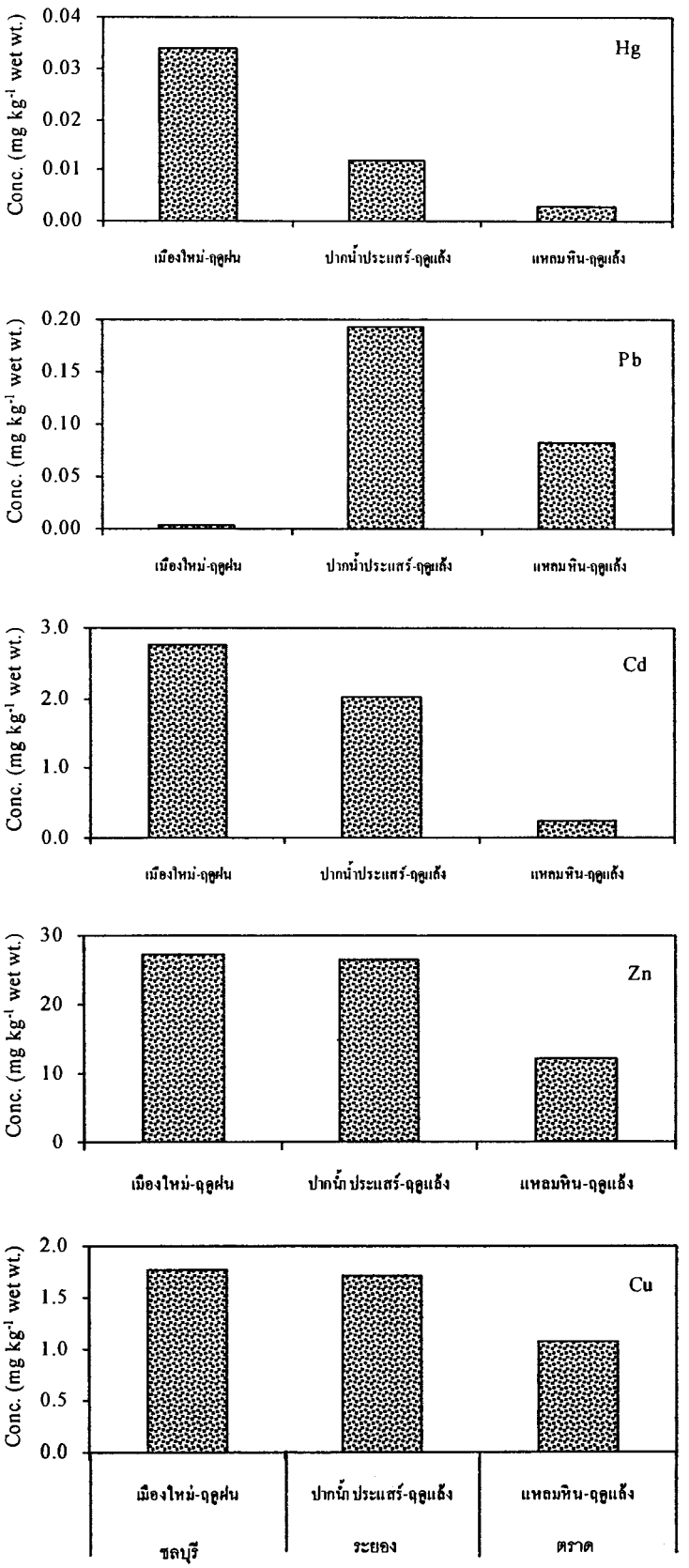
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลจากจังหวัดระยอง (ก) ฤดูแล้ง และ (ข) ฤดูฝน



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยนางรม, *Saccostrea forskali* ในบริเวณต่างๆ

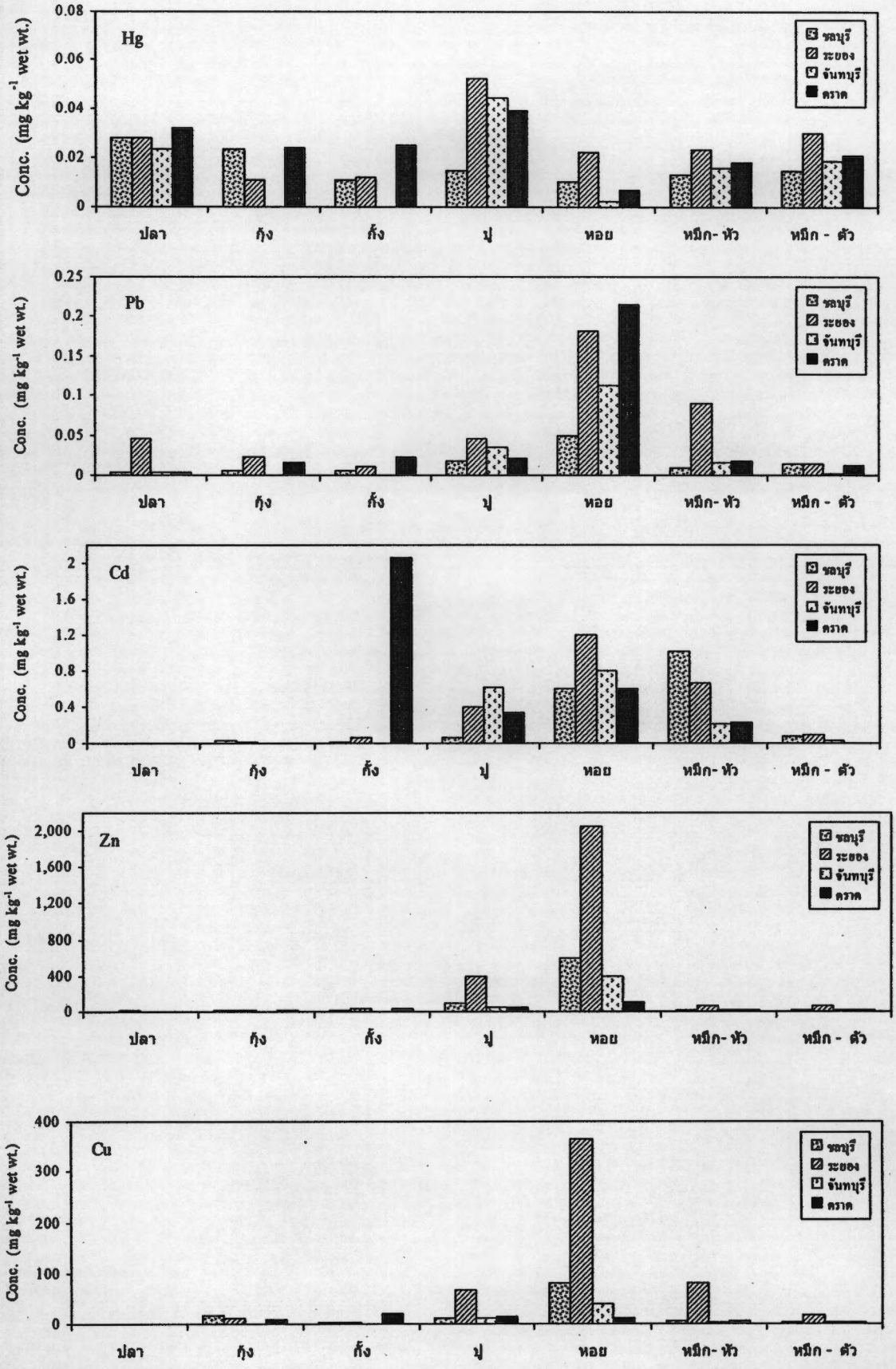


ภาพที่ 4 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยแมลงภู่, *Perna viridis* ในบริเวณต่างๆ



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในหอยแครง, *Anadara granosa* ในบริเวณต่างๆ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
๓ แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในสัตว์ทะเลที่เก็บจากจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และ ตราด

615.92
ก491
ส.3
264639

2.2 เปรียบเทียบชนิดของโลหะหนักและประเภทของสัตว์ทะเล

การเปรียบเทียบชนิดของโลหะหนักที่สะสมในสัตว์ทะเลโดยพิจารณาในภาพรวมจากตัวอย่างสัตว์ทะเลทุกชนิดที่เก็บจากทั้ง 4 จังหวัด (ตารางที่ 6 และภาพที่ 7) พบว่า สังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงที่สุดในสัตว์ทะเลทุกประเภท โดยเฉพาะพบสูงสุดในหอย และ ปู ตามลำดับ โลหะหนักที่พบสูงสุดรองลงมา ได้แก่ ทองแดง ซึ่งพบสูงสุดในหอยเช่นเดียวกัน การที่พบปริมาณการสะสมของสังกะสีสูงที่สุดในสัตว์ทะเลนั้น สอดคล้องกับรายงานของ Huschenbeth and Harms (1975) Hungspreugs and Siriruttanachai (1981) และ พัชรา เพ็ชรพิรุณ (2531) เป็นเพราะว่า สังกะสีเป็นธาตุที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทางชีวเคมีของเอนไซม์บางชนิดภายในร่างกาย (Viarengo, 1985) โดยเฉพาะเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายของสัตว์จำพวกหอย (Anderson, 1977)

สำหรับทองแดงซึ่งมีการสะสมในสัตว์ทะเลสูงมากเป็นอันดับสองรองจากสังกะสีนั้น เป็นเพราะว่า ทองแดง เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ haemocyanin ซึ่งเป็น pigment ที่สำคัญในเลือดของสัตว์ทะเลจำพวก ปู กุ้ง กั้ง และหอย (อรพินท์ จันทร์ผ่องแสง, 2520) นอกจากนี้ได้มีผู้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของหอยเป๋าฮื้อ, *Haliotis tuberculata* ก็พบว่ามีปริมาณของทองแดงสะสมอยู่สูงที่สุดในเลือดของหอย โดยทำให้เลือดเป็นสีน้ำเงิน (Bryan et al., 1977)

เมื่อจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในการสะสมโลหะหนัก พบว่า หอย เป็นสัตว์ทะเลที่มีการสะสมโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการศึกษาสูงที่สุด ยกเว้นปรอท (ตารางที่ 6) ทั้งนี้ เนื่องจาก หอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่ และกินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาสิ่งต่างๆที่แขวนลอยในน้ำบริเวณรอบๆตัวของมันได้ ซึ่งหากมีสารพิษเจือปนอยู่ในน้ำก็จะถูกสะสมอยู่ในตัวมันได้ (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2523) ด้วยเหตุนี้ จึงมักนิยมใช้หอยเป็นดัชนีบ่งชี้มลภาวะของแหล่งน้ำ (Bryan et al., 1977; Phillips, 1977; Ikuta, 1987) และในบรรดาหอยที่นำมาศึกษานั้น พบว่า หอยนางรม, *Crassostrea commercialis* เป็นหอยชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบสารมลพิษในกลุ่มโลหะหนักและสารออร์กาโนคลอรีน ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากพบแพร่กระจายทั่วไปในภูมิภาคแถบนี้ (Phillips, 1980)

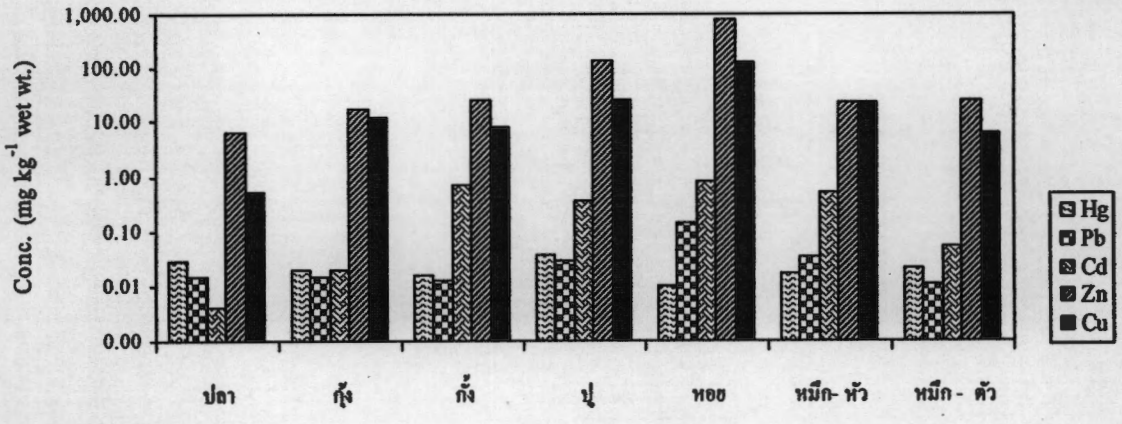
การศึกษาครั้งนี้พบว่า ปรอทมีการสะสมสูงสุดในปู (ปูม้า ปูดำ และปูทะเล) รองลงมา ได้แก่ ปลา สำหรับการสะสมโลหะหนักในหมึกนั้น พบว่า หมึกส่วนหัวซึ่งประกอบด้วย หัว หนวด และแขน มีการสะสมโลหะแคดเมียมมากที่สุด รองลงมาคือโลหะ ทองแดง และตะกั่ว ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณที่พบในส่วนหัวหมึกสูงกว่าส่วนของตัวหมึกมาก โดยเฉพาะปริมาณของแคดเมียมพบในส่วนของหัวหมึกสูงกว่าส่วนของตัวประมาณ 10 เท่า (ภาพที่ 8) นอกจากนี้แคดเมียมยังเป็นโลหะหนักที่พบสูงมากในสัตว์ทะเลประเภทหมึก หอย ปู และกั้ง รองจากสังกะสีและทองแดงอีกด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Koli et al. (1980) ซึ่งทำการศึกษาในสัตว์ทะเลบริเวณ Atlantic Coast of South Carolina พบว่าแคดเมียมมีการสะสมในสัตว์ทะเลที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว (shellfish) มากกว่าที่พบในปลา (finfish) แคดเมียมสามารถจับตัวกับโปรตีนในเซลเกิดเป็น stable biological chelate complexes ซึ่งแคดเมียมชอบที่จะจับกับ softer

ligands มากกว่า เช่น S-Cd-S System และแคดเมียมที่จับรวมตัวกับโปรตีนนั้น (cadmium binding proteins) เป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลต่ำ (low molecular weights) (Cooke et al., 1979 อ้างโดย Koli et al., 1980) ดังนั้นการที่พบโลหะแคดเมียมมีปริมาณสูงมากในสัตว์ทะเลกลุ่มดังกล่าวโดยเฉพาะในการศึกษาครั้งนี้พบมากในหมึกนั้น จึงน่าจะเป็นเพราะว่าสัตว์พวก shellfish มี high activity ในการสะสมแคดเมียมและทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่มีโมเลกุลต่ำ และการที่พบแคดเมียมในปลาน้อยนั้นน่าจะเป็นเพราะความแตกต่างของโมเลกุลของสัตว์ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันนั่นเอง (Koli et al., 1980)

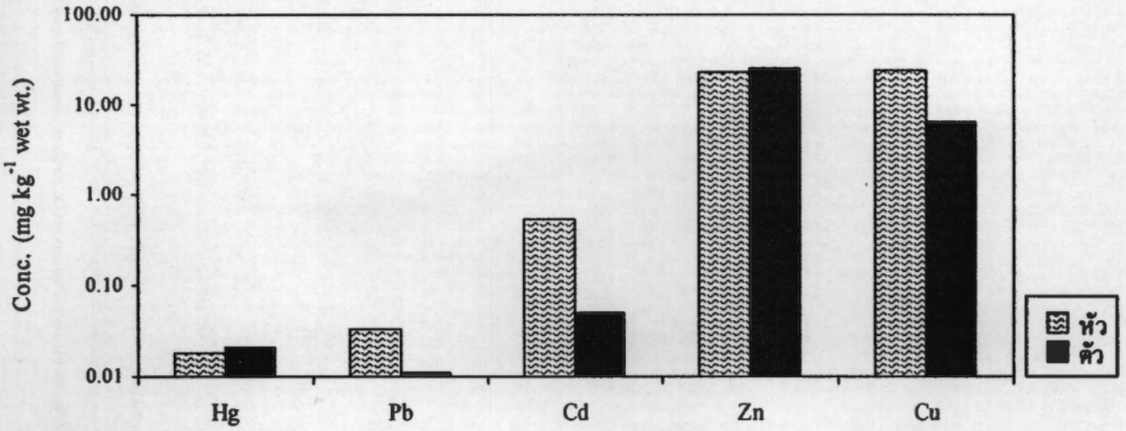
ตารางที่ 6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักชนิดต่างๆจำแนกตามประเภทของสัตว์ทะเลในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด (หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ประเภทสัตว์ทะเล	จำนวนตัวอย่าง	Hg	Pb	Cd	Zn	Cu
ปลา	349	0.028	0.014	0.004	6.37	0.537
กุ้ง	37	0.019	0.015	0.019	17.55	12.04
กั้ง	38	0.016	0.013	0.712	25.49	7.87
ปู	106	0.038	0.030	0.357	140.7	25.24
หอย	215	0.010	0.139	0.797	783.7	123.99
หมึก – หัว*	53	0.018	0.033	0.528	24.92	23.60
หมึก - ตัว	53	0.021	0.011	0.051	24.92	6.29
ค่าเฉลี่ย		0.021	0.036	0.353	146.0	28.51

* ส่วนหัวหมึก ประกอบด้วย หัว (head) หนวด (tentacle) และแขน (arm)



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบประเภทของสัตว์ทะเลในการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆ



