



ระดับแคดเมียมในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)
และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

**Level of Cadmium in Fishery Resources from the Bay of Bengal and the
Andaman Sea (Myanmar Waters) and Its Health Risk Assessment**

สุภาพร แก้วบุบผา

Supaporn Kaewbubpha

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Environmental Management**

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	ระดับแคดเมียมในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ
ผู้เขียน	นางสาวสุภาพร แก้วบุผา
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

แคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันเขตน่านน้ำพม่า เป็นแหล่งทรัพยากรประมงนอกน่านน้ำที่สำคัญของไทย จากตัวอย่างที่สุ่มจากการสำรวจทรัพยากรประมงในอ่าวเบงกอลโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอยได้ปลากลางน้ำ 11 ชนิด 78 ตัว ขณะที่ในน่านน้ำพม่าซึ่งใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลากหน้าดิน ได้ปลากลางน้ำและสัตว์ที่หากินหน้าดิน 32 ชนิด 230 ตัวอย่าง วิเคราะห์แคดเมียมโดยเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค dry-ashing และตรวจวัดด้วยเครื่องอินดักทีฟลิคอปเปิลพลาสมาสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ จากการคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้น พบว่าแคดเมียมในเนื้อเยื่อส่วนที่บริโภคยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในข้อบังคับของคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ซึ่งยอมให้มีแคดเมียมในเนื้อปลาทั่วไป ปลาน้ำจืด ปลากระโทงแทงดาบ และหมึก ไม่เกิน 0.05, 0.1, 0.3 และหมึก 1.0 มก./กก. ตามลำดับ ปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) จากอ่าวเบงกอลและในเขตน่านน้ำพม่ามีแคดเมียมเฉลี่ย 0.066 ± 0.061 และ 0.111 ± 0.015 มก./กก. น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ส่วนสัตว์ทะเลหน้าดินในน่านน้ำพม่า พบว่าหมึกกล้วย (*Loligo devauceli*) มีแคดเมียมสูงสุด เฉลี่ย 0.214 ± 0.053 มก./กก. น้ำหนักเปียก แต่ทั้ง 2 ชนิด ยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปลา 5 ชนิด ที่มีแคดเมียมสูงกว่าเกณฑ์ คือ ปลาทุบแคง (*Decapterus russelli*) ปลาปากคม (*Saurida* sp.) ปลาหนวดฤาษี (*Upeneus* sp.) ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) และปลาน้ำดอกไม้ (*Sphyraena barracuda*) ซึ่งทั้งหมดอยู่ในเขตน่านน้ำพม่า แม้ว่าค่าสัดส่วนความเสี่ยงของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 1 แต่สัตว์ทะเลที่มีขนาดใหญ่มีแนวโน้มการปนเปื้อนของแคดเมียมมากขึ้น ดังนั้นหากบริโภคในปริมาณมากและอย่างต่อเนื่อง อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยเฉพาะปลาบางชนิดที่มีค่าแคดเมียมสูงเกินเกณฑ์ EU (2006) ส่วนเกณฑ์ของกระทรวงสาธารณสุขของไทย (2548) ที่ยอมให้มีแคดเมียมสูงถึง 1.0 มก./กก. ในอาหารทุกชนิด น่าจะมีการพิจารณาเพื่อแก้ไขปรับปรุง

Thesis Title	Level of cadmium in fishery resources from the Bay of Bengal and the Andaman Sea (Myanmar Waters) and its health risk assessment
Author	Miss Supaporn Kaewbubpha
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2008