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในหมึกส่วนหัวและส่วนตัว

2.3 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเล

การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์หาโลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเลด้วยโดยทำการศึกษาเฉพาะปลาทะเลที่มีขนาดใหญ่รวม 7 ชนิด คือ ปลาสาก *Sphyraea obstusata* ปลาอินทรีย์ *Scomberomorus guttatus* ปลาหางควาย *Thysanophrys crocodilus* ปลากระบอก *Mugil cephalus* ปลาสากเหลือง *Sphyraena* sp. ปลาคุกทะเล *Plotosus canius* และ ปลากะพงขาว *Lates calcalifer* เนื้อเยื่อของปลาทะเลที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ กล้ามเนื้อ ตับ ไต กระเพาะอาหาร และ ไข่ (ถ้ามี) พบว่า โลหะหนักส่วนใหญ่มีการสะสมมากที่สุดในส่วนของตับ และ ไต ส่วนของกล้ามเนื้อปลามีการสะสมโลหะหนักน้อยที่สุด (ตารางที่ 7 และภาพที่ 9) ดังนั้นการบริโภคเนื้อปลาจึงมีความปลอดภัยมากที่สุดจากการปนเปื้อนโลหะหนัก และในส่วนของไข่ปลานั้นทำการวิเคราะห์ได้เฉพาะในปลาหางควาย พบว่าไข่ปลาหางควายมีการสะสมโลหะสังกะสีมากที่สุด

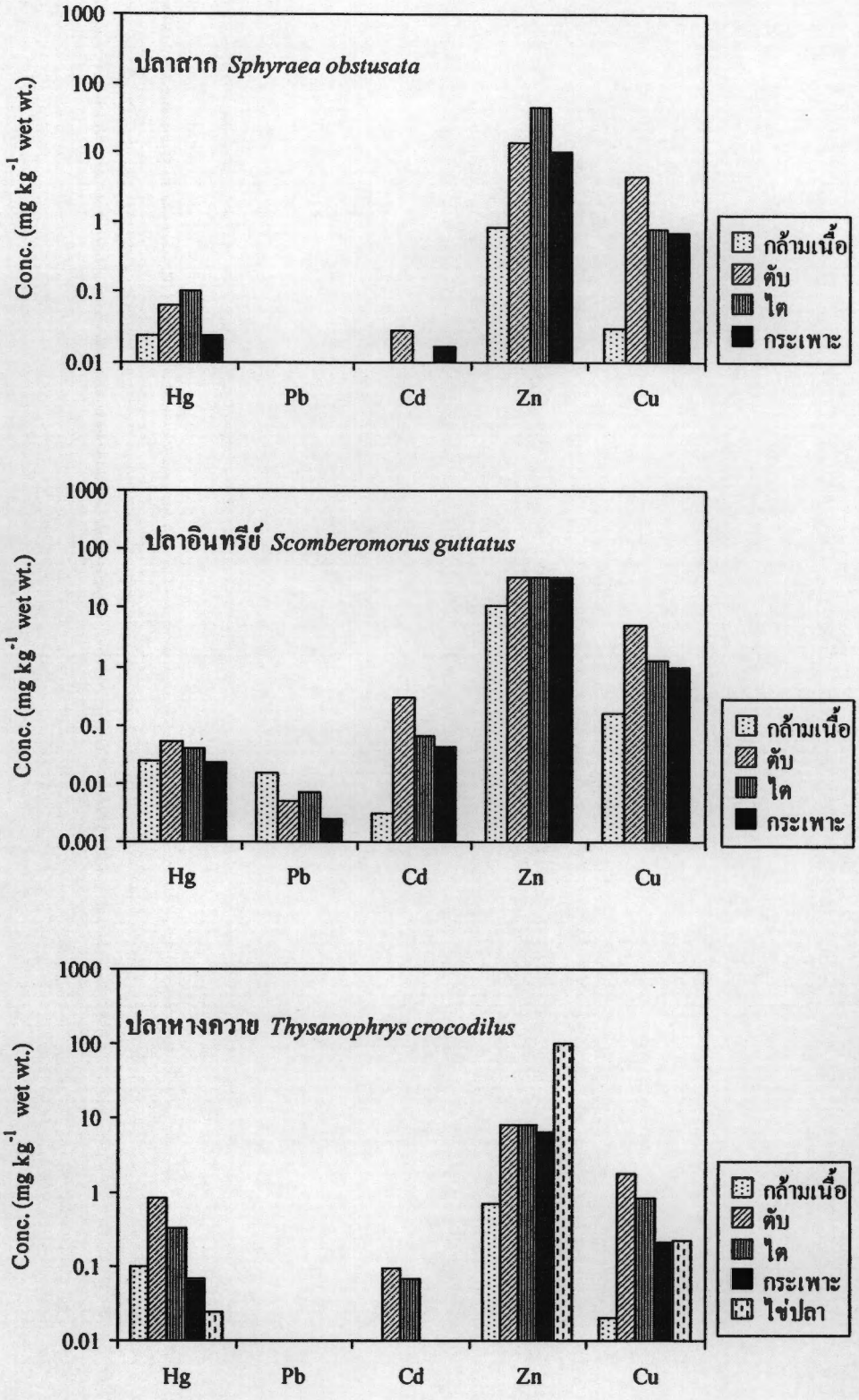
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์โลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเล (หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

รายชื่อปลา	สถานที่/วันที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	เนื้อเยื่อ	Hg		Pb		Cd		Zn		Cu	
				Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
1.ปลาสาก	อวนลาก	2	กล้ามเนื้อ	0.024	0.031-0.16	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.840	0.736-0.944	0.030	0.027-0.034
Sphyraea obstusata	แหลมฉบัง-		ตับ	0.063	0.039-0.088	<0.011	<0.011	0.029	<0.011-0.053	13.41	13.21-13.60	4.43	3.75-5.11
ความยาว 29.4-45.0 ซม.	นาเกลือ		ไต	0.103	0.086-0.121	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	42.35	35.47-49.24	0.782	0.680-0.885
	15 ส.ค. 2550		กระเพาะ	0.024	0.014-0.034	<0.012	<0.012	0.017	<0.012-0.029	10.10	4.94-15.27	0.696	0.648-0.744
			ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-
2. ปลาอินทรีย์	อ่าวคุ้ง	2	กล้ามเนื้อ	0.025	0.015-0.034	0.015	<0.006-0.026	<0.006	<0.006	10.99	9.14-12.84	0.154	0.142-0.167
Scomberomorus guttatus	กระเบน		ตับ	0.053	0.042-0.064	0.005	<0.006-0.006	0.295	0.231-0.359	34.47	34.23-34.70	5.26	3.95-6.57
ความยาว 68.0-72.0 ซม.	จันทบุรี/		ไต	0.041	0.027-0.055	0.007	0.006-0.007	0.066	0.050-0.082	33.13	31.38-34.89	1.30	1.17-1.43
	5 มี.ค. 2552		กระเพาะ	0.022	0.014-0.031	<0.005	<0.005	0.043	0.032-0.053	32.61	26.26-38.97	0.962	0.862-1.06
			ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-
3. ปลาหางควาย	แหลมแท่น/	2	กล้ามเนื้อ	0.099	0.066-0.132	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.721	0.606-0.836	0.020	0.018-0.023
Thysanophrys crocodilus	2 ต.ค. 2550		ตับ	0.835	0.156-1.51	<0.007	<0.007	0.094	0.023-0.166	8.36	6.58-10.14	1.77	0.914-2.63
ความยาว 45.3-45.6 ซม.			ไต	0.330	0.194-0.467	<0.010	<0.010	0.066	0.012-0.121	8.34	7.65-9.03	0.811	0.610-1.01
			กระเพาะ	0.068	0.054-0.082	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	6.44	6.30-6.58	0.215	0.186-0.244
			ไข่ปลา	0.024	0.015-0.032	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	103.17	82.18-124.17	0.223	0.222-0.224
4. ปลากระบอก (ขาว)	อวนลาก	1	กล้ามเนื้อ	0.010	-	<0.005	-	<0.005	-	0.809	-	0.125	-
Mugil cephalus	หนองแฟบ-		ตับ	0.121	-	0.010	-	0.135	-	173.11	-	83.37	-
ความยาว 33 ซม.	ปากคลอง		ไต	0.095	-	0.138	-	0.123	-	11.04	-	1.87	-
	บ้านตากวน/		กระเพาะ	0.025	-	<0.011	-	<0.011	-	12.52	-	0.680	-
	17 ก.ย. 2550		ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-

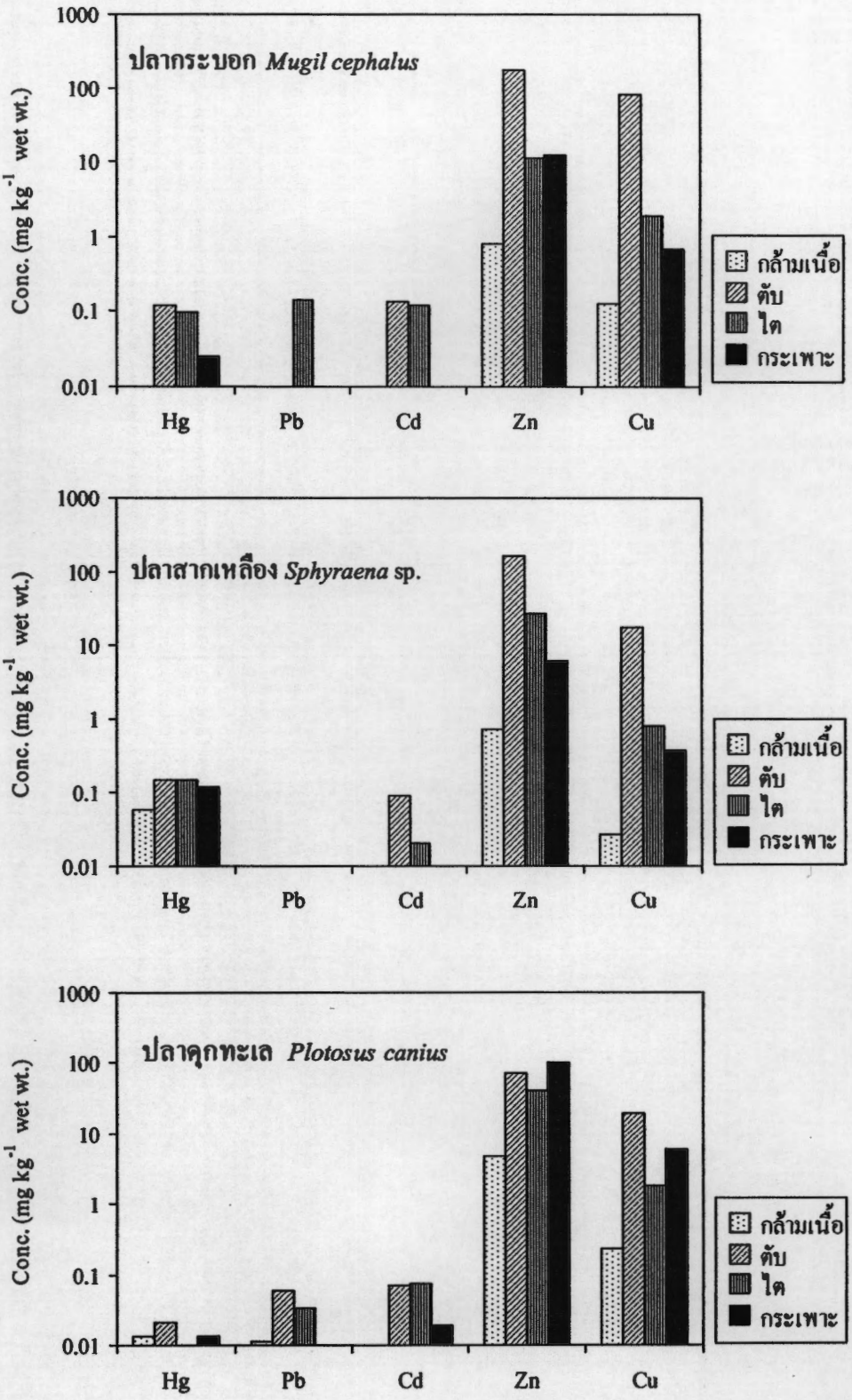
ตารางที่ 7 (ต่อ)

รายชื่อปลา	สถานที่/วันที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	เนื้อเยื่อ	Hg		Pb		Cd		Zn		Cu	
				Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
5. ปลาสากเหลือง	อวนลาก	2	กล้ามเนื้อ	0.058	0.053-0.063	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.710	0.683-0.738	0.027	0.025-0.028
Sphyraena sp.	หนองแฟบ-		ตับ	0.148	0.090-0.207	<0.010	<0.010	0.089	0.061-0.116	162.55	15.12-310	16.95	5.50-28.39
ความยาว 39.0-53.5 ซม.	ปากคลอง		ไต	0.150	0.109-0.191	<0.012	<0.012	0.020	<0.012-0.034	27.32	23.01-31.64	0.806	0.737-0.874
	บ้านตากวน/		กระเพาะ	0.119	0.047-0.191	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	6.06	5.94-6.18	0.371	0.327-0.415
	17 ก.ย. 2550		ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-
6. ปลาดุกทะเล	บางกะไช	3	กล้ามเนื้อ	0.013	0.009-0.020	0.011	0.009-0.015	<0.005	<0.005	4.71	4.34-5.41	0.234	0.202-0.257
Plotosus canius	จันทบุรี/		ตับ	0.021	0.008-0.037	0.058	0.039-0.087	0.070	0.053-0.095	73.16	72.51-74.29	19.59	11.50-24.40
ความยาว 44.6-51.6 ซม.	5 มี.ค. 2552		ไต	0.009	<0.006-0.017	0.034	0.020-0.046	0.073	0.059-0.086	42.00	41.36-42.64	1.76	1.63-1.85
			กระเพาะ	0.013	<0.009-0.020	NA	<0.012-0.088	0.019	0.016-0.023	104.6	70.00-136.9	5.97	4.49-8.34
			ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-
7. ปลากะพงขาว	หาดเจ้าหลาว	4	กล้ามเนื้อ	0.021	0.019-0.025	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	4.45	3.48-6.23	0.123	0.104-0.157
Lates calcalifer	จันทบุรี/		ตับ	0.005	<0.006-0.009	NA	<0.008-0.085	0.019	<0.008-0.054	16.91	15.13-19.59	11.65	5.87-24.74
ความยาว 49.0-53.1 ซม.	5 มี.ค. 2552		ไต	0.045	0.018-0.112	0.022	<0.010-0.042	0.208	0.145-0.255	80.99	58.06-103.6	2.80	1.87-3.68
			กระเพาะ	0.006	<0.004-0.008	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	20.40	14.84-27.28	0.987	0.780-1.18
			ไข่ปลา	-	-	-	-		-	-	-	-	-

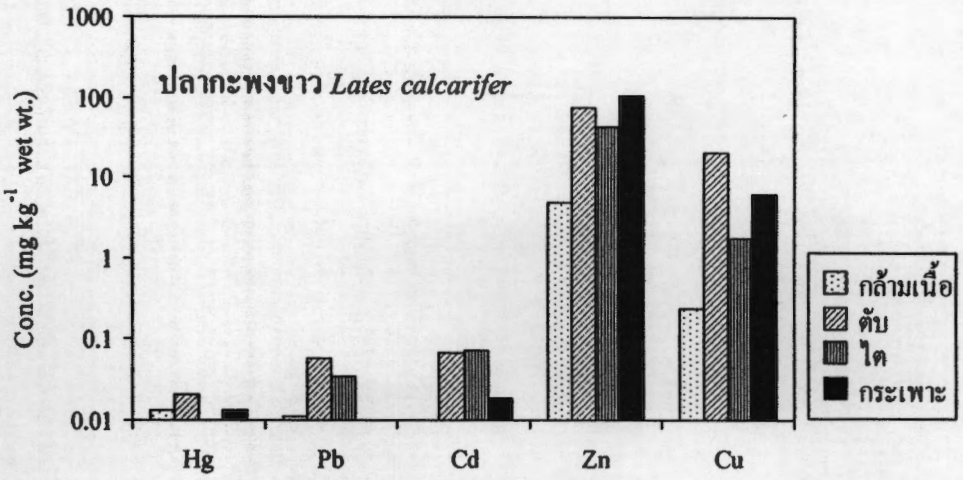
NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักชนิดต่างๆในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเล


ปลากระบอก Mugil cephalus
ปลาสากเหลือง Sphyraena sp.
ปลาดุกทะเล Plotosus canius
Conc. (mg kg-1 wet wt.)
1000
100
10
1
0.1
0.01
Hg
Pb
Cd
Zn
Cu
กล้ามเนื้อ
ตับ
ไต
กระเพาะ

ภาพที่ 9 (ต่อ)



ภาพที่ 9 (ต่อ)

2.4 เปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลกับมาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร

การเปรียบเทียบปริมาณการสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลทุกชนิดที่ได้จากจังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกทั้ง 4 จังหวัดกับมาตรฐานของโลหะหนักในอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน สำหรับโลหะปรอท ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ส่วนโลหะแคดเมียมนั้นไม่มีกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฯ จึงเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลทุกชนิดจากการศึกษาครั้งนี้ยังคงอยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค สำหรับโลหะหนักที่ตรวจพบในสัตว์ทะเลสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภค จำแนกตามแต่ละจังหวัดแสดงไว้ในตารางที่ 9-12

ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดชลบุรี พบ 4 ชนิด รวม 53 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 301 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 18.3 ของตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษาในจังหวัดชลบุรี โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคเรียงตามลำดับได้แก่ ทองแดง ร้อยละ 13.6 สังกะสี ร้อยละ 9.3 และแคดเมียม ร้อยละ 3.7 (ตารางที่ 9)

ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดระยอง พบ 9 ชนิด รวม 86 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 221 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 38.9 ของตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษาในจังหวัดระยอง โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคเรียงตามลำดับได้แก่ สังกะสี ร้อยละ 34.8 ทองแดง ร้อยละ 23.5 แคดเมียม ร้อยละ 6.3 และตะกั่ว ร้อยละ 0.5 (ตารางที่ 10)

ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดจันทบุรี พบ 2 ชนิด รวม 10 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 149 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 6.7 ของตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษาในจังหวัดจันทบุรี โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคเรียงตามลำดับได้แก่ สังกะสี ร้อยละ 13.4 และทองแดง ร้อยละ 12.8 (ตารางที่ 11)

ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดตราด พบ 3 ชนิด รวม 18 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 127 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 14.2 ของตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการศึกษาในจังหวัดตราด โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยต่อการบริโภคเรียงตามลำดับได้แก่ ทองแดง ร้อยละ 11.0 สังกะสี ร้อยละ 7.9 และแคดเมียม ร้อยละ 5.5 (ตารางที่ 12)

ทั้งนี้สัตว์ทะเลบางชนิดโดยเฉพาะในหอยนางรมที่ศึกษาทั้งหมดมักพบว่ามีทั้งโลหะสังกะสีและทองแดงในหอยตัวเดียวกันมีค่าสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภค

เมื่อพิจารณาในภาพรวมจากตัวอย่างสัตว์ทะเลทั้งหมดที่เก็บจาก 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พบว่า ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีการสะสมโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคมีทั้งหมด 14 ชนิด จำนวน 169 ตัวอย่าง จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 798 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 21.2 ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างสัตว์ทะเลในจังหวัดระยอง รองลงมาคือ จังหวัดชลบุรี ตราดและจันทบุรี ตามลำดับ โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคเรียงตามลำดับได้ดังนี้

1. สังกะสี คิดเป็นร้อยละ 18.5 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด พบใน หอยนางรม หอยตะโกรม หอยหวาน ปูม้า ปูดำ ปูทะเล หมึกกระดองส่วนหัว และหมึกสายส่วนตัว

2. ทองแดง คิดเป็นร้อยละ 14.2 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด พบใน หอยนางรม หอยตะโกรม หอยหวาน ปูม้า ปูดำ กั้งตั๊กแตนเขียว หมึกกระดองและหมึกหอมส่วนหัว และหมึกสายส่วนตัว

3. แคดเมียม คิดเป็นร้อยละ 4.0 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด พบใน หอยแครง หอยเชลล์ หอยหวาน หอยนางรม ปูม้า หมึกกระดองส่วนหัว และปลาตะกรับเสือดาว

4. ตะกั่ว พบเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 0.1 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด พบใน หมึกสายส่วนหัว

สำหรับหอยเชลล์ที่มีแคดเมียมสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคนั้นเป็นส่วนที่รวมอวัยวะภายใน (visceral mass) ด้วย หากเป็นเฉพาะส่วนที่เป็นเอ็นหอย (adductor muscle) จะมีค่าไม่สูงเกินมาตรฐาน (ภาคผนวก ก ตาราง ก6) ดังนั้นการบริโภคหอยเชลล์ควรเลือกบริโภคเฉพาะส่วนที่เป็นเอ็นหอยเท่านั้น

ตารางที่ 8 มาตรฐานโลหะหนักในอาหาร (หน่วยเป็นมิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

โลหะหนัก	The Canadian Food and Drug Directorate (Uthe and Bligh, 1971)	The Tasmanian Public Health (Food and Drug Standard) Regulation (Eustace, 1974)	The National Health and Medical Research Council (Eustace, 1974)	Western Australia Food and Drug Regulation (Hancock, 1976)	United States Food and Drug Administration (Holden, 1973)	ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน*	สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (อ้างตามกรมควบคุมมลพิษ, 2546 ข)
ปรอท	-	-	-	0.5	0.5	0.5	-
ตะกั่ว	10	-	-	-	-	1	0.2 (ปลา), 0.5 (กุ้ง กั้ง ปู) 1.0 (หอยและหมึก)
แคดเมียม	-	5.5	2	-	-	-	0.05 (ปลา), 2.0 (กุ้ง กั้ง ปู หอย และหมึก)
สังกะสี	100	40.0	1,000	-	-	100	-
ทองแดง	100	30.0	-	-	-	20	-

*ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ 103 ตอนที่ 23 ลงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529

ตารางที่ 9 ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดชลบุรี

รายชื่อสัตว์ทะเล	จำนวนตัวอย่างที่พบ (ตัว)				เดือนที่พบ	บริเวณที่พบ
	สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว		
1. ปลาตะกรับเสือดาว	-	-	2	-	ก.พ. 2550	อ่างศิลา
2. ปูม้า	2	1	-	-	มี.ค. 2550	แหลมฉบัง
	5	-	-	-	มี.ค. 2550	เกาะลอย
	2	-	-	-	ต.ค. 2550	ท่าเรือแหลมฉบัง
	-	1	-	-	ต.ค. 2550	หาดวอนนภา
3. หอยนางรม	8	8	-	-	มี.ค. 2550	อ่างศิลา
	8	1	-	-	ต.ค. 2550	อ่างศิลา
	8	8	1	-	เม.ย. 2550	เมืองใหม่
	8	7	-	-	ต.ค. 2550	เมืองใหม่
4. หอยแครง	-	-	8	-	ต.ค. 2550	เมืองใหม่
5. กุ้งกุลาดำ	-	2	-	-	ต.ค. 2550	ท่าเรือแหลมฉบัง
รวมจำนวนตัวอย่าง	28	41	11	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างในจังหวัดชลบุรี	9.3	13.6	3.7	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดใน 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	3.5	5.1	1.4	-		

ตารางที่ 10 ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดระยอง

รายชื่อสัตว์ทะเล	จำนวนตัวอย่างที่พบ (ตัว)				เดือนที่พบ	บริเวณที่พบ
	สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว		
1. หอยหวาน	8	7	3	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
	-	2	-	-	ต.ค. 2550	บ้านเพ
2. หอยนางรม	7	7	-	-	เม.ย. 2550	เจดีย์กลางน้ำ
	7	7	-	-	เม.ย. 2550	ปากน้ำพังราด
	7	7	3	-	ต.ค. 2550	ปากน้ำพังราด
	7	7	-	-	ต.ค. 2550	ปากน้ำประแสร์
3. หอยแครง	-	-	4	-	เม.ย. 2550	ปากน้ำประแสร์
4. ปูทะเล	6	-	-	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
5. ปูม้า	4	-	-	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
	5	2	1	-	เม.ย. 2550	เกาะมัน
	5	4	-	-	เม.ย. 2550	ปากน้ำพังราด
	5	-	1	-	ต.ค. 2550	บ้านเพ
	5	-	1	-	ต.ค. 2550	อ่าวมะขามป้อม
6. ปูดำ	6	5	-	-	เม.ย. 2550	ปากน้ำพังราด
7. หมึกหอม- หัว	-	1	-	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
8. หมึกกระดอง - หัว	2	2	1	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
9. หมึกสาย - หัว	-	-	-	1	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
หมึกสาย - ตัว	3	1	-	-	เม.ย. 2550	หาดทรายทอง
รวมจำนวนตัวอย่าง	77	52	14	1		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างในจังหวัดระยอง	34.8	23.5	6.3	0.5		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดใน 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	9.6	6.5	1.8	0.1		

ตารางที่ 11 ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดจันทบุรี

รายชื่อสัตว์ทะเล	จำนวนตัวอย่างที่พบ (ตัว)				เดือนที่พบ	บริเวณที่พบ
	สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว		
1. หอยตะโกรม	10	10	-	-	เม.ย. 2551	ท่าแฉลบ
2. หอยนางรม	10	9	-	-	เม.ย. 2551	ท่าแฉลบ
รวมจำนวนตัวอย่าง	20	19	-	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างในจังหวัดจันทบุรี	13.4	12.8	-	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดใน 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	2.5	2.4	-	-		

ตารางที่ 12 ชนิดสัตว์ทะเลที่ตรวจพบโลหะหนักสูงเกินระดับความปลอดภัยสำหรับการบริโภคในจังหวัดตราด

รายชื่อสัตว์ทะเล	จำนวนตัวอย่างที่พบ (ตัว)				เดือนที่พบ	บริเวณที่พบ
	สังกะสี	ทองแดง	แคดเมียม	ตะกั่ว		
1. หอยเชลล์	-	-	4	-	พ.ค. 2551	เขาล้าน-เขาแมว
2. หอยนางรม	10	10	-	-	พ.ค. 2551	บ้านอ่างกระป๋อง
3. กั้งตั๊กแตนเขียว	-	4	3	-	พ.ค. 2551	เขาล้าน-เขาแมว
รวมจำนวนตัวอย่าง	10	14	7	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างในจังหวัดตราด	7.9	11.0	5.5	-		
ร้อยละของจำนวนตัวอย่างทั้งหมดใน 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก	1.3	1.8	0.9	-		

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักกับขนาดของสัตว์ทะเล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักชนิดต่างๆกับขนาดของสัตว์ทะเลทำโดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับข้อมูลตัวอย่างสัตว์ทะเลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างครั้งเดียวกันและสถานที่เดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณปรอทมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความยาวของปลารวม 4 ชนิด คือ ปลาจวด, *Johnius belengeri* ปลาเห็ดโคน, *Sillago sihama* ปลาลิ้นหมา, *Cynoglossus* sp. และปลาทรายแดง, *Nemipterus* spp. ดังแสดงในตารางที่ 13 และ ภาพที่ 10

ตารางที่ 13 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของสัตว์ทะเล

ปลาทะเล	สถานที่เก็บตัวอย่าง	N	r	
			ความยาวปลา	น้ำหนักปลา
1.ปลาจวด, *Johnius belengeri*	ท่าแฉลบ จันทบุรี	5	0.944**	0.919*
2.ปลาเห็ดโคน, *Sillago sihama*	แหลมหิน ตราด	5	0.959**	0.949*
3. ปลาลิ้นหมา, *Cynoglossus* sp	สะพานปลาแหลมฉบัง ชลบุรี	10	0.783**	0.794**
4. ปลาทรายแดง, *Nemipterus* spp.	สะพานปลาแหลมฉบัง ชลบุรี	10	0.654*	NS
5. ปลาทรายแดง, *Nemipterus* spp.	เขาล้าน เขาแมว ตราด	5	0.990**	0.923*

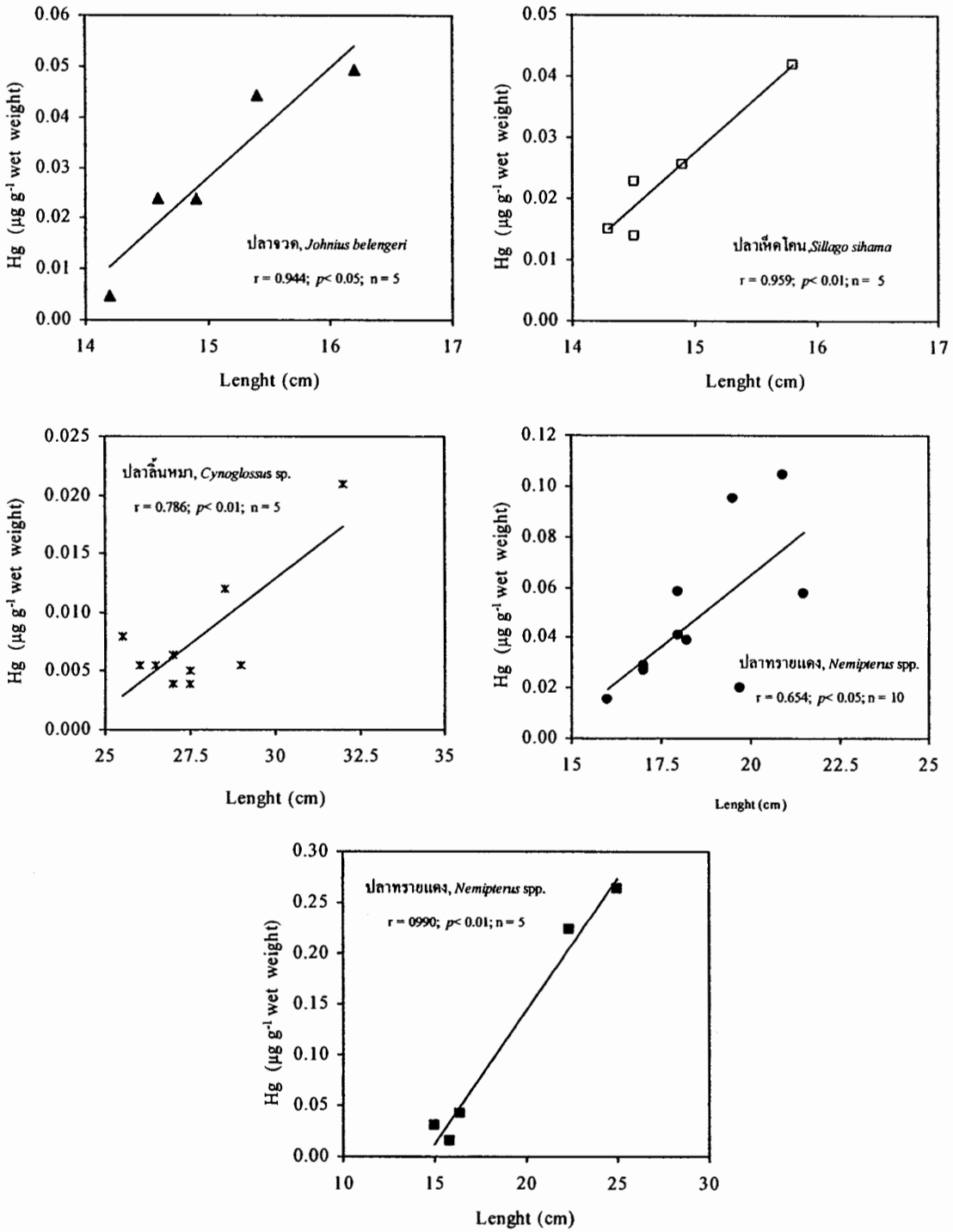
* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

**มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

NS = Not significant

การที่พบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างปริมาณปรอทกับความยาวของสัตว์ทะเลโดยเฉพาะกับปลานั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Menasveta (1976) Cheevaparanapivat (1977) และ Cheevaparanapivat and Menasveta (1979) ทั้งนี้เนื่องจากการกำจัดสารปรอทออกจากตัวปลาเป็นไปได้ช้ามากเมื่อเทียบกับอัตราการรับ (uptake) เข้าไป จึงเป็นผลทำให้สารปรอทเพิ่มขึ้นตามอายุหรือขนาดของปลานั้นๆ (Spry and Wiener, 1991) นอกจากนี้ปลายังมีโอกาสสะสมสารปรอทมากกว่าสัตว์น้ำอื่นๆทั้งทางตรงจากน้ำทะเลหรือทางอ้อมโดยผ่านห่วงโซ่อาหาร (Keckes and Miettinen, 1972) เนื่องจากสารปรอทมี affinity สูงในการจับกับ sulfhydryl groups ในโปรตีนที่อยู่ในปลา (Spry and Wiener, 1991) ประกอบกับปลาส่วนใหญ่มีโปรตีนสูงกว่าสัตว์น้ำประเภทอื่นๆ และสารปรอทที่สะสมในปลาส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเมททิลเมอร์คิวรี (methylmercury) ซึ่งเป็นสารประกอบปรอทอินทรีย์ที่มีพิษมากที่สุด (Francesconi and Lenanton, 1992) สามารถสะสมในปลาได้สูงกว่าปรอทอนินทรีย์ทั้งจากอาหารและน้ำ (Riisgard and Famme, 1986) เนื่องจากมีความเสถียร และปลาสามารถกำจัดปรอทอนินทรีย์ออกจากร่างกายได้ง่ายกว่าเมททิลเมอร์คิวรีด้วย (Boudou and Ribeyre, 1985) ดังนั้น มนุษย์จึงสามารถรับเมททิลเมอร์คิวรีเข้าสู่ร่างกายได้จากการบริโภคอาหารเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะจากปลาและผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากปลา อย่างไรก็ตาม การได้รับสารปรอทเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการบริโภคปลา

นั้น ยังขึ้นอยู่กับอัตราการบริโภคปลาของแต่ละบุคคลและชนิดของปลาด้วย (Boischio and Henshel, 2000) ดังนั้น ผู้บริโภคปลาในอัตราสูงและมีการปนเปื้อนของสารปรอทในปลาสูงด้วยจึงมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากพิษของสารปรอท



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับความยาวของปลาชนิดต่างๆ

4. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนัก

สัตว์ทะเลมีการสะสมโลหะหนักได้แตกต่างกันในแต่ละชนิดโดยขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการกินอาหารและแหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งทำให้มีโอกาสในการได้รับสารที่แตกต่างกัน โลหะหนักที่สะสมในสัตว์ทะเลนั้นสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้จากการบริโภคอาหารทะเล การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลนอกจากใช้ในการประเมินผลกระทบทางชีวภาพต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลแล้วยังสามารถใช้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้อีกด้วย และอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์จากการได้รับโลหะหนักปนเปื้อนในอาหารทะเลไม่เพียงขึ้นอยู่กับปริมาณโลหะหนักในอาหารทะเลเท่านั้น ยังขึ้นอยู่กับความถี่หรืออัตราการบริโภคอาหารทะเลของคนไทยอีกด้วย