Abstract

Contamination of cadmium in marine biota may lead to consumers' health risk. Bay of Bengal and Myanmar Waters in Andaman Sea are important fishery resources of Thailand. Seventy eight samples of 11 pelagic species sampling from fishery resources caught by pelagic longline and drifting gillnet in Bay of Bengal and 230 samples of 32 species (including pelagic and demersal species) caught by pelagic longline and bottom trawling in Myanmar Waters. The samples were prepared using dry-ashing method prior to determine cadmium concentration in the solution using an Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrophotometer. According to preliminary risk screening, cadmium in those fleshs were not yet exceeded the limit of 0.05, 0.1, 0.3 and 1.0 mg/kg permitted for most fishes, predatory fishes, swordfish and squids, respectively, by the European Commission Regulation (EU, 2006). Average cadmium levels in swordfish (*Xiphias gladius*) from Bay of Bengal and Myanmar Waters were 0.066 ± 0.061 and 0.111 ± 0.015 mg/kg wet weight, respectively. The highest concentration of cadmium in demersal species of Myanmar Waters was found in squid (*Loligo devauceli*). However, cadmium in those 2 species was within permitted levels. The 5 species that contain cadmium higher than the established standard were Indian scad (*Decapterus russelli*), lizardfish (*Saurida* sp.), goatfish (*Upeneus* sp.), Indo-Pacific sailfish (*Istiophorus platypterus*) and great barracuda (*Sphyraena barracuda*) from Myanmar Waters. The hazard quotient values for cadmium of all species were less than 1. As cadmium concentration in fishes increases with an increasing of size, high or frequent consumption of those fishes containing cadmium over the permission level of EU (2006) may cause health risk. In fact, the maximum cadmium level of 1.0 mg/kg permitted in foodstuffs by Thailand's Ministry of Public Health should be reconsidered.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญรูป	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 สมบัติทางเคมีของแคดเมียม	4
1.3 แหล่งกำเนิดของแคดเมียม	4
1.3.1 แหล่งกำเนิดที่เป็นธรรมชาติ	4
1.3.2 แหล่งกำเนิดที่มาจากการกระทำของมนุษย์	5
1.4 การใช้ประโยชน์จากแคดเมียม	5
1.5 การแพร่กระจายของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม	8
1.5.1 แคดเมียมในอากาศ	8
1.5.2 แคดเมียมในน้ำ	8
1.5.3 แคดเมียมในดิน	9
1.5.4 แคดเมียมในสิ่งมีชีวิต	9
1.6 เกณฑ์มาตรฐานแคดเมียมในสัตว์ทะเล	11
1.7 การเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์	13
1.8 ความเป็นพิษของแคดเมียม	15
1.8.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน	15
1.8.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง	15
1.8.3 การกำจัดแคดเมียมออกจากร่างกาย (Excretion)	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 1 (ต่อ)	
1.9 พื้นที่ในการศึกษา	16
1.9.1 อ่าวเบงกอล	16
1.9.1.1 ลักษณะทางกายภาพ	16
1.9.1.2 ทรัพยากรสัตว์ทะเล	17
1.9.2 ทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	18
1.9.2.1 ลักษณะทางกายภาพ	18
1.9.2.2 ทรัพยากรสัตว์ทะเล	19
1.10 ความเสี่ยง	20
1.10.1 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	22
1.10.2 องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยง	23
1.11 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	24
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	24
2.1 พื้นที่การเก็บตัวอย่าง	24
2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง	24
2.2.1 ทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	24
2.2.2 อ่าวเบงกอล	26
2.3 การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี	26
2.4 วิธีเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์	29
2.4.1 การทำความสะอาดอุปกรณ์และภาชนะ	29
2.4.2 วิธีเตรียมตัวอย่าง	29
2.4.3 การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล	29
2.4.4 การวัดความเข้มข้นแคดเมียมในสารละลาย	31
2.5 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	32
2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 (ต่อ)	
2.7 วิเคราะห์ความเสี่ยงในการบริโภค	
2.7.1 ความเสี่ยงเบื้องต้น (Risk screening)	33
2.7.2 การประเมินความเสี่ยงในการได้รับแคดเมียมในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน	33
2.7.3 การประเมินปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค	34
บทที่ 3 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา	35
3.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลที่ศึกษา	35
3.1.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล	35
3.1.2 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า	37
3.2 ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงที่รับรอง	37
3.3 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล	41
3.3.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิด	41
3.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลกับค่ามาตรฐาน	44
3.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลกับพื้นที่อื่นๆ	44
3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมกับขนาดของตัวอย่างสัตว์ทะเล	46
3.3.4.1 ความสัมพันธ์ในภาพรวม	46
3.3.4.2 ความสัมพันธ์แยกตามชนิดและประเภทเครื่องมือ	48
3.4 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	49
3.4.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิด	49
3.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลกับค่ามาตรฐาน	53
3.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลกับพื้นที่อื่นๆ	56
3.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลกับขนาดของตัวอย่างสัตว์ทะเล	57
3.4.4.1 ความสัมพันธ์ในภาพรวม	57
3.4.4.2 ความสัมพันธ์แยกตามชนิดและประเภทเครื่องมือ	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 (ต่อ)	
3.5 การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยในการบริโภค	62
3.5.1 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล	62
3.5.2 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	62
3.6 การเปรียบเทียบสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน	65
3.6.1 การเปรียบเทียบขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) แยกตามประเภทเครื่องมือประมง	65
3.6.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมแยกตามประเภทเครื่องมือประมง	66
3.6.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อปลาชนิดเดียวกันที่สุ่มจับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน	68
3.6.4 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ย	68
3.6.5 การเปรียบเทียบความเสี่ยงและความปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเลชนิดเดียวกันที่สุ่มจับจากอ่าวเบงกอลกับทะเลอันดามัน	68
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	72
4.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล	72
4.2 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	73
4.3 การประเมินความเสี่ยง	73
4.3.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล	73
4.3.2 ความเสี่ยงในการบริโภคสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	73
4.4 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์	
4.4.1 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล	74
4.4.2 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	74
4.5 ข้อเสนอแนะ	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	76
ภาคผนวก	85
ภาคผนวก ก	86
หลักการเครื่องมือ Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)	
ภาคผนวก ข	88
ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปร่างของสัตว์ทะเลที่จับได้ จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	
ภาคผนวก ค	97
ขนาด (น้ำหนักและความยาว) ลักษณะการกินอาหาร และถิ่นที่อยู่ ของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	
ภาคผนวก ง	117
ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในตัวอย่างซ้ำ 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด	
ภาคผนวก จ	118
ปริมาณของแคดเมียมในสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	
ภาคผนวก ฉ	127
การทดสอบทางสถิติ	
ภาคผนวก ช	137
ค่า HQ และ PTWI ของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิด พร้อมตัวอย่าง การหาค่า HQ และ PTWI	
ประวัติผู้เขียน	143

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากพื้นที่ต่างๆ	12
ตารางที่ 1-2	ปริมาณแคดเมียมที่ยอมให้มีปนเปื้อนในอาหารสูงสุดที่กำหนดโดยแต่ละองค์กร	13
ตารางที่ 2-1	ตำแหน่งสถานีสำรวจ วัน และเวลาที่ทำการสุ่มจับสัตว์ทะเลในทะเลอันดามัน โดยใช้อวนลากหน้าดิน	26
ตารางที่ 2-2	ตำแหน่งสถานีสำรวจ วัน และเวลาที่ทำการสุ่มจับสัตว์ทะเลในอ่าวเบงกอล โดยใช้เครื่องมือต่างๆ	28
ตารางที่ 3-1	น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนักต่ำสุด - สูงสุด) และและความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาวต่ำสุด - สูงสุด) ของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่สุ่มจับจากอ่าวเบงกอลโดยเครื่องมือประมงประเภทเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย	36
ตารางที่ 3-2	น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนักต่ำสุด - สูงสุด) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาวต่ำสุด - สูงสุด) ของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่สุ่มจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยใช้อวนลากหน้าดิน และเบ็ดรavnน้ำลึก	38
ตารางที่ 3-3	ปริมาณแคดเมียมในสารอ้างอิงที่รับรอง DORM-2 และ DOLT-2	41
ตารางที่ 3-4	ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด) และค่ามัธยฐานของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับได้จากอ่าวเบงกอล	42
ตารางที่ 3-5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลทั้ง 72 ตัวอย่างจากการทดสอบโดยใช้ Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15	47
ตารางที่ 3-6	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล 4 ชนิดจากการทดสอบโดยใช้ Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15	47

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 3-7 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด) ของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	50
ตารางที่ 3-8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันทั้ง 32 ชนิด โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติ โดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15	57
ตารางที่ 3-9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันทั้ง 32 ชนิด โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติ โดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15	58
ตารางที่ ค-1 แสดงลักษณะของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดที่จับได้จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	98
ตารางที่ ค-2 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)	101
ตารางที่ ค-3 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)	103
ตารางที่ ค-4 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยอวนลากหน้าดิน (Bottom Trawl)	106
ตารางที่ ค-5 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)	116
ตารางที่ ง-1 ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในตัวอย่างซ้ำ 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด	117
ตารางที่ จ-1 ปริมาณของแคดเมียม (มก. /กก. น้ำหนักเปียก) ในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล	118
ตารางที่ จ-2 ปริมาณของแคดเมียม (มก. /กก. น้ำหนักเปียก) ในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ฉ-1 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลาหูช้างทองแถบ (<i>K. Pelamis</i>) จากอ่าวเบงกอลในพื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C ด้วย One – Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11	127
ตารางที่ ฉ-2 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. Gladius</i>) จากอ่าวเบงกอลในพื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C ด้วย One – Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11	128
ตารางที่ ฉ-3 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอยจากอ่าวเบงกอล ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	129
ตารางที่ ฉ-4 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอย และอวนลากจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย One - Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11	130
ตารางที่ ฉ-5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	130
ตารางที่ ฉ-6 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยอวนลอยจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	131
ตารางที่ ฉ-7 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย จากพื้นที่อ่าวเบงกอล ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	132
ตารางที่ ฉ-8 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอย และอวนลากจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย One -Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11	133