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด แสดงในตารางที่ 14-19 ซึ่งการประเมินค่าความเสี่ยง (RQ) ในการศึกษาครั้งนี้คำนวณจากค่าเฉลี่ยความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลแบ่งเป็น ปลา กุ้ง กั้ง ปู หอย และหมึก กับค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (Level of Concern: LOC) แต่เนื่องจากข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลบางประเภทมีการกระจายที่ไม่เป็นเส้นโค้งปกติหรือมีความเบ้ การใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (geometric mean) จะมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean) (MPP-EAS, 1999) ดังนั้นการหาค่า RQ เฉลี่ยในการศึกษาครั้งนี้ จึงคำนวณจากค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (RQGeomean) นอกจากนี้ยังคำนวณหาค่าความเสี่ยงสูงสุด (RQMax) จากค่าความเข้มข้นสูงสุด ที่พบในสัตว์ทะเลแต่ละประเภทไว้ด้วย จากผลการประเมิน หากค่าความเสี่ยง (RQ) ที่คำนวณได้เท่ากับหรือมากกว่า 1 หมายถึงมีความเสี่ยงในระดับสูงที่จะได้รับโลหะหนักเกินกำหนดและอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ แต่ถ้ามีค่าความเสี่ยงน้อยกว่า 1 หมายถึงมีความเสี่ยงในระดับต่ำ

ผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงเฉลี่ย (RQGeomean) สำหรับการบริโภคอาหารทะเลทุกชนิดที่มีการปนเปื้อนโลหะปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก มีค่าน้อยกว่า 1 (ตารางที่ 14-19) แสดงว่าผู้บริโภคมีความเสี่ยงน้อยหรือมีความเสี่ยงในระดับต่ำโดยเฉพาะระดับต่ำมากด้วยที่จะได้รับโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวเกินค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเล โดยจำแนกได้ดังนี้ ค่าความเสี่ยงเฉลี่ยสำหรับการบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนโลหะปรอทอยู่ที่ระดับ 0.002-0.058 การบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนโลหะตะกั่วมีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 0.0003-0.263 และการบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนโลหะแคดเมียมมีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 0.0004-0.169 ส่วนการบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนโลหะสังกะสีและทองแดงมีค่าความเสี่ยงเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 0.004-2.66 และ 0.006-8.11 ตามลำดับ จากผลการประเมินความเสี่ยง พบว่า ค่า RQ ของ ทองแดง มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ สังกะสี เนื่องจากทองแดงและสังกะสีเป็นโลหะที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นค่า RQ ของโลหะทั้งสองซึ่งมีค่ามากกว่า 1 เล็กน้อย อาจถือว่าไม่มีภาวะความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนมากนักเมื่อเทียบกับโลหะหนักที่เป็นพิษอื่นๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น อย่างไรก็ตาม หากค่า RQ สำหรับโลหะหนักที่เป็นประโยชน์ เช่น ทองแดง และสังกะสี มีค่าสูงเกิน 10 ก็อาจเป็นสัญญาณเตือนถึงแนวโน้มความเสี่ยงที่อาจจะมีผลต่อสุขภาพ

ของผู้บริโภคได้ (PEAMSEA, 2001) ดังนั้นถ้าถือเอาตามเกณฑ์นี้จึงอาจกล่าวได้ว่าผู้บริโภคมีภาวะความเสี่ยงในระดับต่ำมากที่จะได้รับอันตรายจากโลหะหนักทั้ง 5 ชนิดจากการบริโภคอาหารทะเล อย่างไรก็ตามการบริโภคอาหารทะเลบางชนิดที่มีการปนเปื้อนหรือสะสมโลหะหนักในปริมาณสูง (RQMax) และบริโภคบ่อยอย่างต่อเนื่องก็อาจจะได้รับความเสี่ยงจากอันตรายของโลหะหนักนั้นๆได้ เช่น อาหารทะเลจำพวกหอย พบว่ามีการสะสมทองแดงและสังกะสีในปริมาณสูง โดยเฉพาะ หอยนางรม รองลงมาได้แก่ ปู และหมึก

ทองแดงเป็นโลหะหรือธาตุที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ในกระบวนการเผาผลาญอาหาร (metabolism) ในร่างกายคน มีความจำเป็นในการสร้างเม็ดเลือดแดงและเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ถึงแม้ว่าทองแดงจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ก็ตาม การได้รับทองแดงปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน และท้องเสีย นอกจากนี้พิษของทองแดงยังทำให้เกิดโรควิลสัน (Wilson's disease) ซึ่งเกิดจากความผิดปกติทางพันธุกรรมจากการไม่สามารถเผาผลาญทองแดงออกจากร่างกายได้ทำให้เกิดการสะสมในตับมากกว่าปกติ โดยปกตินั้นทองแดงไม่ค่อยมีปัญหาการสะสมในร่างกายมนุษย์ เนื่องจากมีครึ่งชีวิต (biological half-life) สั้น และมีภาวะสมดุลย์ (homeostasis) ตามธรรมชาติในร่างกายมนุษย์ ประกอบกับยังไม่มีหลักฐานยืนยันเกี่ยวกับการที่ร่างกายได้รับทองแดงแล้วทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ (Tong et al., 1999) สำหรับสังกะสีนั้นเป็นโลหะอีกชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์ มีมากในร่างกายมนุษย์เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของเซล ทำหน้าที่เป็น cofactor ในเอนไซม์หลายชนิดในร่างกาย การขาดธาตุสังกะสีทำให้ร่างกายชะงักการเจริญเติบโต (dwarfism) เลือดแข็งตัวช้า รวมทั้งแผลหายช้าด้วย เป็นต้น (O' Neill, 1985 อ้างโดย Chongprasith et al., 1999)

เมื่อพิจารณาค่าความเสี่ยงจำแนกตามกลุ่มอายุ (ตารางที่ 20) พบว่าผู้บริโภคที่เป็นกลุ่มเสี่ยง (RQ > 1) ในการบริโภคอาหารทะเลดังกล่าวเป็นกลุ่มเด็กเนื่องจากมีความต้านทานน้อย ยกเว้นการบริโภคหอยกลุ่มเสี่ยงจะมีทั้งเด็กและผู้ใหญ่ ด้วยเหตุนี้ หากไม่บริโภคอาหารทะเลดังกล่าวเป็นประจำทุกวันหรือลดความถี่และปริมาณการบริโภคลง ก็จะลดความเสี่ยงจากอันตรายของโลหะดังกล่าวได้

ตารางที่ 14 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรีในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.026	0.126	16	0.45	0.058	0.281
	Pb	0.017	0.666	6-75*	0.17-2.10	0.008-0.101	0.317-3.97
	Cd	0.008	0.192	55	1.54	0.005	0.125
	Zn	6.41	52.41	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.018-0.076	0.144-0.624
	Cu	0.573	7.19	340-1,300*	9.52-36.38	0.016-0.053	0.198-0.756
กุ้ง	Hg	0.006	0.010	16	3.27	0.002	0.003
	Pb	NA	0.124	6-75*	1.22-15.31	0.0004-0.005	0.008-0.101
	Cd	0.019	0.136	55	11.22	0.002	0.012
	Zn	16.85	25.4	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.006-0.028	0.010-0.041
	Cu	5.84	11.33	340-1,300*	69.39-265.3	0.022-0.084	0.043-0.163
กั้ง	Hg	0.012	0.018	16	3.27	0.004	0.006
	Pb	<0.005	<0.005	6-75*	1.22-15.31	0.0003-0.004	0.0003-0.004
	Cd	0.013	0.069	55	11.22	0.001	0.006
	Zn	18.12	21.36	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.007-0.030	0.008-0.035
	Cu	3.2	8.03	340-1,300*	69.39-265.3	0.012-0.046	0.030-0.116
ปู	Hg	0.015	0.025	16	1.76	0.009	0.014
	Pb	NA	0.152	6-75*	0.66-8.24	0.001-0.008	0.018-0.231
	Cd	0.024	0.069	55	6.04	0.004	0.011
	Zn	60	476.7	3,000-13,000*	329.7-1,429	0.042-0.182	0.334-1.45
	Cu	7.715	171.17	340-1,300*	37.36-142.9	0.054-0.206	1.20-4.58
หอย	Hg	0.007	0.029	16	1.55	0.005	0.019
	Pb	0.072	0.278	6-75*	0.58-7.28	0.010-0.124	0.038-0.477
	Cd	0.198	2.26	55	5.34	0.037	0.423
	Zn	67.3	2963.6	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.053-0.231	2.35-10.18
	Cu	9.96	683.92	340-1,300*	33.01-126.2	0.079-0.302	5.42-20.72

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 15 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดชลบุรีในฤดูฝน (ตุลาคม 2550)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.013	0.105	16	0.45	0.029	0.234
	Pb	NA	0.034	6-75*	0.17-2.10	0.002-0.030	0.016-0.202
	Cd	<0.005	<0.005	55	1.54	0.003	0.003
	Zn	4.9	13.96	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.013-0.058	0.038-0.166
	Cu	0.262	1.257	340-1,300*	9.52-36.38	0.007-0.028	0.035-0.132
กุ้ง	Hg	0.027	0.08	16	3.27	0.008	0.025
	Pb	NA	0.045	6-75*	1.22-15.31	0.0003-0.004	0.003-0.037
	Cd	NA	0.144	55	11.22	0.001	0.013
	Zn	21	38.26	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.008-0.034	0.014-0.062
	Cu	13.43	184.1	340-1,300*	69.39-265.3	0.051-0.194	0.694-2.65
กั้ง	Hg	0.009	0.014	16	3.27	0.003	0.004
	Pb	NA	0.115	6-75*	1.22-15.31	0.0003-0.004	0.008-0.094
	Cd	NA	0.031	55	11.22	0.0004	0.003
	Zn	11.07	24.91	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.004-0.018	0.009-0.041
	Cu	1.57	3.39	340-1,300*	69.39-265.3	0.006-0.023	0.013-0.049
ปู	Hg	0.011	0.032	16	1.76	0.006	0.018
	Pb	NA	0.025	6-75*	0.66-8.24	0.001-0.008	0.003-0.038
	Cd	0.047	0.377	55	6.04	0.008	0.062
	Zn	50.6	454	3,000-13,000*	329.7-1,429	0.035-0.153	0.318-1.38
	Cu	8.64	23.19	340-1,300*	37.36-142.9	0.060-0.231	0.162-0.621
หอย	Hg	0.010	0.046	16	1.55	0.006	0.030
	Pb	NA	0.102	6-75*	0.58-7.28	0.001-0.009	0.014-0.175
	Cd	0.257	4.65	55	5.34	0.048	0.871
	Zn	72.2	2473.6	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.057-0.248	1.96-8.49
	Cu	4.651	329.66	340-1,300*	33.01-126.2	0.037-0.141	2.61-9.99
หมึก-หัว	Hg	0.010	0.028	16	1.66	0.006	0.017
	Pb	0.007	0.028	6-75*	0.62-7.78	0.001-0.011	0.004-0.045
	Cd	0.963	1.54	55	5.71	0.169	0.270
	Zn	18.26	19.72	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.014-0.059	0.015-0.063
	Cu	4.42	6.16	340-1,300*	35.27-134.9	0.033-0.125	0.046-0.175
หมึก-ตัว	Hg	0.013	0.039	16	1.66	0.008	0.023
	Pb	0.007	0.066	6-75*	0.62-7.78	0.001-0.011	0.008-0.106
	Cd	0.075	0.178	55	5.71	0.013	0.031
	Zn	13.41	15.57	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.010-0.043	0.012-0.050
	Cu	3.36	7.09	340-1,300*	35.27-134.9	0.025-0.095	0.053-0.201

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 16 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดระยองในฤดูแล้ง (เมษายน 2550)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.014	0.132	16	0.45	0.031	0.295
	Pb	0.029	0.213	6-75*	0.17-2.10	0.014-0.173	0.101-1.27
	Cd	0.005	0.012	55	1.54	0.003	0.008
	Zn	6.05	15.28	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.017-0.072	0.042-0.182
	Cu	0.351	0.876	340-1,300*	9.52-36.38	0.010-0.037	0.024-0.092
กุ้ง	Hg	0.008	0.014	16	3.27	0.002	0.004
	Pb	0.020	0.050	6-75*	1.22-15.31	0.001-0.016	0.003-0.041
	Cd	0.018	0.067	55	11.22	0.002	0.006
	Zn	21.46	24.58	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.008-0.035	0.009-0.040
	Cu	10.36	13.36	340-1,300*	69.39-265.3	0.039-0.149	0.050-0.193
กั้ง	Hg	0.014	0.019	16	3.27	0.004	0.006
	Pb	0.010	0.031	6-75*	1.22-15.31	0.001-0.008	0.002-0.025
	Cd	0.062	0.100	55	11.22	0.006	0.009
	Zn	27.96	29.39	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.011-0.046	0.011-0.048
	Cu	2.70	3.04	340-1,300*	69.39-265.3	0.010-0.039	0.011-0.044
ปู	Hg	0.025	0.344	16	1.76	0.014	0.196
	Pb	0.040	0.232	6-75*	0.66-8.24	0.005-0.061	0.028-0.352
	Cd	0.048	2.08	55	6.04	0.008	0.344
	Zn	352.1	816.7	3,000-13,000*	329.7-1,429	0.246-1.07	0.572-2.48
	Cu	28.34	418.0	340-1,300*	37.36-142.9	0.198-0.759	2.93-11.19
หอย	Hg	0.011	0.157	16	1.55	0.007	0.101
	Pb	0.153	0.590	6-75*	0.58-7.28	0.021-0.263	0.081-1.01
	Cd	0.394	15.96	55	5.34	0.074	2.99
	Zn	204.6	9,851	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.162-0.702	7.81-33.82
	Cu	24.30	837.5	340-1,300*	33.01-126.2	0.193-0.736	6.64-25.37
หมึก-หัว	Hg	0.013	0.112	16	1.66	0.008	0.067
	Pb	0.018	1.42	6-75*	0.62-7.78	0.002-0.029	0.183-2.29
	Cd	0.146	7.15	55	5.71	0.026	1.25
	Zn	25.02	415.8	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.019-0.080	0.308-1.34
	Cu	6.63	659.7	340-1,300*	35.27-134.9	0.049-0.188	4.89-18.70
หมึก-ตัว	Hg	0.014	0.165	16	1.66	0.008	0.099
	Pb	0.010	0.084	6-75*	0.62-7.78	0.001-0.016	0.011-0.135
	Cd	0.064	0.215	55	5.71	0.011	0.038
	Zn	25.55	432.0	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.019-0.082	0.320-1.39
	Cu	4.94	223.7	340-1,300*	35.27-134.9	0.037-0.14	1.66-6.34

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 17 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดระยองในฤดูฝน (ตุลาคม 2550)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.017	0.172	16	0.45	0.038	0.384
	Pb	0.021	0.586	6-75*	0.17-2.10	0.010-0.125	0.279-3.49
	Cd	NA	0.027	55	1.54	0.005	0.018
	Zn	11.48	35.14	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.032-0.137	0.097-0.419
	Cu	0.749	2.55	340-1,300*	9.52-36.38	0.021-0.079	0.070-0.268
กุ้ง	Hg	0.014	0.024	16	3.27	0.004	0.007
	Pb	0.014	0.025	6-75*	1.22-15.31	0.001-0.011	0.002-0.020
	Cd	0.010	0.041	55	11.22	0.001	0.004
	Zn	21.48	22.12	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.008-0.035	0.008-0.036
	Cu	9.95	11.90	340-1,300*	69.39-265.3	0.038-0.143	0.045-0.172
กั้ง	Hg	0.010	0.011	16	3.27	0.003	0.003
	Pb	NA	0.023	6-75*	1.22-15.31	0.0004-0.005	0.002-0.019
	Cd	0.03	0.25	55	11.22	0.003	0.022
	Zn	24.35	26.89	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.009-0.040	0.010-0.044
	Cu	2.78	3.59	340-1,300*	69.39-265.3	0.010-0.040	0.014-0.052
ปู	Hg	0.028	0.089	16	1.76	0.016	0.051
	Pb	0.023	0.115	6-75*	0.66-8.24	0.003-0.035	0.014-0.174
	Cd	0.339	5.10	55	6.04	0.056	0.844
	Zn	211.1	481.5	3,000-13,000*	329.7-1,429	0.148-0.640	0.337-1.46
	Cu	10.91	15.41	340-1,300*	37.36-142.9	0.076-0.292	0.108-0.412
หอย	Hg	0.026	0.049	16	1.55	0.017	0.032
	Pb	0.111	0.323	6-75*	0.58-7.28	0.015-0.191	0.044-0.554
	Cd	0.632	2.99	55	5.34	0.118	0.559
	Zn	773.8	8,488	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.613-2.66	6.73-29.14
	Cu	267.8	1,532	340-1,300*	33.01-126.2	2.12-8.11	12.14-46.42

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต
NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 18 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดจันทบุรี (มีนาคม 2552)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.015	0.134	16	0.45	0.033	0.299
	Pb	NA	0.113	6-75*	0.17-2.10	0.002-0.030	0.054-0.673
	Cd	NA	0.019	55	1.54	0.003	0.012
	Zn	4.67	12.84	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.013-0.056	0.035-0.153
	Cu	0.374	1.585	340-1,300*	9.52-36.38	0.010-0.039	0.044-0.167
ปู	Hg	0.041	0.079	16	3.27	0.023	0.045
	Pb	0.034	0.047	6-75*	1.22-15.31	0.004-0.052	0.006-0.071
	Cd	0.453	1.69	55	11.22	0.075	0.279
	Zn	38.30	44.93	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.027-0.116	0.031-0.136
	Cu	10.61	13.68	340-1,300*	69.39-265.3	0.074-0.284	0.096-0.366
หอย	Hg	0.004	0.009	16	1.55	0.003	0.006
	Pb	0.102	0.219	6-75*	0.58-7.28	0.014-0.175	0.030-0.376
	Cd	0.760	1.28	55	5.34	0.142	0.239
	Zn	382.8	663.4	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.303-1.31	0.526-2.28
	Cu	37.42	70.51	340-1,300*	33.01-126.2	0.296-1.13	0.559-2.14
หมึก-หัว	Hg	0.009	0.049	16	1.66	0.005	0.030
	Pb	0.012	0.034	6-75*	0.62-7.78	0.002-0.019	0.004-0.055
	Cd	0.116	0.587	55	5.71	0.020	0.103
	Zn	11.18	12.33	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.008-0.036	0.009-0.040
	Cu	2.79	7.39	340-1,300*	35.27-134.9	0.021-0.079	0.055-0.210
หมึก-ตัว	Hg	0.012	0.062	16	1.66	0.007	0.037
	Pb	NA	0.016	6-75*	0.62-7.78	0.001-0.006	0.002-0.026
	Cd	0.019	0.062	55	5.71	0.003	0.011
	Zn	9.61	10	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.007-0.031	0.007-0.032
	Cu	1.52	3.35	340-1,300*	35.27-134.9	0.011-0.043	0.025-0.095

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 19 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากจังหวัดตราด (พฤษภาคม 2551)

Marine Animal	Heavy Metal	MECGeomean (mg kg^{-1} wet wt.)	MECMax (mg kg^{-1} wet wt.)	TDI / RDA (µg/person/d)	LOC (mg kg^{-1})	RQGeomean	RQMax
ปลา	Hg	0.017	0.263	16	0.45	0.038	0.587
	Pb	NA	0.236	6-75*	0.17-2.10	0.002-0.030	0.589-1.41
	Cd	NA	0.012	55	1.54	0.003	0.008
	Zn	3.753	9.66	3,000-13,000*	83.96-363.8	0.010-0.045	0.027-0.115
	Cu	0.334	1.179	340-1,300*	9.52-36.38	0.009-0.035	0.032-0.124
กุ้ง	Hg	0.023	0.031	16	3.27	0.007	0.009
	Pb	0.013	0.025	6-75*	1.22-15.31	0.001-0.011	0.002-0.020
	Cd	NA	0.04	55	11.22	0.001	0.004
	Zn	11.61	12.41	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.004-0.019	0.005-0.020
	Cu	8.42	10.45	340-1,300*	69.39-265.3	0.032-0.121	0.039-0.151
กั้ง	Hg	0.013	0.067	16	3.27	0.004	0.021
	Pb	0.022	0.031	6-75*	1.22-15.31	0.001-0.018	0.002-0.025
	Cd	1.759	3.937	55	11.22	0.157	0.351
	Zn	33.17	49.08	3,000-13,000*	612.2-2,653	0.013-0.054	0.018-0.080
	Cu	16.89	27.44	340-1,300*	69.39-265.3	0.064-0.243	0.103-0.395
ปู	Hg	0.035	0.058	16	1.76	0.020	0.033
	Pb	0.018	0.033	6-75*	0.66-8.24	0.002-0.027	0.004-0.050
	Cd	0.278	0.703	55	6.04	0.046	0.116
	Zn	37.99	51.02	3,000-13,000*	329.7-1,429	0.027-0.115	0.036-0.155
	Cu	12.31	16.86	340-1,300*	37.36-142.9	0.086-0.329	0.118-0.451
หอย	Hg	0.006	0.018	16	1.55	0.004	0.012
	Pb	0.011	0.900	6-75*	0.58-7.28	0.002-0.019	0.124-1.55
	Cd	0.186	3.23	55	5.34	0.035	0.605
	Zn	34.70	440.4	3,000-13,000*	291.3-1,262	0.027-0.119	0.349-1.51
	Cu	3.99	46.06	340-1,300*	33.01-126.2	0.032-0.121	0.365-1.40
หมึก-หัว	Hg	0.015	0.044	16	1.66	0.009	0.027
	Pb	0.016	0.036	6-75*	0.62-7.78	0.002-0.026	0.005-0.058
	Cd	0.042	1.13	55	5.71	0.007	0.198
	Zn	7.82	11.99	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.006-0.025	0.009-0.039
	Cu	3.97	15.38	340-1,300*	35.27-134.9	0.029-0.113	0.114-0.436
หมึก-ตัว	Hg	0.018	0.064	16	1.66	0.011	0.039
	Pb	0.011	0.025	6-75*	0.62-7.78	0.001-0.018	0.003-0.040
	Cd	NA	0.014	55	5.71	0.001	0.002
	Zn	7.81	9.79	3,000-13,000*	311.2-1,349	0.006-0.025	0.007-0.031
	Cu	2.52	6.59	340-1,300*	35.27-134.9	0.019-0.071	0.049-0.187

* ความผันแปรของค่า TDI / RDA ขึ้นอยู่กับกลุ่มอายุของประชากร รายละเอียดแสดงในภาคผนวก; Geomean: ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

NA: มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่เครื่องสามารถวัดได้ (MDL) ในการคำนวณค่า Geomean จึงใช้ค่า MDL เป็นค่าความเข้มข้นโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเล

ตารางที่ 20 ค่าความเสี่ยง (risk quotient, RQ) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลจำแนกตามกลุ่มอายุ

สัตว์ทะเล	จังหวัด	Pb				Zn				Cu			
		RQGeomean		RQMax		RQGeomean		RQMax		RQGeomean		RQMax	
		เด็ก	ผู้ใหญ่	เด็ก	ผู้ใหญ่	เด็ก	ผู้ใหญ่	เด็ก	ผู้ใหญ่	เด็ก	ผู้ใหญ่	เด็ก	ผู้ใหญ่
ปลา	ชลบุรี-ฤดูแล้ง	0.101	0.008	**3.97**	0.317	0.076	0.018	0.624	0.144	0.053	0.014	0.756	0.198
	ระยอง-ฤดูแล้ง	0.173	0.014	**1.27**	0.101	0.072	0.017	0.182	0.042	0.037	0.010	0.092	0.024
	ระยอง-ฤดูฝน	0.125	0.010	3.49	0.279	0.137	0.032	0.419	0.097	0.079	0.021	0.268	0.070
	ตราด	0.030	0.002	**1.41**	0.589	0.045	0.010	0.115	0.027	0.035	0.009	0.124	0.032
ปู	ชลบุรี-ฤดูแล้ง	0.008	0.001	0.231	0.018	0.182	0.042	**1.45**	0.334	0.206	0.054	**4.58**	**1.20**
	ชลบุรี-ฤดูฝน	0.008	0.001	0.038	0.003	0.153	0.035	**1.38**	0.318	0.231	0.060	0.621	0.162
	ระยอง-ฤดูแล้ง	0.061	0.005	0.352	0.028	**1.07**	0.246	**2.48**	0.572	0.759	0.198	**11.19**	**2.93**
	ระยอง-ฤดูฝน	0.035	0.003	0.174	0.014	0.640	0.148	1.46	0.337	0.292	0.076	0.412	0.108
หอย	ชลบุรี-ฤดูแล้ง	0.124	0.010	0.477	0.038	0.231	0.053	**10.18**	**2.35**	0.302	0.079	**20.72**	**5.42**
	ชลบุรี-ฤดูฝน	0.009	0.001	0.014	0.871	0.248	0.057	**8.49**	**1.96**	0.141	0.037	**9.99**	**2.61**
	ระยอง-ฤดูแล้ง	0.263	0.021	**1.01**	0.081	0.702	0.162	**33.82**	**7.81**	0.736	0.193	**25.37**	**6.64**
	ระยอง-ฤดูฝน	0.191	0.015	0.554	0.044	**2.66**	0.613	**29.14**	**6.73**	**8.11**	**2.12**	**46.42**	**12.14**
	จันทบุรี	0.175	0.014	0.376	0.030	**1.31**	0.303	**2.28**	0.526	**1.13**	0.296	**2.14**	0.559
	ตราด	0.019	0.002	**1.55**	0.124	0.119	0.027	**1.51**	0.35	0.121	0.032	**1.40**	0.365
หมึก-หัว	ระยอง-ฤดูแล้ง	0.029	0.002	2.29	0.183	0.080	0.019	**1.34**	0.308	0.188	0.049	**18.70**	**4.89**
หมึก-ตัว	ระยอง-ฤดูแล้ง	0.016	0.001	0.135	0.011	0.082	0.019	**1.39**	0.320	0.140	0.037	**6.34**	**1.66**

ตารางที่ 21 เป็นการเปรียบเทียบช่วงของค่าความเสี่ยง (RQ range) ของการบริโภคอาหารทะเลใน 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลตะวันออก คือ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และ ตราด โดยช่วงของค่าความเสี่ยงนี้จะระบุตั้งแต่ค่าเฉลี่ย (RQGeomean) จนถึงค่าสูงสุด (RQMax) ของโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลของแต่ละจังหวัด เนื่องจากเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ (human health criteria) เฉพาะสำหรับโลหะตะกั่ว สังกะสีและทองแดง นั้น แบ่งตามกลุ่มอายุ โดยกลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุน้อยหรือกลุ่มเด็กซึ่งมีความไวสูงสุดต่อการได้รับสารพิษ (most sensitive age group) จะมีค่า TDI (Tolerable daily intake) น้อยกว่ากลุ่มผู้บริโภคที่มีอายุมากหรือกลุ่มผู้ใหญ่ ซึ่งจะมีความต้านทานสูง (least sensitive age group) ดังนั้นในกรณีที่เป็นการประเมินค่าความเสี่ยงของโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว ขีดต่ำสุดของช่วงความเสี่ยงซึ่งเป็นค่า RQGeomean จึงเป็นตัวแทนสำหรับกลุ่มผู้ใหญ่ และขีดสูงสุดซึ่งเป็นค่า RQMax เป็นตัวแทนสำหรับผู้บริโภคกลุ่มเด็ก

จากผลการวิเคราะห์แนวโน้มของความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลที่จะมีผลต่อสุขภาพ (ตารางที่ 21) พบว่าอาหารทะเลจำพวกปลาอาจมีความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะตะกั่วโดยเฉพาะปลาจากจังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด ในกุ้งพบว่าอาจมีความเสี่ยงจากโลหะทองแดงโดยเฉพาะกุ้งจากจังหวัดชลบุรี ส่วนในกั้งนั้นไม่พบความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภค ในปูพบความเสี่ยงจากโลหะทองแดงโดยเฉพาะปูจากจังหวัดระยอง สำหรับการบริโภคหอยนั้นค่อนข้างมีความเสี่ยงจากโลหะหลายชนิดได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงโดยเฉพาะหอยที่เก็บจากจังหวัดระยอง ส่วนในหมึกนั้นพบความเสี่ยงจากการบริโภคหมึกส่วนหัวมากกว่าส่วนตัวจากโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงเช่นเดียวกับหอยโดยเฉพาะหมึกที่เก็บจากจังหวัดระยอง ทั้งนี้โอกาสของการเกิดความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลปนเปื้อนโลหะหนักดังกล่าวข้างต้นจะพบในกลุ่มเด็กมากกว่าผู้ใหญ่ และโอกาสของการเกิดความเสี่ยงนี้จะน้อยมาก (เนื่องจาก RQGeomean ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 1) โดยจะเกิดขึ้นเฉพาะกับการบริโภคอาหารทะเลในกลุ่มที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักในระดับสูงเท่านั้น (เฉพาะที่มีค่า RQMax >1) และที่สำคัญจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความเสี่ยงใดๆต่อสุขภาพอันจะเกิดจากการได้รับโลหะปรอทในอาหารทะเลทุกประเภทที่ทำการศึกษาครั้งนี้

โดยทั่วไปจากผลการประเมินในการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพของประชาชนเพียงแต่มีแนวโน้มของความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นหากมีการบริโภคอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักในระดับสูงและมีความถี่หรืออัตราการบริโภคสูงหรือบ่อยครั้งก็จะทำให้เกิดการสะสมในร่างกายจนอาจจะมีผลกระทบต่อสุขภาพได้ นอกจากนี้ พบว่า การบริโภคอาหารทะเลจากจังหวัดระยองมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่าอาหารทะเลในจังหวัดอื่น โลหะหนักที่จะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพ คือ ทองแดงและสังกะสี และการบริโภคสัตว์ทะเลในกลุ่มที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัวได้แก่ หอย ปู กุ้ง และหมึกจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่าการบริโภคปลา ด้วยเหตุนี้จึงควรหันมานิยมบริโภค

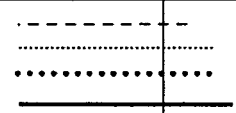
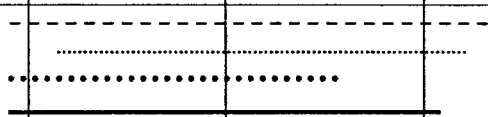
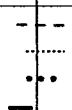
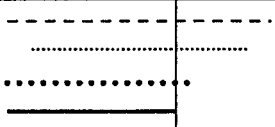
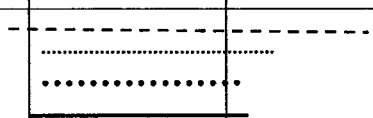
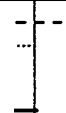
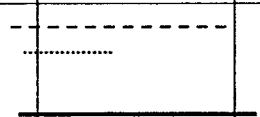
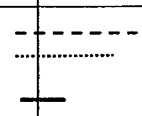
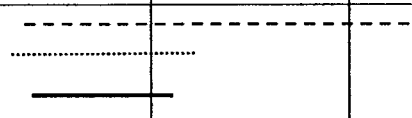
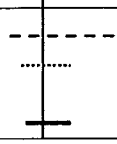
ปลาทะเลกัน เนื่องจากปลาทะเลเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของคนไทยมาแต่โบราณกาล ในปลามีไขมันต่ำ และสารอาหารในปลามีผลต่อการพัฒนาร่างกายของมนุษย์

อนึ่งมีข้อสังเกตจากผลการประเมินค่าความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลในครั้งนี้ ซึ่งอาจจะเกิดความไม่แน่นอน (uncertainty) ของการประเมินค่า RQ ขึ้นได้จากหลายกรณี เช่น การเลือกใช้เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยต่อผู้บริโภคของ US. EPA และ Institute of Medicine ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นเกณฑ์ทั่วไป ไม่ใช่เกณฑ์มาตรฐานเฉพาะสำหรับคนไทย รวมถึงการใช้อัตราการบริโภคอาหารทะเลเฉลี่ยเดียวกันกับประชากรทุกกลุ่มอายุ เนื่องจากเด็กและผู้ใหญ่มีอัตราการบริโภคอาหารทะเลที่แตกต่างกันแต่ยังไม่มีการรายงานไว้ ซึ่งความไม่แน่นอนดังกล่าวนี้อาจมีผลต่อการประเมินค่าความเสี่ยง (RQ) ได้

ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการวิเคราะห์ถึงความน่าจะเป็นของการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนคุ้มครองความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภคต่อไป อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาที่ได้ระบุไว้ในตอนต้นของรายงานฉบับนี้ พบว่า ปริมาณโลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลส่วนใหญ่อยู่ในระดับปลอดภัยสำหรับการบริโภคตามมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนกำหนดไว้โดยกระทรวงสาธารณสุข ดังนั้นโอกาสของการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่นี้จะมีน้อยมาก รวมทั้งผู้บริโภคสามารถจำกัดความถี่หรือลดปริมาณการบริโภคอาหารทะเลบางชนิดที่เป็นกลุ่มเสี่ยงก็จะมีความปลอดภัยต่อสุขภาพ

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบค่าความเสี่ยง (RQ: ค่าเฉลี่ย - ค่าสูงสุด) ของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่ได้จากบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

(- - - ชลบุรี ····· ระยอง ••••• จันทบุรี ——— ตราด)

Marine Animal	Heavy Metal	RQ			
		<0.1	<1.0	1-10	10-100
ปลา	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				
กุ้ง	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				
กั้ง	Hg				
	Pb				

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Marine Animal	Heavy Metal	RQ			
		<0.1	<1.0	1-10	10-100
กั้ง	Cd				
	Zn				
	Cu				
ปู	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				
หอย	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				

ตารางที่ 21 (ต่อ)

Marine Animal	Heavy Metal	RQ			
		<0.1	<1.0	1-10	10-100
หมึก- หัว	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				
หมึก- ตัว	Hg				
	Pb				
	Cd				
	Zn				
	Cu				