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ ฉ-9	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับ โดยเบ็ดรavnน้ำลึก จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	133
ตารางที่ ฉ-10	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับ โดยอวนลอย จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15	134
ตารางที่ ฉ-11	การทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาว หน้าหนู (<i>A. superciliosus</i>) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Version 15	135
ตารางที่ ฉ-12	แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลา กระโทงแทงดาบ (<i>X. Gladius</i>) จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จาก โปรแกรม SPSS for Windows Version 15	136
ตารางที่ ซ-1	ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเล ค่า Average cadmium daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า Provisional Tolerance Weekly Intake (PTWI) สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัว 50 และ 60 กก. ของสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล	137
ตารางที่ ซ-2	ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเล ค่า Average cadmium daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า Provisional Tolerance Weekly Intake (PTWI) สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัว 50 และ 60 กก. ของสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	138

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	(ก) แนวโน้มการผลิตแคดเมียมในแต่ละทวีปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 - 2004 และ (ข) สัดส่วนการเก็บรักษาแคดเมียมไว้ของประเทศต่างๆทั่วโลก ในปี ค.ศ. 2005 จำนวน 600,000 ตัน	7
รูปที่ 1-2	ปริมาณการใช้แคดเมียมทั่วโลกในด้านต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่าง ปี ค.ศ. 1990 กับปี ค.ศ. 2004	7
รูปที่ 1-3	แหล่งกำเนิด การแพร่กระจาย และ การปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม	10
รูปที่ 1-4	การถ่ายทอดสารแคดเมียมตามลำดับขั้นของผู้บริโภค	10
รูปที่ 1-5	แผนที่แสดงที่ตั้งของอ่าวเบงกอล	16
รูปที่ 1-6	แผนที่แสดงที่ตั้งทะเลอันดามัน	18
รูปที่ 1-7	สัดส่วนเฉลี่ยของชนิดปลาในแต่ละเที่ยวการทำประมงโดย (ก) อวนลาก (ข) อวนดำ และ (ค) อวนล้อม ที่เข้าร่วมสัมปทานในเขตประเทศพม่า ภายใต้สิทธิทำการประมงของบริษัทสยามโจนาธาน ปี พ.ศ. 2550	21
รูปที่ 2-1	สถานีเก็บตัวอย่างโดยอวนลากหน้าดิน (●) และแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก 2 แนว แนวซ้าย: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ความลึก 400 – 1,500 เมตร และแนวขวา: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่ เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ความลึก 2,000 – 2,700 เมตร ในทะเลอันดามัน น่านน้ำพม่า	25
รูปที่ 2-2	สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (●) และอวนลอย (○) ใน 3 พื้นที่ ของอ่าวเบงกอล พื้นที่ A – บริเวณทะเลที่ระดับลึก 2,000 ถึง 2,600 เมตร ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศบังคลาเทศและอินเดีย และในน่านน้ำสากล; พื้นที่ B – ฝั่งตะวันตกของอ่าวเบงกอล ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศ อินเดียและศรีลังกา และในน่านน้ำสากล; และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามัน ที่ระดับความลึก 1,128 ถึง 2,841 เมตร ครอบคลุมน่านน้ำอินเดีย พม่า และไทย จุดสีคำใหญ่ แสดงสถานีที่ใช้	27
รูปที่ 2-3	การสุ่มตัวอย่างสัตว์ทะเลที่นำมาวิเคราะห์หาแคดเมียมในเนื้อเยื่อ	28

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2-4	30
การแล่และเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อ เก็บใส่ถุงพลาสติก เพื่อเตรียมวิเคราะห์ทางเคมี ทุกขั้นตอนดำเนินการในตู้ปราศจากฝุ่น (Laminar flow cabinet) Class 100: รูป (ก) – การแล่และเตรียมตัวอย่าง และรูป (ข) – ตัวอย่างที่ชำแหละเสร็จแล้ว	
รูปที่ 2-5	30
การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อให้เป็นสารละลายเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี: รูป (ก) – ทำตัวอย่างให้แห้งตั้งบนเตาให้ความร้อน (hot plate) ที่อุณหภูมิ 100°ซ และรูป (ข) – การเผาตัวอย่างในเผาแบบตั้งโปรแกรม (programmable ash muffle furnace) โดยเพิ่มอุณหภูมิเป็นลำดับขั้น จาก 100°ซ เป็น 450°ซ ด้วยอัตรา 50°ซ ต่อชั่วโมง	
รูปที่ 2-6	31
องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrophotometer (ICP) (แม่เหล็ก อมัลทิทซ์ และอมร เพชรสม, 2535)	
รูปที่ 3-1	43
การเปรียบเทียบ (บน) ค่ามัธยฐานของน้ำหนัก และ (ล่าง) ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอลทั้ง 11 ชนิด	
รูปที่ 3-2	45
แผนภูมิกล่องเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) ในปลาทั้ง 11 ชนิดจากทั้ง 3 พื้นที่ (พื้นที่ A – น่านน้ำบังคลาเทศและอินเดีย; พื้นที่ B – ฟังตะวันตกของอ่าวเบงกอล และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามัน)	
รูปที่ 3-3	46
การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากการศึกษาครั้งนี้อยู่กับพื้นที่อื่นๆ	
รูปที่ 3-4	48
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลกับความยาวและน้ำหนักของปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. gladius</i>)	
รูปที่ 3-5	49
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับความยาวเฉลี่ย (กก.) และน้ำหนักเฉลี่ย (ซม.) ของปลาทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล	
รูปที่ 3-6	52
การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของ (บน) น้ำหนัก และ (ล่าง) ปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 ชนิด	

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-7	54
การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ หมึกกล้วย (<i>L. devauceli</i>) ปลาทรายแดง (<i>N. bipunctatus</i>) ปลาทรายแดงญี่ปุ่น (<i>N. japonicus</i>) ปลาทรายแดง (<i>Nemipterus</i> spp.) ปลาแพะ (<i>Parupeneus</i> spp.) ปลาหนวดฤๅษี (<i>P. macracanthus</i>) ปลาปากคมหางจุด (<i>S. undosquamis</i>) และปลาปากคมหูดำ (<i>T. myops</i>) ของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง	
รูปที่ 3-8	56
การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) กับพื้นที่อื่นๆ	
รูปที่ 3-9	60
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก.นน.เปียก) กับความยาวทั้งหมดเฉลี่ย (กก.) ของ (ก) สัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และ (ข) สัตว์ทะเลที่มีความยาวไม่เกิน 30 ซม.	
รูปที่ 3-10	61
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับ น้ำหนักเฉลี่ย (กก.) ของ (ก) สัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และ (ข) สัตว์ทะเลที่มีน้ำหนักไม่เกิน 0.2 กก.	
รูปที่ 3-11	63
(ก) ค่าสัดส่วนความเสี่ยงของสัตว์ทะเลที่มีแคดเมียมปนเปื้อน และ (ข) ปริมาณที่บริโภคได้ต่อสัปดาห์ของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลทั้ง 11 ชนิด ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนสำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 กก. และ 60 กก.	
รูปที่ 3-12	64
(ก) ค่าสัดส่วนความเสี่ยงของสัตว์ทะเลที่มีแคดเมียมปนเปื้อน และ (ข) ปริมาณที่บริโภคได้ต่อสัปดาห์ของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 ชนิด ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนสำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 กก. และ 60 กก.	
รูปที่ 3-13	66
การเปรียบเทียบขนาดของสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามันแยกตามประเภทเครื่องมือประมง โดยที่ PLL = Pelagic longline; GN = Gill net; BT = Bottom trawl	
รูปที่ 3-14	67
การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน แยกตามประเภทเครื่องมือประมงที่ใช้จับ โดยที่ GN = Gill net; PLL = Pelagic long line; BT = Bottom trawling	

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 3-15	การเปรียบเทียบปริมาณของแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามันในปลาฉลามหางยาวหน้าหู (<i>A.Superciliosus</i>) และปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. gladius</i>)	69
รูปที่ 3-16	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับ ความยาวเฉลี่ย (ซม.) และน้ำหนักเฉลี่ย (กก.) ของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามันที่จับโดยใช้เครื่องมือ เบ็ดรavnน้ำลึก (PLL) อวนลอย (GN) และอวนลากหน้าดิน (BT)	70
รูปที่ ก- 1	เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) ยี่ห้อ Perkin-Elmer รุ่น Optima 2000 DV	88
รูปที่ ข-1	สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)	89
รูปที่ ข-2	สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับใช้อวนลอย (Drift gillnet)	90
รูปที่ ข-3	สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ซึ่งจับใช้อวนลากหน้าดิน (bottom trawl)	92
รูปที่ ข-4	สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)	96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

อาหารทะเลเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ทะเลจำพวกปลา ที่อุดมไปด้วยโปรตีน และแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส ฟลูออรีน ไอโอดีน วิตามิน กรดไขมันไม่อิ่มตัว และโอเมก้า-3 อีกทั้งการบริโภคปลายังช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือดที่เป็นสาเหตุของโรคหัวใจ โรคตับ (Ismail, 2005) และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูง (Kris-Etherton *et al.*, 2002) ด้วยเหตุนี้ความต้องการบริโภคอาหารทะเลจึงมีสูง ส่งผลให้การประกอบกิจการประมงขยายตัว จนทรัพยากรประมงในประเทศทยอยลดลง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา ต่อมารัฐจึงได้มีนโยบายการทำประมงนอกน่านน้ำไทย เพื่อขยายแหล่งประมงให้ได้ทรัพยากรที่เพียงพอต่อความต้องการ (เรื่องไรต์กฤษณะ, 2548) โดยแหล่งประมงนอกน่านน้ำที่สำคัญของไทย คือ น่านน้ำแถบประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งรวมถึงอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า

อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า เป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่มีความอุดมสมบูรณ์แห่งหนึ่งของโลก มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ปัจจุบันจึงมีความร่วมมือกันด้านการประมงระหว่างประเทศที่ตั้งอยู่รอบอ่าวเบงกอล ภายใต้ชื่อ BIMSTEC (Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation) ประกอบด้วย บังกลาเทศ พม่า อินเดีย ศรีลังกา ภูฏาน เนปาล และไทย ก่อตั้งขึ้นมาเพื่อเสริมสร้างความเจริญทางสังคมและเศรษฐกิจในด้านต่างๆ โดยมีประเทศไทยเป็นผู้นำในด้านการประมงของภูมิภาคนี้ (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2550)

จากข้อมูลการประมงของไทยพบว่า ในปี พ.ศ. 2547 กองเรือไทยจับสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน 829,891 ตัน/ปี (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2550) แต่เนื่องจากสถานการณ์การปนเปื้อนของสารพิษในทะเลสูงขึ้น อีกทั้งมีรายงานว่า การบริโภคอาหารทะเล เป็นเส้นทางหนึ่งในการได้รับสารปนเปื้อนต่างๆ เข้าสู่ร่างกาย และก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Lobet *et al.*, 2003; Usero *et al.*, 2003) ทำให้นานาประเทศให้ความสำคัญกับสารปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลมากขึ้น เช่น หมึกแช่แข็งของไทยที่ส่งออกไปยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปถูกปฏิเสธการนำเข้าหลายครั้ง เนื่องจากตรวจพบแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในหมึกสูงกว่า 1 มก./กก. (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548)

แคดเมียมเป็นโลหะปริมาณน้อย (trace metals) ที่มีความเป็นพิษสูง ในธรรมชาติมีปริมาณน้อยมาก มักพบในรูปของสารประกอบ ได้แก่ แคดเมียมออกไซด์ แคดเมียมคลอไรด์ แคดเมียมซัลเฟต แคดเมียมซัลไฟด์ และเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by-product) จากการถลุงแร่หรือการหลอมโลหะอื่นๆ เช่น สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว มีการใช้แคดเมียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น แบตเตอรี่ สี พลาสติก และการเคลือบโลหะ เป็นต้น (ATSDR, 1999)

แคดเมียมทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมประมาณ 25,000 - 30,000 ตันต่อปี (ATSDR, 1999) โดยปนเปื้อนเข้าสู่ระบบนิเวศต่างๆ ทั่วโลกในระดับที่สูงขึ้น ไม่เว้นแม้กระทั่งพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษ เช่น พื้นที่แถบแอนตาร์กติกและอาร์กติก ที่มีการตรวจพบแคดเมียมปนเปื้อนในชั้นน้ำแข็ง (Mwashote, 2003; Robinson and Shroff, 2004; Kojadinovic *et al.*, 2007) การปนเปื้อนของโลหะปริมาณน้อยที่เป็นพิษในระบบนิเวศ จึงนับว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ (Nriagu *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 1999)

การปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม ส่วนใหญ่มาจากการแพร่กระจายของแคดเมียมจากแหล่งกำเนิดมลพิษผ่านทางอากาศหรือปนเปื้อนไปกับน้ำหรือน้ำเสีย แล้วไปสะสมในสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น พื้นที่ชายฝั่ง และมหาสมุทร แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียมที่ละลายน้ำได้ จะถูกดูดซึมเข้าสู่และสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง ผ่านทางช่องเหงือกของสัตว์ทะเล (Wood, 2001) ส่วนแคดเมียมที่ไม่ละลายน้ำจะไปจับตัวกับอนุภาคขนาดเล็กแล้วจมตัวลงเป็นตะกอนท้องทะเล ทำให้สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่บริเวณหน้าดินที่กินตะกอนท้องทะเลเป็นอาหาร ได้รับแคดเมียมเข้าสู่และสะสมในเนื้อเยื่อ (AMAP, 1998)

การสะสมของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล มีความสัมพันธ์กับอายุ (IPCS, 1992) ปริมาณของแคดเมียมในน้ำทะเล ชนิดและลักษณะทางชีววิทยาของสัตว์ทะเลนั้นๆ (Sadik, 1992) เช่น ปลากระดูกแข็งบางประเภท พบสะสมมากในตับและไต (Powell *et al.*, 1981) ขณะที่ปลากระดูกแข็งในกลุ่ม teleosts มีการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและตับ (Grimanis *et al.*, 1978) ส่วนสัตว์ทะเลจำพวกหมีก็มีการสะสมแคดเมียมในเนื้อเยื่อสูง เนื่องจากกินสัตว์เป็นอาหารและหากินบริเวณหน้าดิน อีกทั้งความสามารถในการกำจัดแคดเมียมน้อยและใช้เวลานาน และที่สำคัญคือ หมีก็อยู่ในลำดับขั้นผู้บริโภครุ่นที่ต่ำ สัตว์ที่กินหมีเป็นอาหาร และมีลำดับขั้นผู้บริโภครุ่นที่สูงกว่า จึงมีโอกาสได้รับแคดเมียมเข้าสู่และสะสมในร่างกายมากขึ้น (Bustamante *et al.*, 1998)

เนื่องจากแคดเมียมถ่ายทอดไปยังสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (McLaughlin *et al.*, 1999) และอัตราการสะสมของแคดเมียมในเนื้อเยื่อจะเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับขั้นผู้บริโภค (biomagnification) (Caurant and Amiard-Triquet, 1995) มนุษย์จึงมีโอกาสได้รับ

แคคเมียมเข้าสู่และสะสมในร่างกายได้สูงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เนื่องจากที่เป็นผู้บริโภคลำดับสูงสุดในห่วงโซ่อาหาร ส่งผลให้มีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารที่มีแคคเมียมปนเปื้อน

แคคเมียมปริมาณน้อยส่งผลต่อพยาธิสภาพของตับ ทำให้เซลล์ตับตายและถูกทำลาย (Friedman and Gesek, 1994; Habeebu *et al.*, 1998) นอกจากนี้ยังทำให้ระบบต่างๆของร่างกายทำงานผิดปกติ เช่น ระบบสืบพันธุ์ (Shen and Sangiah, 1995) สมอและระบบประสาทส่วนกลาง (Provias *et al.*, 1994) ไต (Novelli *et al.*, 1999) ม้ามและไขกระดูก โดยแคคเมียมไปรบกวนการสร้างโปรตีนคอลลาเจน ที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อยึดข้อต่อกระดูก (Kjellstrom, 1992; Yamano *et al.*, 1998; Katzantzis, 2004) การยับยั้งการถูกทำลายของเซลล์จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของแคคเมียมที่เข้าสู่ร่างกาย (Sauer *et al.*, 1997)

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณแคคเมียมที่สะสมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า โดยตัวอย่างสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลได้รับความอนุเคราะห์จากทีมสำรวจทรัพยากรของกรมประมงและศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEAFDEC) (Southeast Asian Fisheries Development Center) ภายใต้โครงการ “The Joint Survey of BIMSTEC Member Countries on Assessment and Management of Marine Resources in the Bay of Bengal” โดยเรือ M/V SEAFDEC 1 ซึ่งสุ่มเก็บตัวอย่าง ระหว่างวันที่ 25 ตุลาคม ถึง 21 ธันวาคม พ.ศ. 2550 และตัวอย่างสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่าได้จากทีมสำรวจทรัพยากรของ SEAFDEC และเจ้าหน้าที่ประมงประเทศพม่า ภายใต้โครงการ “The National Research Survey in the EEZ of Myanmar Waters” โดยเรือ M/V SEAFDEC 2 ซึ่งสุ่มเก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 15 มีนาคม พ.ศ. 2550

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะทำให้ทราบภาวะการปนเปื้อนของแคคเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า เนื่องจากเป็นแหล่งทรัพยากรประมงสำคัญของไทย ที่นำมาใช้ในการบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ การศึกษานี้จึงทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค และหาปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเล นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้เฝ้าระวังการปนเปื้อนของแคคเมียมในทรัพยากรประมงที่เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออกของไทย

1.2 สมบัติทางเคมีของแคดเมียม

แคดเมียมถูกค้นพบด้วยความบังเอิญโดย Friedrich Stromeyer นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน เมื่อปี ค.ศ. 1817 (พ.ศ. 2360) และได้นำมาใช้อย่างจริงจังอีก 50 ปีต่อมา แคดเมียมเป็นโลหะเนื้ออ่อน มักพบร่วมกับแร่สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง แคดเมียมอยู่ในหมู่ IIb ของตารางธาตุ มีจุดหลอมเหลว ที่ 320.9°C และมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ 765°C ในอากาศแคดเมียมจะถูกออกซิไดซ์เป็นแคดเมียมออกไซด์อย่างรวดเร็ว แต่เมื่ออยู่ในภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ไออน้ำ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ หรือไฮโดรเจนคลอไรด์ แคดเมียมจะทำปฏิกิริยากับสารเหล่านี้ได้เป็นแคดเมียมคาร์บอเนต แคดเมียมไฮดรอกไซด์ แคดเมียมซัลไฟด์ แคดเมียมซัลเฟต และแคดเมียมคลอไรด์ ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่จะพบในรูปของแคดเมียมคลอไรด์และแคดเมียมซัลเฟต ที่มีสมบัติละลายน้ำได้ดี ในทางตรงข้ามแคดเมียมออกไซด์ แคดเมียมคาร์บอเนต และแคดเมียมซัลไฟด์ ละลายน้ำได้น้อยมาก (ATSDR, 1999) อย่างไรก็ตามแคดเมียมออกไซด์และโลหะของแคดเมียมสามารถเปลี่ยนรูปเป็น Cd^{2+} ที่มีความเป็นพิษ โดยจะอยู่ในรูปของของแข็งที่มีความเสถียร ระเหยยาก และแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ (ECB, 2003)

1.3 แหล่งกำเนิดของแคดเมียม

แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียมประเภทต่างๆ มีการแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่งใหญ่ คือ ธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์

1.3.1 แหล่งกำเนิดที่เป็นธรรมชาติ

ในธรรมชาติไม่พบแคดเมียมในรูปของสารบริสุทธิ์ มักพบในรูปของสารประกอบแคดเมียม ที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยปนเปื้อนในดิน หิน ที่เป็นแหล่งแร่ โดยเฉพาะในเหมืองแร่สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง โดยพบว่าในชั้นเปลือกโลกส่วนที่เป็นพื้นทวีป (continental crust) มีแคดเมียมประกอบอยู่ประมาณ 0.008 - 0.1 มก./กก. (Rudnick, 2004) ขณะที่แคดเมียมในดินและหินอัคนีมีปริมาณ 0.001 - 0.60 มก./กก. ส่วนในหินตะกอนมีปริมาณ 0.05 - 500 มก./กก. (Adriano, 2001) เนื่องจากแคดเมียมแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในชั้นเปลือกโลก การปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจึงเกิดขึ้นได้ง่ายจากกระบวนการทางธรณีวิทยา ได้แก่ การกัดเซาะของหินแล้วพัดพาตะกอนไปสู่แหล่งน้ำและมหาสมุทรต่างๆ การเกิดไฟไหม้ป่า และภูเขาไฟระเบิด จากการศึกษาของ Richardson *et al.* (2001) พบว่าการระเบิดของภูเขาไฟปล่อยแคดเมียมเข้าสู่ชั้นบรรยากาศประมาณ 380 - 3,800 ตัน