สรุปผลการศึกษา

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในอาหารทะเลบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ทำการศึกษาโดยเก็บรวบรวมตัวอย่างสัตว์ทะเลจากจังหวัดต่างๆในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกรวม 4 จังหวัด คือ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด ในระหว่างปี พ.ศ. 2550-2552 โดยในจังหวัดชลบุรีและระยองเก็บตัวอย่างรวม 2 ครั้ง ในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550) และฤดูฝน (ตุลาคม 2550) ส่วนในจังหวัดจันทบุรีและตราดเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในฤดูแล้ง โดยจังหวัดตราดเก็บในเดือนพฤษภาคม 2551 และจังหวัดจันทบุรีเก็บในเดือน มีนาคม 2552 ได้ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 798 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปลา 349 ตัวอย่าง กุ้ง 37 ตัวอย่าง กั้ง 38 ตัวอย่าง ปู 106 ตัวอย่าง หอย 215 ตัวอย่าง และหมึก 53 ตัวอย่าง ตัวอย่างสัตว์ทะเลดังกล่าวนำมาวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของโลหะหนัก 5 ชนิด คือ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และ ทองแดง ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. โลหะหนักที่พบในสัตว์ทะเลส่วนใหญ่อยู่ในระดับปลอดภัยสำหรับการบริโภคตามมาตรฐานอาหาร พบตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักสูงเกินระดับปลอดภัยสำหรับการบริโภครวม 14 ชนิด จำนวน 169 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 21.2 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างสัตว์ทะเลในจังหวัดระยอง รองลงมาคือ จังหวัดชลบุรี ตราดและจันทบุรี ตามลำดับ โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินระดับความปลอดภัยเรียงตามลำดับ ได้แก่ สังกะสี คิดเป็นร้อยละ 18.5 ทองแดง ร้อยละ 14.2 และแคดเมียม ร้อยละ 4.0 ส่วนตะกั่วพบเพียง 1 ตัวอย่างเท่านั้น (ร้อยละ 0.1) ซึ่งสัตว์ทะเลส่วนใหญ่ที่มีปริมาณโลหะหนักสูงเกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ หอย ปู และ หมึกบางชนิด โดยเฉพาะหอยเป็นสัตว์ทะเลที่มีการสะสมโลหะหนักทุกชนิดที่ทำการศึกษาสูงที่สุด

2. การเปรียบเทียบการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของปลาทะเลพบว่าโลหะหนักมีการสะสมมากที่สุดในส่วนของตับและไต ส่วนกล้ามเนื้อปลามีการสะสมโลหะหนักน้อยที่สุด ดังนั้นการบริโภคเนื้อปลาจึงมีความปลอดภัยมากที่สุด

3. การสะสมโลหะหนักในสัตว์ทะเลตามฤดูกาลมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะหนักประเภทและชนิดสัตว์ทะเล รวมทั้งจังหวัดที่เก็บตัวอย่างด้วย

4. การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดกับขนาดของสัตว์ทะเล พบเฉพาะความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างปริมาณปรอทกับความยาวและน้ำหนักของปลาทะเลบางชนิด

5. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พบว่า ผู้บริโภคมีภาวะความเสี่ยงในระดับต่ำมากที่จะได้รับโลหะหนักเกินค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเล ยกเว้นการบริโภคอาหารทะเลบางชนิดที่มีการปนเปื้อนหรือสะสมโลหะหนักในปริมาณสูงโดยเฉพาะกลุ่มเด็กซึ่งจัดเป็นผู้บริโภคกลุ่มเสี่ยง ซึ่งโอกาสของการเกิดความเสี่ยงนี้มีน้อยมาก การบริโภคอาหารทะเลจากจังหวัดระยองมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดความเสี่ยง

ต่อสุขภาพมากกว่าอาหารทะเลในจังหวัดอื่น โลหะหนักที่จะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพ คือ ทองแดงและสังกะสี และอาหารทะเลที่เป็นกลุ่มเสี่ยงคือพวกที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัวได้แก่ หอย ปู กุ้ง และหมึก โดยเฉพาะไม่พบความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารทะเลที่จะทำให้ได้รับสารปรอทเกินกำหนด

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2542. รายงานโครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทยด้านตะวันตก. ฉบับที่ 4/5, 530 น.

กรมควบคุมมลพิษ. 2543. รายงานการศึกษาปริมาณสารปรอทในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทย. กองจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงสาธารณสุข. 24 น.

กรมควบคุมมลพิษ. 2545. โครงการประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษและการประเมินความเสี่ยงต่อนิเวศทางทะเล. กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 217 น.

กรมควบคุมมลพิษ. 2546 ก. สถานการณ์โลหะหนักในดินตะกอนและเนื้อเยื่อสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทย. กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 36 น.

กรมควบคุมมลพิษ. 2546 ข. ทะเลไทย... วันนี้. ส่วนแหล่งน้ำทะเล กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. น.29.

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. การประเมินความเสี่ยงและอัตราการบริโภคปลาทะเลไทย. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ.

พัชรา เพ็ชรพิรุณ. 2531. การสะสมของโลหะปริมาณน้อยในสัตว์ทะเลบางชนิดที่จับได้บริเวณอ่าวระยอง. เอกสารวิชาการเล่ม 1. ศูนย์พัฒนาการประมงทะเลฝั่งตะวันออก. กรมประมง.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. 2547. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. นนทบุรี: ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 245 น.

แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และอาวุธ หมั่นหาผล. 2548. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารปรอทในดินตะกอนและน้ำบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 71 น.

สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย. 2523. ปริมาณสะสมของ ดีดีที พีซีบี และโลหะหนักบางชนิดในหอยตะโกรมและหอยนางรมในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรพินธ์ จันทร์ผ่องแสง. 2520. ปริมาณการสะสมของโลหะหนักบางชนิดตามเนื้อเยื่อต่างๆของปลาทะเลและในเนื้อสัตว์ทะเลบางชนิดในอ่าวไทยซึ่งมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Anan, Y., Kunito, T., Tanaba, S., Mitrofanov, I. and Aubrey, D.G. 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal waters of the Caspian Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 51: 882-888.

Anderson, R.V. 1977. Concentration of cadmium, copper, lead and zinc in six species of freshwater clam. *Bull. Environ. Contam. Toxico.* 18: 492-496.

Boischio, A.A.P. and Henshel, D. 2000. Fish consumption, fish lore and mercury pollution- risk

communication for the Madeira River people. *Environ. Res. Section A*. 84: 108-126.

Boudou, A. and Ribeyre, F. 1985. Experimental study of trophic contamination of *Salmo gairdneri* by two mercury compounds- $HgCl_2$ and CH_3HgCl- analysis at the organism and organ levels. *Water Air Soil Pollut.* 26: 137-148.

Bryan, G.W., Potts, G.W., and Forster, G.R. 1977. heavy metals in the gastropod mollusk Haliotis tuberculata (L.). *J. Mar. Biol. Ass. UK*. 57: 379-390.

Cheevaparanapiwat , V and Menaveta, P. 1979. Total and organic mercury in marine fish of the Upper Gulf of Thailand. *Bull Environ Contam Toxicol* 23: 291-299.

Chongprasith, P., Wilairatanadilok, W. and Rattikhansukha, C. 1995. Environmental studies in management of the Upper Gulf of Thailand. In: Watson, D., and Ong, K.S. (eds.). *ASEAN-Canada Marine Environmental Quality Technical Papers and Mission Report.* Contributions of the ASEAN-Canada Technical Mission to the Coastal Zone Canada'94 Conference (21-23 September 1994), Halifax, Canada. EVS Environment Consultants, Vancouver and Department of Fisheries, Malaysia. p. 62-73.

Eustace, I.J. 1974. Zinc, cadmium, copper, manganese in species of finfish and shellfish caught in the Derwent estuary, Tasmania. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res*. 25: 209-220.

Francesconi, K.A. and Lenanton, C.J. 1992. Mercury contamination in a semi-enclosed marine embayment: organic and inorganic mercury content of biota and factors influencing mercury levels in fish. *Marine Environ. Res*. 33: 189-212.

Hancock, D.A. 1976. Mercury in fish. *Australian Fisheries*. 35: 4-7.

Holden, A.V. 1973. Mercury in fish and shellfish. A review. *J. Fd. Technol*. 8: 1-25.

Hungspreugs, M. and S. Siriruttanachai. 1981. Accumulation of cadmium, copper, lead and zinc in the oysters in the Gulf of Thailand. In Proceeding of the second seminar on the water quality and the quality of living resources in Thai waters. National Research Council of Thailand. p. 188-195.

Huschenbeth, E. and U. Harm. 1975. On the accumulation of organochlorine pesticides, PCB and certain heavy metals in fish and shellfish from Thai coastal and inland waters. Arch. Fish Wiss. 25:109-122

Ikuta, K. 1978. Concentration thresholds in accumulation of heavy metals by *Haliotis discus* and *Batillus cornutus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53: 1673-1678.

Keckes, S. and Miettinen, J.K. 1972. Mercury as a marine pollutant. In: Ruivo, M. (ed.). *Marine Pollution and Sea Life*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). London: Fishing News (Books) Ltd. p. 276-289.

Koli, A.K., Sandhu, S.S., Whitmore, R. and Disher, A. 1980.Comparative study of cadmium levels of shellfish and finfish species. *Environment International.* 4; 439-441.

Menasveta, P. 1976. Total mercury in the food chain of Bang Pra coastal area, Chon Buri. *J. Sci. Soc. Thailand* 2: 117-126.

MPP-EAS. 1999. Environmental risk assessment manual: A practical guide for tropical ecosystems. MPP-EAS Technical Report 21, 88 p. GEF/UNDP/IMO Regional Programme for the prevention and Management of Marine Pollution Prevention in the East Asian Seas, Quezon City, Philippines.

Chongprasith, P., Utoomprurkporn, W., and Rattikhasukha, C. 1999. ASEAN Marine Water Quality Criteria for Zinc. In: McPherson, C.A., Chapman, P.M., Vigers, G.A. and Ong, K.S. (eds.). ASEAN Marine Water Quality Criteria: Contexture Framework, Principles, Methodology and Criteria for 18 Parameters. ASEAN Marine Environmental Quality Criteria- Working Group (AMEQC-WG), ASEAN-Canada Cooperative Programme on Marine Science-Phase II (CPMS-II). EVS Environment Consultants, North Vancouver and Department of Fisheries, Malaysia. p. XXI-1 - XXI-51.

PEMSEA. 2001. Manila Bay: Initial Risk assessment. PEMSEA Technical Information Report No.2001/01 112p. Global Environment Facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme on Building Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA), Quezon City, Philippines.

PEMSEA. 2004. Chonburi initial risk assessment. PEMSEA Technical Information Report No. 2004/02 128p. Global Environment Facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme on Building Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA), Quezon City, Philippines.

Phillips, D.J.H. 1977. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments- a review. *Environ. Pollut.* 13: 281-317.

Phillips, D.J.H. 1980. Proposal for monitoring studies on the contamination of South-East Asian waters by trace metals and organochlorines. For use at the UNEP Expert Meeting, 2-6 June 1980, Bangkok.

Riisgard, H.U. and Famme, P. 1986. Accumulation of inorganic and organic mercury in shrimp, Crangon crangon. *Mar. Pollut. Bull.* 17: 255-257

Spry, D.J. and Wiener, J.G. 1991. Metal bioavailability and toxicity to fish in low-alkalinity lakes: a critical review. *Environ. Pollut.* 71: 243-304.

Tong, S.L., Yap, S.Y., Ishak, I., and Dev, S. 1999. ASEAN Marine Water Quality Criteria for Copper. In: McPherson, C.A., Chapman, P.M., Vigers, G.A. and Ong, K.S. (eds.). ASEAN Marine Water Quality Criteria: Contexture Framework, Principles, Methodology and Criteria for 18 Parameters. ASEAN Marine Environmental Quality Criteria- Working Group (AMEQC-WG), ASEAN-Canada Cooperative Programme on Marine Science-Phase II (CPMS-II). EVS Environment Consultants, North Vancouver and Department of Fisheries, Malaysia. p. IX-10 - IX-27.

Uthe, J. F. and Bligh, E.G. 1971. Preliminary survey of heavy metal contamination of Canadian freshwater fish. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 28: 786-788.

Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. *Mar. Poll. Bull.* 16: 153-158.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก

ตาราง ก1 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดชลบุรีในฤดูแล้ง (กุมภาพันธ์-เมษายน 2550)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
เมืองใหม่	1	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	8	24.8-46.1	5.7-7.0	0.016	<0.005-0.029	0.054	0.017-0.120	1.23	0.81-2.26	1,779	893.7-2,964	416.1	270.3-683.9
อ่างศิลา	1	ปลาตะกรับเสือดาว *Scatophagus argus*	5	87.1-214.3	14.4-20.5	0.053	0.017-0.105	0.034	<0.005-0.078	0.126	0.062-0.192	6.44	5.92-6.77	1.41	0.47-2.48
	2	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	8	11.7-30.0	4.3-6.2	0.012	0.006-0.025	0.038	<0.006-0.098	0.77	0.64-0.99	2,099	1,713-2,652	350.9	277.4-418.8
แหลมแท่น	1	ปลาดอกหมาก *Gerres filamentosus*	5	30.5-52.9	12.9-15.0	0.007	<0.004-0.011	0.059	<0.006-0.248	NA	<0.006-0.012	9.51	6.82-16.33	0.46	0.22-0.62
	2	ปลากระบอก *Mugil cephalus*	5	22.0-50.7	12.8-17.8	0.009	0.006-0.013	0.309	<0.005-0.666	NA	<0.005-0.035	17.93	7.15-52.41	2.33	0.88-7.19
	3	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	83.7-112.3	10.7-11.9	0.012	0.005-0.017	<0.005	<0.005-<0.00	0.030	<0.005-0.060	42.02	37.26-49.35	6.10	3.79-9.84
บางแสน	1	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	13.2-30.1	5.1-7.3	0.007	<0.004-0.016	0.081	0.048-0.126	0.089	0.068-0.123	11.86	9.06-17.37	1.70	1.12-2.24
หาดวอนนภา	1	กุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis*	5	20.6-27.5	15.5-17.0	NA	<0.005-0.032	<0.006	<0.006-<0.00	0.017	<0.006-0.035	19.49	14.42-25.40	7.91	4.36-11.33
	2	ปลาข้าวเม่าน้ำลึก *Sargocentron rubrum*	5	22.6-37.7	10.9-12.7	0.056	0.034-0.068	0.041	0.022-0.055	0.007	0.006-0.009	5.31	4.55-6.19	0.63	0.51-0.90
	3	ปลาวัวสามเขา *Tripodichthys blochii*	5	32.0-47.9	14.3-15.7	0.094	0.059-0.126	0.042	<0.006-0.082	0.011	0.008-0.017	5.63	4.16-7.84	0.79	0.61-0.94
	4	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	45.3-80.7	9.0-10.2	0.017	0.014-0.025	0.08	0.046-0.152	0.046	0.017-0.069	31.99	28.72-41.16	5.32	3.21-8.01
เกาะลอย	1	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	11.5-24.3	5.0-7.1	0.005	<0.003-0.007	0.087	0.061-0.119	0.057	0.038-0.070	12.95	9.21-19.07	1.54	1.37-1.75
	2	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	70.1-117.4	9.7-11.0	0.019	0.011-0.024	<0.005	<0.005-<0.00	0.018	<0.005-0.053	233.4	36.88-476.7	8.67	4.89-12.06
ศรีราชา	1	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	14.7-29.4	1.3-7.6	0.013	0.008-0.018	0.118	0.081-0.221	0.190	0.149-0.256	21.45	14.57-28.38	1.88	1.44-2.19

ตาราง ก1 (ต่อ)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
สะพานปลา แหลมฉบัง	1	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	5	17.5-27.7	13.0-15.0	0.021	0.016-0.026	0.017	0.014-0.020	0.012	0.011-0.013	4.59	4.38-4.79	0.27	0.21-0.34
	2	กุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon*	5	15.7-31.7	13.5-16.6	0.009	0.008-0.010	0.045	<0.005-0.124	0.060	0.011-0.136	15.04	13.6-18.4	4.87	2.06-6.69
	3	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	71.3-88.5	9.5-10.9	0.014	0.008-0.023	0.017	<0.005-0.060	0.019	0.015-0.060	118.2	28.7-401	30.3	7.04-171.2
	4	ปลาทรายแดง *Nemipterus* spp.	3	83.1-99.5	19.5-21.4	0.070	0.060-0.078	<0.005	<0.005-<0.005	<0.005	<0.005-<0.005	5.68	3.17-10.2	0.37	0.35-0.40
	5	ปลาลิ้นหมา *Cynoglossus* sp.	5	137.5-212.6	26.7-32.0	0.015	0.008-0.027	NA	<0.004-0.005	0.010	<0.004-0.027	4.81	3.02-8.82	0.16	0.13-0.25
เกาะไผ่	1	กั้งกระดาน *Thenus orientalis*	7	11.4-82.2	7.9-16.0	0.013	0.007-0.018	<0.005	<0.005-<0.005	0.027	<0.005-0.069	18.24	14.91-21.36	3.6	1.76-8.03
นาเกลือ	1	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	11.5-24.3	6.1-9.4	NA	<0.003-0.010	0.178	0.114-0.278	0.075	0.054-0.105	9.07	7.25-11.29	1.50	1.29-1.94

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตาราง ก2 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดชลบุรีในฤดูฝน (ตุลาคม 2550)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
เมืองใหม่	1	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	8	14.5-41.1	4.2-6.6	0.007	0.006-0.010	<0.006	<0.006-<0.006	0.89	0.72-1.14	1,735	1,244-2,193	158.6	19.6-329.7
	2	หอยแครง *Anadara granosa*	8	10.5-24.2	3.2-4.6	0.034	0.020-0.046	<0.006	<0.006-<0.006	2.77	2.38-4.65	27.2	24.3-32.1	1.76	1.36-2.29
อ่างศิลา	1	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	7.8-25.5	4.7-6.7	0.004	<0.004-0.007	<0.005	<0.005-<0.005	0.08	0.059-0.093	13.0	10.00-13.94	1.76	1.46-1.95
	2	หอยนางรม(ตะโกรมกร *Crassostrea commercialis*	8	24.1-82.8	4.9-7.7	0.006	<0.004-0.011	<0.006	<0.006-<0.006	0.87	0.71-1.06	1,389.6	699.7-2,473.6	14.1	6.75-20.06
แหลมแท่น	1	ปลาลิ้นหมา *Cynoglossus* sp.	5	94.0-176	24.7-29.9	0.006	<0.004-0.009	<0.005	<0.005-<0.005	<0.005	<0.005-<0.005	3.45	3.17-3.91	0.24	0.078-0.83
	2	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	5	36.1-51.0	16.5-18.4	0.035	0.010-0.066	<0.007	<0.007-<0.007	<0.007	<0.007-<0.007	4.64	3.84-5.46	0.15	0.080-0.25
	3	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	5	37.4-52.9	14.5-17.0	NA	<0.005-0.007	<0.007	<0.007-<0.007	<0.007	<0.007-<0.007	8.31	6.03-10.58	1.18	1.14-1.26
	4	ปลาจวดหนวด *Sciaena russelli*	5	27.8-48.1	13.2-15.5	0.019	0.015-0.026	<0.007	<0.007-<0.007	<0.007	<0.007-<0.007	7.24	4.57-13.96	0.38	0.24-0.48
	5	ปลาปากคม *Saurida* spp.	5	25.2-78.2	15.1-23.0	0.007	<0.004-0.010	<0.006	<0.006-<0.006	<0.006	<0.006-<0.006	4.37	4.00-5.47	0.14	0.12-0.18
	6	ปลาสีกุนทอง *Caranx malam*	5	55.8-73.1	16.3-18.0	0.037	0.026-0.050	<0.006	<0.006-<0.006	<0.006	<0.006-<0.006	7.23	6.06-8.36	0.46	0.29-0.63
	7	ปลาทรายแดง *Nemipterus* spp.	5	98.0-130.0	18.5-21.5	0.029	0.019-0.048	<0.005	<0.005-<0.005	<0.005	<0.005-<0.005	3.16	3.03-3.44	0.37	0.17-0.61
หาดวอนนภา	1	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	5	21.3-32.7	14.5-16.5	0.035	0.010-0.051	<0.008	<0.008-<0.008	<0.008	<0.008-<0.008	9.17	7.41-11.62	0.21	0.15-0.28
	2	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	19.7-61.6	7.0-10.0	0.010	<0.005-0.022	<0.007	<0.007-<0.007	0.151	<0.007-0.298	47.1	39.7-52.2	10.32	4.36-23.19
	3	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	15.9-36.0	6.0-8.6	0.008	<0.004-0.015	<0.005	<0.005-<0.005	0.073	0.046-0.107	13.6	12.16-14.99	1.79	1.57-2.12
เกาะลอย	1	ปูม้า *Portunus pelagicus*	8	48.3-101.4	9.0-10.6	0.014	0.007-0.025	<0.005	<0.005-<0.005	0.022	<0.005-0.069	38.7	33.4-47.1	9.47	6.83-17.04
	2	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	15.7-52.6	6.2-8.7	0.010	0.006-0.014	<0.005	<0.005-<0.005	0.028	0.012-0.037	13.6	11.0-16.7	1.75	1.47-2.04

ตาราง ก2 (ต่อ)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
สะพานปลา	1	หมึกกล้วย- หนวด	8	35.1-108.7	16.5-26.5	0.013	<0.004-0.028	0.009	<0.006-0.028	1.01	0.54-1.54	18.28	16.69-19.72	4.95	0.95-6.16
แหลมฉบัง		หมึกกล้วย- ตัว	8	35.1-108.7	16.5-26.5	0.015	0.006-0.039	0.014	<0.005-0.066	0.084	0.043-0.178	13.5	12.20-15.57	3.55	2.58-7.09
		Loligo sp.													
	2	ปูม้า	5	75.1-153.6	10.0-12.5	0.022	0.008-0.032	0.010	<0.005-0.025	0.214	0.084-0.377	190.5	29.8-454.0	9.12	2.78-12.93
		Portunus pelagicus													
	3	กุ้งกุลาดำ	5	29.8-59.4	15.7-19.4	0.064	0.030-0.080	0.014	<0.006-0.043	0.060	<0.006-0.144	25.5	20.42-38.26	46.9	9.73-184.1
		Penaeus monodon													
	4	กุ้งแชบ๊วย	5	23.3-36.9	15.3-17.3	0.013	0.006-0.018	NA	<0.007-0.045	NA	<0.007-0.014	17.9	15.99-21.13	9.05	6.79-14.16
		Penaeus merguiensis													
	5	กั้งกระดาน	9	43.9-170	11.6-19.3	0.010	<0.004-0.014	0.017	<0.005-0.065	NA	<0.005-0.031	15.79	0.72-24.9	2.23	0.098-3.39
		Thenus orientalis													
	6	ปลาจวด	5	33.8-55.1	13.1-16.2	0.027	<0.004-0.041	NA	<0.006-0.024	<0.006	<0.006-<0.006	3.93	3.45-4.24	0.31	0.27-0.35
		Johnius sp.													
	7	ปลาข้างเหลือง	5	28.9-37.0	13.5-14.0	0.012	0.008-0.021	<0.007	<0.007-<0.007	<0.007	<0.007-<0.007	8.99	6.96-11.67	0.63	0.60-0.67
		Caranx leptolepsis													
	8	ปลาทรายแดง	10	51.5-162	16.0-21.5	0.049	0.016-0.105	NA	<0.006-0.034	<0.006	<0.006-<0.006	3.94	3.12-4.68	0.28	0.19-0.59
		Nemipterus spp.													
	9	ปลาลิ้นหมา	10	100.3-213.0	25.5-32.0	0.008	0.004-0.021	NA	<0.005-0.021	<0.005	<0.005-<0.005	3.41	3.02-3.82	0.12	0.080-0.21
		Cynoglossus sp.													

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตาราง ก3 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดระยองในฤดูแล้ง (เมษายน 2550)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
หาดทรายทอง	1	หอยหวาน *Babylonia areolata*	8	15.1-55.6	5.0-7.4	0.060	<0.006-0.157	0.152	<0.004-0.439	4.00	0.41-15.96	2,029	982-4,170	413.4	19.1-838
	2	หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	8	12.0-56.9	6.7-10.5	0.010	<0.004-0.033	0.310	0.134-0.478	0.073	0.053-0.095	20.1	11.73-36.36	2.12	1.55-2.89
	3	ปูทะเล *Scylla olivacea*	5	110-266	8.5-10.9	0.026	0.005-0.039	0.047	0.028-0.080	0.006	<0.005-0.009	491.1	453.9-574.6	9.08	3.56-11.18
	4	ปูม้า *Portunus pelagicus*	7	59.9-97.6	9.0-11.0	0.003	<0.003-0.007	0.050	0.033-0.081	0.024	0.004-0.124	203.6	33.0-399.5	4.46	3.33-8.04
	5	หมึกหอม- หนวด	5	68.6-355	23.8-49.5	0.032	0.003-0.112	0.012	<0.004-0.030	0.153	0.026-0.614	16.49	14.47-22.34	133.8	2.18-656.8
		หมึกหอม- ตัว *Sepiotheutis* sp.	5	68.6-355	23.8-49.5	0.044	0.005-0.165	NA	<0.004-0.084	0.035	0.011-0.107	12.48	11.25-14.69	4.23	1.74-12.71
	7	หมึกกล้วย- หนวด	5	85.3-117.3	34.6-37.7	0.014	0.010-0.018	0.011	<0.005-0.015	0.787	0.535-1.18	20.9	15.87-39.29	2.83	1.76-5.15
		หมึกกล้วย- ตัว *Photololigo* sp.	5	85.3-117.3	34.6-37.7	0.008	0.005-0.013	NA	<0.005-0.005	0.135	0.104-0.159	12.19	11.74-13.06	1.34	1.17-1.52
	8	หมึกกระดอง- หนวด	5	194.7-842.4	29.7-61.0	0.043	0.019-0.105	0.029	0.020-0.043	1.67	0.068-7.15	165.2	22.91-415.8	184.3	7.01-659.6
		หมึกกระดอง- ตัว *Sepia* sp.	5	194.7-842.4	29.7-61.0	0.061	0.037-0.105	0.013	0.009-0.019	0.052	0.017-0.125	22.91	20.81-27.49	11.08	4.73-17.56
	9	หมึกสาย- หนวด	5	37.1-58.2	14.5-17.0	0.004	0.003-0.005	0.304	0.008-1.42	0.020	0.018-0.023	15.58	13.34-17.50	2.05	1.50-2.85
		หมึกสาย- ตัว *Octopus* sp.	5	37.1-58.2	14.5-17.0	0.005	<0.003-0.007	0.049	0.026-0.077	0.138	0.093-0.215	227.3	24.75-432	51.3	5.67-223.7
	10	ปลาหมูสีแก้มแดง *Lethrinus nebulosus*	4	32.9-82.0	13.0-17.0	0.018	0.009-0.027	0.075	0.039-0.130	0.005	<0.005-0.007	4.04	3.52-4.64	0.37	0.18-0.82
	11	ปลาลิ้นหมาเกล็ดใหญ่ *Cynoglossus macrolepidotus*	5	83.0-123.7	21.0-26.0	0.023	<0.004-0.052	0.041	0.028-0.058	NA	<0.005-0.005	5.30	3.77-8.28	0.124	0.104-0.166
เจดีย์กลางน้ำ	1	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	7	12.8-39.9	4.0-6.2	0.020	0.017-0.022	0.183	0.121-0.249	0.156	0.122-0.219	6,050	3,751-9,851	585	355-741
ปากน้ำประแสร์	1	หอยแครง *Anadara granosa*	8	11.6-43.2	0.52-3.0	0.012	<0.005-0.028	0.193	0.032-0.276	2.01	0.850-4.87	26.46	22.63-30.79	1.72	1.25-3.03
	2	หอยตลับ *Meretrix meretrix*	8	20.8-35.2	4.0-4.9	0.005	<0.005-0.011	0.243	0.037-0.590	0.151	0.123-0.186	20.22	17.64-22.47	2.21	1.87-2.54
	3	ปลากระบอก *Mugil cephalus*	5	52.5-68.3	16.6-17.6	NA	<0.005-0.008	0.076	0.023-0.213	0.007	<0.007-0.012	6.35	5.22-7.55	0.65	0.49-0.88

ตาราง ก3 (ต่อ)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
ปากน่าพังราด	1	ปลาตะกรับเสือดาว *Scatophagus argus*	5	64.5-160.2	12.2-17.5	0.020	0.008-0.052	0.058	0.029-0.087	0.007	0.005-0.010	5.08	4.32-5.56	0.49	0.36-0.73
	2	ปลากดทะเล *Netuma thalassina*	3	119.3-258.8	24.9-31.0	0.093	0.030-0.132	0.023	0.011-0.046	<0.006	<0.006-<0.006	13.35	11.79-15.28	0.52	0.46-0.62
	3	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	5	24.0-35.9	14.7-16.3	0.019	0.013-0.033	0.005	<0.005-0.008	0.005	<0.005-0.009	7.23	6.49-8.62	0.40	0.24-0.63
	4	ปูดำ *Scylla olivacea*	6	104.3-209.5	6.0-10.9	0.044	0.024-0.071	0.058	0.033-0.094	0.295	0.026-1.11	659.7	582.1-816.7	219	16.1-418
	5	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	72.2-99.0	10.8-11.6	0.040	0.031-0.052	0.077	0.027-0.232	0.152	0.046-0.323	433.4	362.4-515.2	155.3	17.9-211
	6	กุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis*	7	17.6-26.0	14.0-15.5	0.009	<0.005-0.014	0.028	<0.006-0.050	0.023	0.009-0.067	21.59	17.26-24.58	10.66	6.18-13.36
	7	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	7	14.4-41.5	4.2-5.8	0.014	<0.006-0.025	0.121	0.056-0.227	0.866	0.617-1.03	1,916.7	1,398-2,516	484.9	344.3-547.3
เกาะมัน	1	กั้งกระดาน *Thenus orientalis*	5	64.8-107.2	13.0-17.0	0.015	0.009-0.019	0.016	<0.006-0.031	0.067	0.039-0.10	27.98	26.74-29.39	2.71	2.44-3.04
	2	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	149.1-257.6	12.2-14.5	0.207	0.098-0.344	0.018	0.008-0.043	0.673	0.063-2.09	419.5	323.4-474.4	100.9	11.7-258.7

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตาราง ก4 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดระยองในฤดูฝน (ตุลาคม 2550)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (μg g^{-1} wet wt.)		Pb (μg g^{-1} wet wt.)		Cd (μg g^{-1} wet wt.)		Zn (μg g^{-1} wet wt.)		Cu (μg g^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
บ้านเพ	1	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	110.9-186.1	11.2-13.5	0.081	0.075-0.089	0.041	0.004-0.115	1.49	0.20-5.10	420.6	385.8-481.5	11.51	6.82-15.41
	2	กั้งกระดาน *Thenus orientalis*	7	63.3-139.3	14.0-18.3	0.010	0.009-0.011	NA	<0.006-0.023	0.056	0.010-0.250	24.40	21.55-26.89	2.90	1.32-3.59
	3	หอยหวาน *Babylonia areolata*	7	17.7-31.3	4.7-5.7	0.039	0.033-0.049	0.174	0.086-0.323	0.111	0.063-0.162	28.20	23.20-33.43	34.35	9.80-137.0
ปากน่าประแสร์	1	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	7	12.7-24.2	4.0-5.5	0.029	0.024-0.039	0.072	0.030-0.098	1.15	0.86-1.64	6,830	5,265-8,488	1,074	626-1,532
	2	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	10	11.4-18.6	11.5-13.5	0.029	<0.007-0.042	NA	<0.010-0.135	<0.010	<0.010-<0.010	11.76	10.09-14.43	0.55	0.37-0.98
ปากน้ำพังราด	1	กุ้งแชบ๊วย *Penaeus merguiensis*	5	16.4-21.9	14.0-15.6	0.015	0.008-0.024	0.015	0.010-0.025	0.014	0.004-0.041	21.49	21.02-22.12	10.02	8.33-11.90
	2	หอยนางรม *Saccostrea forskali*	7	11.7-22.7	4.0-5.6	0.017	0.008-0.030	0.141	0.071-0.278	2.19	1.68-2.98	2,608	1,566-4,404	892.4	520-1,449
	3	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	43.8-75.8	9.0-10.5	0.022	0.012-0.031	0.065	0.041-0.081	0.165	0.074-0.251	100.08	31.19-363.6	11.6	10.10-14.32
	4	ปลาลิ้นหมา *Cynoglossus* sp.	5	53.3-160.0	19.4-27.9	0.024	0.017-0.038	0.039	0.025-0.048	0.006	<0.005-0.009	6.65	4.68-9.60	0.20	0.104-0.45
	5	ปลาแป้น *Leiognathus blochii*	5	15.6-19.3	10.5-11.6	0.119	0.078-0.172	0.191	0.083-0.586	0.013	0.008-0.027	26.06	16.98-35.14	0.67	0.49-0.91
	6	ปลากุแลหลังเขียว *Llisha sirishai*	5	13.5-17.8	11.5-12.6	0.020	0.011-0.029	0.02	0.011-0.035	0.010	<0.009-0.011	15.26	13.13-17.89	1.68	1.50-1.88
	7	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	5	30.7-51.0	13.7-15.0	0.008	0.006-0.010	0.053	0.028-0.091	0.007	<0.007-0.008	11.21	7.61-15.8	1.15	0.95-1.62
อ่าวมะขามป้อม	1	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	207.8-224.6	13.3-14.4	0.015	0.007-0.025	0.010	<0.004-0.019	0.63	0.055-2.03	411.7	357.8-466.3	10.42	8.21-13.41
	2	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	10	23.1-46.2	13.0-15.0	0.008	<0.005-0.021	0.012	<0.007-0.025	<0.007	<0.007-<0.007	9.61	7.05-16.50	1.35	0.87-2.55