1.3.2 แหล่งกำเนิดที่มาจากการทำงานของมนุษย์

ในยุคก่อนสงครามโลกครั้งที่ 1 ความเป็นพิษของแคดเมียมยังไม่เป็นที่รู้จักกัน ทำให้โรงงานที่ประกอบการเกี่ยวกับการถลุงแร่ ไม่ได้มีการควบคุมการปนเปื้อนของแคดเมียมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม และนับจากปี ค.ศ. 1987 (พ.ศ. 2530) เป็นต้นมา แคดเมียมถูกผลิตเพิ่มสูงขึ้น (IARC, 1993) โดยเฉพาะในแถบทวีปเอเชีย เมื่อนับจากปี ค.ศ. 1997 ถึง 2004 (พ.ศ. 2540 ถึง 2547) มีแนวโน้มการผลิตแคดเมียมเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1-1ก และพบว่าในปี ค.ศ. 2005 (พ.ศ. 2548) มีแคดเมียมทั่วโลกสูงถึง 600,000 ตัน (USGS, 2006) ดังแสดงในรูปที่ 1-1ข

นอกจากนี้แคดเมียมยังเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลในเครื่องยนต์ และแหล่งอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ รวมทั้งการทิ้งของเสียจากชุมชน ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้น (ATSDR, 1999) เห็นได้จากการศึกษาของ Migliarini (2005) พบว่าตะกอนชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ รวมทั้งแคดเมียมสูงกว่าในน้ำทะเลถึง 15 เท่าตัว หรือแม้กระทั่งพื้นที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษ เช่น พื้นที่แถบแอนตาร์กติกและอาร์กติก มีการตรวจพบแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในชั้นน้ำแข็ง (Mwashote, 2003; Robinson and Shroff, 2004; Kojadinovic *et al.*, 2007) จึงถือว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักในระบบนิเวศเป็นวิกฤติทางสิ่งแวดล้อมอีกประการหนึ่ง (Silva *et al.*, 1999)

1.4 การใช้ประโยชน์จากแคดเมียม

แคดเมียมเป็นผลิตผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ การหลอม และการถลุงแร่สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง แคดเมียมถูกใช้ผลิต Ni-Cd แบตเตอรี่ เม็ดสี การชุบโลหะ สารเพิ่มความเสถียร และโลหะผสม โดยสัดส่วนการใช้ในการผลิตประเภทต่างๆ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1-2 (USGS, 2006) คาดว่ามีแคดเมียมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน 20,000 ตัน และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 3,500 ตัน จากปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ คิดเป็น 17.5% (ICdA, 2005) โดยนำมาใช้ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก) การผลิตแบตเตอรี่

แคดเมียมถูกใช้ผลิต Ni-Cd แบตเตอรี่ เพื่อใช้ในกิจการรถไฟ รถไฟฟ้า ยานอวกาศ และแหล่งไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น โดยมีแหล่งการผลิตแหล่งใหญ่อยู่ที่ประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่น พบว่าตลาดการค้าทั่วโลกของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับในอดีต ทำให้ในปัจจุบันมีความต้องการแคดเมียมมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่เพิ่มมากขึ้น (ICdA, 2005)

ข) การผลิตเม็ดสี

เม็ดสีแคดเมียมใช้ในการผลิตวัสดุเคลือบเซรามิก สีทาบ้าน และสีย้อม แต่ในปัจจุบันการนำมาใช้ในการผลิตสีทาบ้านและสีย้อมได้เลิกไปแล้ว ส่วนการใช้แคดเมียมเพื่อนำมาผลิตเม็ดสียังมีการใช้อยู่ เนื่องจากเม็ดสีจากแคดเมียมมีความเสถียรต่อแสงและอุณหภูมิ มีเม็ดสีสว่างในโทน เหลือง และแดง จึงเป็นที่นิยมใช้เพื่อการผลิตแก้วสีต่างๆ โดยการเติมแคดเมียมออกไซด์ลงไป (Hansen *et al.*, 2005)

ค) การเคลือบโลหะ

การเคลือบเหล็กโดยใช้แคดเมียมหรือโลหะผสมแคดเมียมในอุตสาหกรรมทางอวกาศ ชิ้นส่วนไฟฟ้า รถยนต์ กิจการทางทหาร และการขุดเจาะน้ำมัน เพื่อเพิ่มความทนทานของอุปกรณ์ เนื่องจากแคดเมียมมีลักษณะพิเศษ คือ มีความทนทานต่อการกัดกร่อน การเสียดสี นำไฟฟ้าได้ดี และเชื่อมต่อดีง่าย (Hansen *et al.*, 2005)

ง) สารเพิ่มความเสถียร

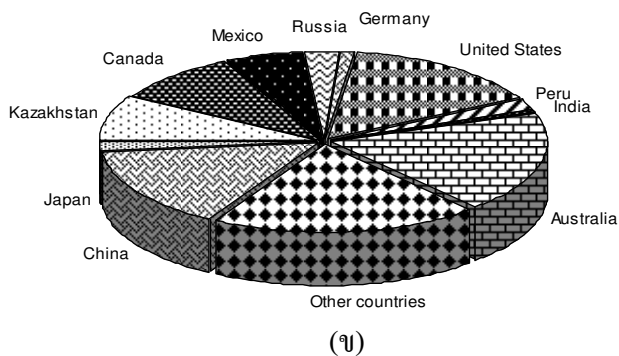
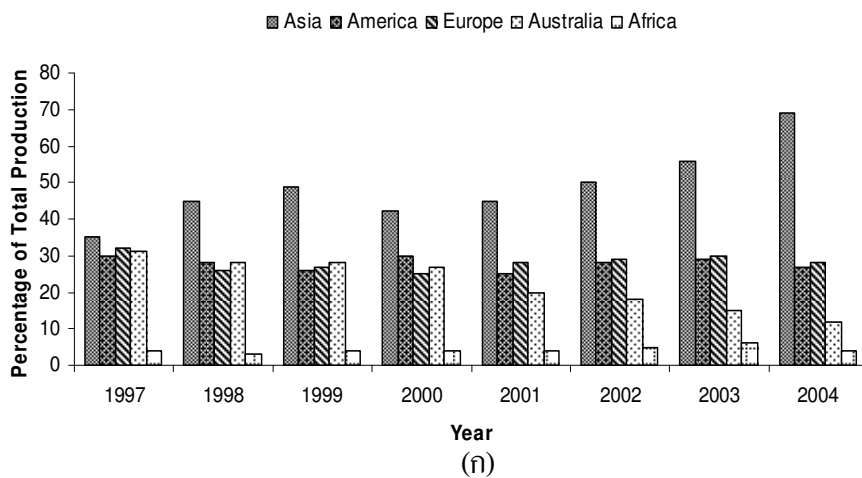
สารประกอบแคดเมียมใช้ร่วมกับแบเรียมซัลเฟต เป็นสารเพิ่มความเสถียรในพลาสติก เช่น ท่อต่างๆ กรอบหน้าต่าง ประตู และหลังคา เป็นต้น (OECD, 2002)

จ) การผลิตโลหะผสม

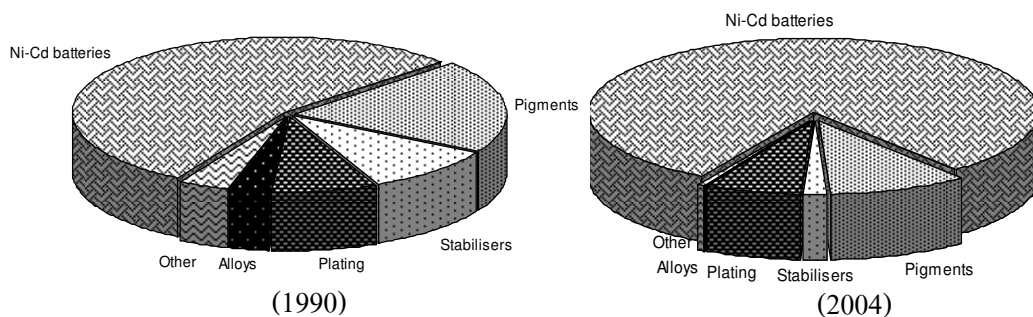
การใช้แคดเมียมผสมกับโลหะตัวอื่นๆ เช่น โลหะผสมที่ใช้บัดกรี โลหะผสมทองแดงกับตะกั่ว โลหะผสมที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ และสะพานไฟ (OECD, 2002)

ฉ) อื่นๆ

นอกเหนือจากนี้แคดเมียมยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตด้านอื่นๆอีก เช่น การนำมาใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำ การผลิตเซลล์สุริยะ และตัวต้านทานไฟฟ้า โดยใช้สารประกอบแคดเมียมกลุ่มแคดเมียมซีลีไนด์ (CdSe) และ แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) (OECD, 2002)



รูปที่ 1-1 (ก) แนวโน้มการผลิตแคดเมียมในแต่ละทวีปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 - 2004 และ (ข) สัดส่วนการเก็บรักษาแคดเมียมไว้ของประเทศต่างๆทั่วโลก ในปี ค.ศ. 2005 จำนวน 600,000 ตัน (ข้อมูลจาก USGS (2006))



รูปที่ 1-2 ปริมาณการใช้แคดเมียมทั่วโลกในด้านต่างๆ โดยเปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ. 1990 กับปี ค.ศ. 2004 (ข้อมูลจาก USGS (2006))

1.5 การแพร่กระจายของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม

1.5.1 แคดเมียมในอากาศ

การเคลื่อนที่ของแคดเมียมผ่านทางอากาศเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของแคดเมียมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม แคดเมียมจะปนเปื้อนอยู่ในอากาศเป็นช่วงเวลาสั้นๆ เมื่อเทียบกับปรอทหรือ POPs (persistent organic pollutants) บางประเภท โดยจะจับกับอนุภาคนาโนเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร กลุ่มของแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศส่วนใหญ่จะเป็นแคดเมียมคลอไรด์ แคดเมียมซัลเฟต และแคดเมียมออกไซด์ (EC, 2001)

จากการศึกษาแคดเมียมในอากาศ พบว่าในอากาศมีแคดเมียมปนเปื้อนเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ที่ปล่อยแคดเมียมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม และมีตัวการสำคัญที่ทำให้แคดเมียมแพร่กระจายไปในอากาศ คือ กระแสลม แคดเมียมจึงแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมไปไกลจากแหล่งกำเนิดได้หลายพันกิโลเมตร (Correia *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของแคดเมียม ได้แก่ แหล่งกำเนิดมลพิษ ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมีของแคดเมียมที่อยู่ในอากาศ สภาพอากาศและความเร็วของลม (EC, 2001)

1.5.2 แคดเมียมในน้ำ

แหล่งกำเนิดของแคดเมียมที่แพร่กระจายลงสู่มหาสมุทร มาจากหลายๆ ปัจจัย เช่น การสะสมของแคดเมียมในอากาศ การปนเปื้อนของแคดเมียมในแม่น้ำแล้วถูกพัดพามากับกระแสน้ำ (Bruland and Lohan, 2004) หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์โดยตรง นอกจากนี้ยังมาจากการหมุนเวียน (recycling) ของตะกอนแขวนลอยที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ ถูกพาขึ้นมาจากน้ำด้านล่างในมหาสมุทรขึ้นสู่บริเวณพื้นผิวน้ำโดยกระบวนการน้ำผุด (upwelling) (Boyle, 2001) รวมทั้งการแลกเปลี่ยนกันผ่านทางอากาศ การผุกร่อน การละลายน้ำ และกระแสน้ำในมหาสมุทร (Macdonald *et al.*, 2000) แต่การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำส่วนใหญ่เกิดจากมหาสมุทรได้รับแคดเมียมผ่านทางอากาศ และน้ำที่มาจากพื้นดิน ดังรูปที่ 1-3 โดยแคดเมียมแพร่กระจายในมหาสมุทรด้วยการจับตัวกับอนุภาคนาโนเล็กแล้วจมตัวลงเป็นตะกอนท้องทะเล เมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำแคดเมียมและสารประกอบแคดเมียมที่ละลายน้ำจะสามารถเข้าสู่และสะสมในสิ่งมีชีวิต นั่นคือแคดเมียมในรูปไอออนอิสระจะถูกดูดซึมเข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้โดยตรง (AMAP, 1998) โดยส่วนใหญ่เป็นแคดเมียมในรูปซัลเฟตและคลอไรด์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ดี (EC, 2001) ส่วนสารประกอบแคดเมียมกลุ่มซัลไฟด์ คาร์บอเนต และออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบแคดเมียมที่ไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อเข้าสู่สิ่งแวดล้อมสามารถเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างทางเคมีไปเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดีขึ้น (OSPAR, 2002) สภาพเคลื่อนย้ายที่ได้ (mobility) และสภาพพร้อมใช้ทางชีวภาพ