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตาราง ก5 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดจันทบุรี (มีนาคม 2552)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (mg kg^{-1} wet wt.)		Pb (mg kg^{-1} wet wt.)		Cd (mg kg^{-1} wet wt.)		Zn (mg kg^{-1} wet wt.)		Cu (mg kg^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
บางกะไชย	1	ปลาดุกทะเล *Plotosus canius*	3	475.6-785.5	44.6-51.6	0.013	0.009-0.020	0.011	0.009-0.015	<0.005	<0.005	4.71	4.34-5.41	0.234	0.202-0.257
	2	ปลาสากเหลือง *Sphyraena obtusata*	1	2,462	86.0	0.134		0.009		<0.005		5.66		0.213	
หาดจ้าวหลาว	1	ปลาสีกุนทอง *Selar boops*	5	63.2-82.4	17.9-18.9	0.011	0.005-0.015	0.011	<0.006-0.037	0.01	0.006-0.012	6.18	5.71-7.40	1.08	1.03-1.14
	2	ปลาสีกุน *Selar kalla*	5	50.4-63.3	17.3-19.5	0.022	0.019-0.030	<0.006	<0.006	0.007	<0.006-0.019	5.12	4.35-5.50	0.807	0.721-0.908
	3	ปลากระบอก *Mugil cephalus*	2	67.9-99.5	18.2-20.9	0.006	0.004-0.007	0.012	<0.005-0.021	<0.005	<0.005	4.37	3.73-5.01	0.684	0.491-0.876
	4	ปลากระพงหางเหลือง *Lutianus llneolatus*	4	51.6-66.8	15.4-17.0	0.034	0.022-0.043	0.018	<0.006-0.039	<0.006	<0.006	2.90	2.79-3.07	0.344	0.250-0.534
	5	ปลาหมูสีแก้มแดง *Lethrinus nebulosus*	4	48.6-184	15.1-22.0	0.031	0.019-0.050	0.010	<0.005-0.031	<0.005	<0.005	2.95	2.47-3.95	0.215	0.166-0.259
	6	ปลาดอกหมากครีบยาว *Pentaprion longimanus*	5	42.4-72.4	14.3-16.6	0.022	0.010-0.036	0.015	0.012-0.016	NA	<0.006-0.010	7.11	6.00-9.36	0.388	0.357-0.434
	7	ปลาดาหวาน *Priacanthus tayenus*	3	84.6-104	18.2-20.0	0.016	0.012-0.021	0.013	0.006-0.025	<0.005	<0.005	3.4	3.12-3.93	0.288	0.267-0.303
	8	ปลาสร้อยนกเขา *Plectorhynchus pictus*	2	116.3-120.9	20.2-20.3	0.036	0.034-0.038	0.019	0.019-0.019	<0.005	<0.005	3.23	3.10-3.36	0.279	0.260-0.299
	9	ปลาทรายแดง *Nemipterus* spp.	5	88.6-125.2	18.8-21.2	0.068	0.050-0.082	NA	<0.005-0.006	<0.005	<0.005	2.79	2.63-3.06	0.342	0.288-0.389
	10	ปลากระพงข้างปาน *Lutianus russelli*	5	64.9-84.3	16.1-17.4	0.028	0.017-0.055	NA	<0.006-0.039	<0.006	<0.006	3.1	2.81-3.51	0.24	0.175-0.297
	11	ปลาข้างเหลือง *Caranx leptolepsis*	3	51.1-54.6	17.8-18.1	0.046	0.043-0.051	NA	<0.006-0.016	<0.006	<0.006	8.2	7.64-9.07	0.561	0.545-0.580
	12	ปลาสากเหลือง *Sphyraena obtusata*	1	586.2	49.0	0.055		<0.007		<0.007		10.44		0.164	
	13	ปลากระพงขาว *Lates calcarifer*	4	1,703-2,414	49.0-53.1	0.021	0.019-0.025	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	4.45	3.48-6.23	0.123	0.104-0.157
	14	ปลาดาบลาว *Chirocentrus dorab*	2	349.4-555.2	47.2-54.3	0.023	0.018-0.028	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	6.08	5.78-6.39	0.364	0.264-0.463
ปากน้ำแขมหนู	1	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	128.6-239.7	5.8-7.4	0.044	0.024-0.079	0.035	0.023-0.047	0.616	0.229-1.69	38.86	30.87-44.93	10.83	7.90-13.68
ท่าแฉลบ	1	ปลาแมว *Engraulis malabaricus*	5	40.3-50.0	17.0-18.5	0.031	0.022-0.038	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	5.33	4.19-6.01	0.24	0.187-0.273
	2	ปลาจวด *Johnius belengeri*	5	36.6-50.4	14.2-16.2	0.029	0.005-0.049	NA	<0.005-0.025	<0.006	<0.006	5.57	4.29-6.72	0.304	0.258-0.342

ตาราง ก5 (ต่อ)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (mg kg^{-1} wet wt.)		Pb (mg kg^{-1} wet wt.)		Cd (mg kg^{-1} wet wt.)		Zn (mg kg^{-1} wet wt.)		Cu (mg kg^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
	3	ปลาจวดเดียนเขี้ยว *Otolites ruber*	5	47.5-60.5	17.0-18.0	0.019	0.016-0.023	NA	<0.005-0.023	<0.005	<0.005	3.27	2.85-3.78	0.166	0.147-0.200
	4	ปลาตะกรับเลือดาว *Scatophagus argus*	5	38.0-87.0	11.0-14.0	0.019	0.013-0.027	0.033	<0.006-0.113	<0.006	<0.006	5.25	4.77-5.74	0.488	0.359-0.648
	5	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	5	29.9-36.1	13.8-14.6	NA	<0.005-0.005	0.013	<0.006-0.023	<0.006	<0.006	7.64	6.02-9.70	1.02	0.890-1.15
	6	ปลากระพงขาว *Lates calcarifer*	1	1,482	48.8	0.037		0.018		<0.005		3.72		0.115	
	7	ปลากระบอก *Mugil cephalus*	10	2.56-229.2	23.1-28.0	NA	<0.004-0.007	NA	<0.005-0.011	<0.005	<0.005	3.54	0.338-4.14	0.424	0.021-0.593
	8	ปลาอกแรดวาย *Clupea (Alosa) macrura*	5	35.2-51.0	14.2-16.5	0.007	0.005-0.007	NA	<0.006-0.010	<0.006	<0.006	7.71	6.55-9.13	1.42	1.07-1.58
	9	ปลาโคก *Anodontostoma chacunda*	5	25.5-42.3	12.1-14.0	NA	<0.005-0.006	0.012	<0.006-0.021	<0.006	<0.006	5.37	4.46-6.43	0.576	0.462-0.730
	10	ปลาเฉลียบ *Chorinemus lysan*	4	170.2-280.2	27.4-32.9	0.045	0.033-0.053	NA	<0.005-0.005	<0.005	<0.005	3.67	3.23-4.26	0.389	0.340-0.454
	11	ปลากุเลา *Eleutheronema tetradactylum*	5	88.5-122.6	21.0-24.5	0.014	0.011-0.020	NA	<0.005-0.109	<0.005	<0.005	4.55	3.78-6.49	0.341	0.295-0.412
	12	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	3	44.7-53.9	16.4-18.5	0.021	0.006-0.042	NA	<0.006-0.008	<0.006	<0.006	5.48	4.01-6.59	0.175	0.130-0.217
	13	หอยตะโกรมกรามต่ำ *Crassostrea iredalei*	10	12.2-70.4	3.4-7.6	0.005	<0.005-0.009	0.144	0.071-0.219	1.01	0.797-1.28	472.2	248.8-663.4	44.85	28.39-70.51
	14	หอยนางรมปากจีบ *Saccostrea forskali*	10	9.0-33.4	3.3-5.5	NA	<0.005-0.006	0.079	0.052-0.132	0.587	0.390-0.713	326.1	222.2-415.6	32.58	19.38-40.81
อ่าวคุ้งกระเบน	1	ปลาอินทรีย์ *Scomberomorus guttatus*	2	1,945-2,598	68.0-72.0	0.025	0.015-0.034	0.015	<0.006-0.026	<0.006	<0.006	10.99	9.14-12.84	0.154	0.142-0.167
ขี้อดลาด	1	หมึกกล้วย- หัว	5	152.9-261.3	28.0-37.4	0.004	<0.003-0.006	0.013	0.005-0.026	0.381	0.257-0.587	11.94	11.61-12.33	1.51	1.38-1.65
		หมึกกล้วย- ตัว	5	152.9-261.4	28.0-37.5	0.005	<0.003-0.007	NA	<0.004-0.015	0.047	0.040-0.062	9.82	9.65-10.00	1.02	0.698-1.31
		Photololigo duvovcelli													
	2	หมึกหอม- หัว	5	117.9-193.1	22.3-25.7	0.028	0.015-0.049	0.017	0.010-0.034	0.038	0.025-0.043	10.50	10.02-11.56	5.41	3.11-7.39
		หมึกหอม- ตัว	5	117.9-193.2	22.3-25.8	0.033	0.021-0.062	NA	<0.004-0.016	0.009	0.004-0.013	9.41	8.89-9.97	2.42	1.65-3.35
		Sepiotheutis lessoniana													

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ตาราง ก6 ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากจังหวัดตราด (พฤษภาคม 2551)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (mg kg^{-1} wet wt.)		Pb (mg kg^{-1} wet wt.)		Cd (mg kg^{-1} wet wt.)		Zn (mg kg^{-1} wet wt.)		Cu (mg kg^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
อวนลาก หน้าเขาล้าน-เขาแมว	1	ปลาจวดเตียนเขียว *Otolites ruber*	5	44.1-119.2	15.5-21.6	0.032	0.004-0.081	NA	<0.005-0.006	<0.005	<0.005	2.92	2.07-4.03	0.197	0.162-0.233
	2	ปลาจวด *Johnius belengeri*	5	45.7-120.6	15.1-21.5	0.042	0.012-0.080	NA	<0.005-0.006	<0.005	<0.005	2.92	2.07-4.03	0.197	0.162-0.233
	3	ปลาทรายแดง *Nemipterus* spp.	5	48.3-219.7	15.0-25.0	0.115	0.015-0.263	0.010	0.007-0.013	<0.006	<0.006	2.32	2.09-2.55	0.307	0.231-0.377
	4	ปลาสาก *Sphyraena obtusata*	1	151	31.2	0.021		<0.005		<0.005		2.13		0.174	
	5	ปลาหางควาย *Thysanophrys crocodilus*	5	74.4-172.7	22.8-29.6	0.039	0.031-0.043	NA	<0.005-0.018	<0.005	<0.005	3.08	2.69-3.54	0.178	0.099-0.369
	6	ปลาลิ้นหมา *Cynoglossus macrolepidotus*	4	77.9-150.3	22.0-32.0	0.030	<0.004-0.071	0.005	<0.005-0.008	<0.005	<0.005	2.57	2.25-3.51	0.087	0.054-0.128
	7	ปลาโคก *Anodontostoma chacunda*	5	34.9-42.67	13.2-14.1	0.016	0.010-0.025	0.041	0.021-0.062	<0.006	<0.006	4.36	4.08-4.67	0.531	0.380-0.655
	8	ปูม้า *Portunus pelagicus*	5	67.2-260.8	10.3-14.6	0.039	0.017-0.058	0.021	0.007-0.033	0.339	0.101-0.703	38.87	30.27-51.02	12.66	8.74-16.86
	9	กุ้งอกตัก *Parapenaeopsis hardwicki*	5	15.4-38.2	13.8-16.4	0.024	0.014-0.031	0.016	<0.006-0.025	NA	<0.006-0.040	11.63	10.30-12.41	8.54	7.03-10.45
	10	กั้งตั๊กแตนเขียว *Miyakea nepa*	5	35.4-50.5	14.2-16.3	0.045	0.027-0.067	0.024	0.019-0.028	2.97	1.56-3.94	35.3	27.90-49.08	20.16	11.01-27.44
	11	หอยเชลล์ (รวมอวัยวะภายใน)	5	30.8-37.3	8.0-8.2	0.006	<0.003-0.012	0.164	0.108-0.234	2.32	1.99-3.23	9.26	8.09-9.96	0.395	0.276-0.444
		หอยเชลล์ (เฉพาะเอ็น) *Amusium pleuronectus*	5	24.2-37.9	7.4-8.2	NA	<0.005-0.005	0.038	0.024-0.089	0.13	0.015-0.279	14.25	13.69-15.81	0.169	0.130-0.265
	12	หอยพอก, หอยก้น *Geloina erosa*	5	83.8-112.1	69.7-74.3	0.009	0.008-0.011	0.024	0.016-0.043	NA	<0.005-0.012	47.61	26.85-55.46	1.23	0.991-1.56
	13	หมึกหอม- หัว	5	62.1-231.0	17.6-27.0	0.020	0.012-0.027	NA	<0.005-0.010	<0.005	<0.005	8.97	8.41-9.47	8.30	3.73-15.38
		หมึกหอม- ตัว *Sepiotheutis lessoniana*	5	62.1-231.0	17.6-27.0	0.022	0.013-0.033	NA	<0.005-0.006	<0.005	<0.005	6.96	6.58-7.40	2.69	2.36-3.23
	14	หมึกกล้วย- หัว	5	36.2-81.5	17.2-23.7	0.013	0.011-0.015	0.015	0.013-0.019	0.433	0.131-1.13	10.19	9.65-10.82	2.17	1.69-2.75
		หมึกกล้วย- ตัว *Photololigo duvovcelli*	5	36.2-81.5	17.2-23.7	0.015	0.011-0.019	0.007	<0.005-0.011	NA	<0.005-0.007	7.49	6.79-8.23	1.45	0.981-2.17
	15	หมึกกระดองก้นไหม้- หัว	5	153.2-241.1	13.3-19.6	0.019	0.004-0.044	0.021	0.012-0.036	0.304	0.054-1.13	8.98	0.337-11.99	4.64	0.610-7.21
		หมึกกระดองก้นไหม้- ตัว *Sepiella inermis*	5	153.2-241.1	13.3-19.6	0.025	0.007-0.064	0.016	0.011-0.025	NA	<0.004-0.014	9.2	8.22-9.79	4.58	2.69-6.59

ตาราง ก6 (ต่อ)

Location		Marine Animals	No. of Sample	Weight (g)	Length (cm)	Hg (mg kg^{-1} wet wt.)		Pb (mg kg^{-1} wet wt.)		Cd (mg kg^{-1} wet wt.)		Zn (mg kg^{-1} wet wt.)		Cu (mg kg^{-1} wet wt.)	
						Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
แหลมทิน	1	หอยแครง *Anadara granosa*	5	16.1-24.7	2.6-4.3	NA	<0.004-0.007	0.082	0.062-0.100	0.237	0.137-0.507	12.2	11.47-12.96	1.07	0.856-1.26
	2	ปลากระบอก *Mugil cephalus*	5	77.6-186.6	18.4-27.1	NA	<0.004-0.015	NA	<0.005-0.010	<0.005	<0.005	3.61	3.02-4.31	0.496	0.427-0.611
	3	ปลาเห็ดโคน *Sillago sihama*	5	23.6-30.4	14.3-15.8	0.024	0.014-0.042	0.018	<0.006-0.042	NA	<0.006-0.006	6.00	5.82-6.29	0.404	0.234-0.561
	4	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	5	25.5-55.6	13.6-17.0	NA	<0.005-0.005	0.019	<0.006-0.019	NA	<0.006-0.007	8.14	6.99-9.66	1.07	0.978-1.18
แหลมงอบ-อวนลาก	1	กั้งตั๊กแตนยักษ์สีเงิน *Hariosquilla raphidea*	5	18.6-48.3	12.7-17.4	0.005	<0.004-0.012	0.053	0.017-0.105	0.141	0.949-1.62	0.034	29.98-36.32	15.74	10.39-25.91
	2	ปลามงแป่ *Carangoides ciliarius*	4	41.3-129.2	12.3-19.7	0.017	0.006-0.038	NA	<0.006-0.019	0.008	<0.006-0.012	4.77	4.53-5.05	0.624	0.537-0.748
	3	ปลาอินทรีย์ *Scomberomorus guttatus*	1	82.6	22.5	0.007		<0.005		0.006		6.22		0.539	
เกาะช้าง	1	ปลาทู *Rastrelliger neglectus*	5	29.9-44.3	13.5-16.1	0.027	<0.004-0.111	0.053	0.017-0.036	0.006	<0.006-0.012	0.034	3.98-5.34	0.874	0.702-0.973
ตลาดไร่รั้ง	1	ปลาหมูสีแก้มแดง *Lethrinus nebulosus*	5	136.7-141.9	19.5-20.0	0.039	0.019-0.052	0.055	<0.006-0.236	NA	<0.006-0.008	3.21	3.10-3.34	0.262	0.237-0.295
บ้านอ่างกระป๋อง	1	หอยนางรมปากจีบ *Saccostrea forskali*	10	16.7-66.6	4.4-6.6	0.006	<0.004-0.014	0.071	0.036-0.117	0.543	0.443-0.692	281.8	156.6-440.4	33.66	25.58-46.06
ตลาดนสนตุ้ง	1	หอยปากเป็ด *Lingula unguis*	7	2.5-4.8	7.0-12.5	0.011	0.007-0.018	0.667	0.547-0.900	0.110	0.093-0.134	8.26	7.13-9.78	6.19	5.62-6.88

NA หมายถึง มากกว่า 50 % ของข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าขีดต่ำสุดที่สามารถวัดได้ (ต่ำกว่า method detection limit, MDL)

ภาคผนวก ข

เกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของโลหะหนักต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

Recommended Dietary Allowances (RDAs) for Individuals, Elements
Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies

Life Stage Group	Copper (µg/d)	Zinc (mg/d)
Children		
1-3 y	340	3
4-8 y	440	5
Males		
9-13 y	700	8
14-18 y	890	11
19-30 y	900	11
31-50 y	900	11
50-70 y	900	11
>70 y	900	11
Females		
9-13 y	700	8
14-18 y	890	9
19-30 y	900	8
31-50 y	900	8
50-70 y	900	8
>70 y	900	8
Pregnancy		
14-18 y	1,000	12
19-30 y	1,000	11
31-50 y	1,000	11
Lactation		
14-18 y	1,300	13
19-30 y	1,300	12
31-50 y	1,300	12

Source: http://www.iom.edu/Object.File/Master/21/372/0.pdf

Tolerable Daily Intake (TDI)

Heavy Metal	TDI (µg/person/day) (http://vm.cfsan.fda.gov)
Mercury	16
Cadmium	55
Lead	
- Children ages 0-6 yr	6
- Children over 7 yr	15
- Pregnant women	25
- Adults	75

ภาคผนวก ค

อัตราการบริโภคอาหารทะเลของคนไทย

Annual per capita consumption by species and region (Coastal Provinces)

Species	East	Inner Gulf	Eastern South	Western South
1. No. of households	60	61	120	61
2. Quantities by species (kg)				
Marine fish	13.04	11.26	19.06	10.94
- Indo Pacific Mackerel	3.77	6.58	10.74	3.28
- Others	9.28	4.68	8.32	7.67
Freshwater fish	2.88	8.76	2.77	0.96
Shrimp	1.79	8.50	7.12	3.02
Cephalopod	3.52	2.80	4.83	5.17
Mollusc	3.76	6.89	4.85	4.06
Crab	3.32	3.08	3.98	4.66
Dried Fish	4.76	15.89	9.54	2.93
Total (Incl. dried fish)	**33.07**	**57.17**	**52.14**	**31.75**

Source: Piumsombun, S. The impact of international fish trade on food security in Thailand.

(http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4961E/y4964e0j.htm#bm19)