(bioavailability) ของแคดเมียมจะเพิ่มมากขึ้นในแหล่งน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำ มีความกระด้างต่ำ มีระดับสารแขวนลอยต่ำ และมีความเค็มต่ำ (Government of Canada, 1994) จากการศึกษาของ Lane *et al.* (2005) พบว่าแคดเมียมจะเข้าแทนที่สังกะสี (Zinc; Zn) ในเอนไซม์ คาร์บอนิกแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) เมื่อสังกะสีในน้ำมีปริมาณจำกัด (Zn-availability limited) ซึ่งผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่าแคดเมียมเป็นสารอาหารปริมาณน้อย (micronutrient) ที่มีความสำคัญต่อกลไกการทำงานในสิ่งมีชีวิตบางกลุ่ม เช่น กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชทะเลลึก (oceanic phytoplankton) ที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำในมหาสมุทร แต่หากมีปริมาณมากในระดับหนึ่งก็เป็นอันตราย ดังเช่นการศึกษาของ Xu *et al.* (1999) พบว่าแคดเมียมสามารถเข้าไปแทนที่สังกะสีที่จับอยู่กับ โปรตีน (zinc-proteins) ในอัมชะทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นตาย (necrosis)

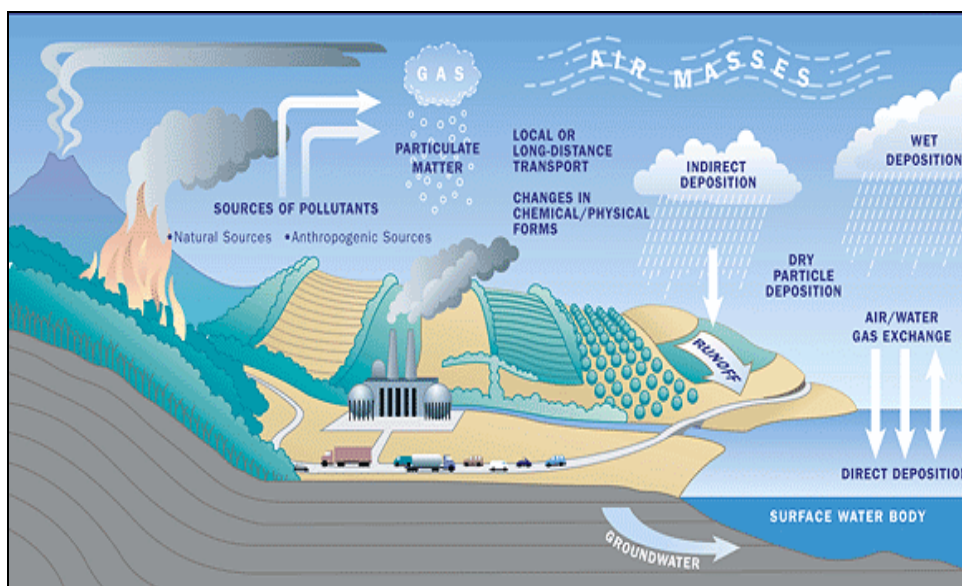
1.5.3 แคดเมียมในดิน

แหล่งที่มาของแคดเมียมซึ่งส่งผลให้มีการปนเปื้อนในดินที่สำคัญ คือ การใช้ปุ๋ยในการทำการเกษตรซึ่งกำเนิดมาจากหินฟอสเฟต จากการศึกษาที่ประเทศเคนมาร์ก และเนเธอร์แลนด์ ชี้ให้เห็นว่าแคดเมียมถูกปลดปล่อยเข้าสู่ดิน และสะสมในบรรยากาศเนื่องมาจากกิจกรรมทางการเกษตร ประมาณร้อยละ 35 ส่งผลให้พืชผลทางการเกษตรมีความเสี่ยงที่จะปนเปื้อนแคดเมียมในปริมาณที่สูง (WHO, 2000)

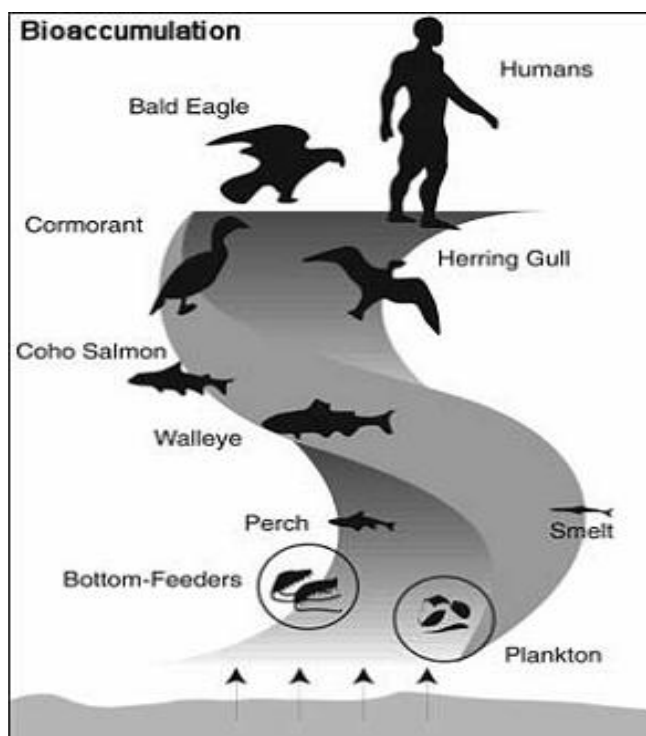
ปริมาณของแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในดินจะขึ้นอยู่กับ pH ของดิน นั่นคือ ดินที่มีสภาพความเป็นกรด แคดเมียมจะละลายได้เพิ่มสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าดินและตะกอนดินมี pH สูงกว่า 6 จะส่งผลให้ การละลายของแคดเมียมลดลง แต่จะถูกดูดซับกับดินและตะกอนดินมากขึ้น โดยแร่ดินเหนียว (clay minerals) คาร์บอเนต และแมงกานีสที่อยู่ในดิน (Mc Lean and Bledsoe, 1992) เมื่อแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในดินก็เข้าสู่พืชต่อไป การปนเปื้อนของแคดเมียมในพืชขึ้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของพืช ค่า pH ของดิน สังกะสี และอินทรีย์วัตถุในดิน หลังจากนั้นก็จะแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ต่อไป ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (US - EPA, 1999)

1.5.4 แคดเมียมในสิ่งมีชีวิต

แคดเมียมเข้าสู่และสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตผ่านทางอาหารและการดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (bioaccumulation) และถ่ายทอดไปยังกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (Scheifler, 2002) โดยมีการสะสมสูงมากขึ้นตามลำดับขั้นผู้บริโภคนั้นคือ ผู้บริโภคลำดับสูงสุดมีแคดเมียมที่สะสมในร่างกายปริมาณสูงกว่าผู้ที่อยู่ในลำดับขั้นของผู้บริโภคที่ต่ำกว่าในห่วงโซ่อาหาร (biomagnification) (Research Triangle Institute, 1999) ดังรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-3 แหล่งกำเนิด การแพร่กระจาย และ การปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม (Trusts, 2006)



รูปที่ 1-4 การถ่ายทอดสารแคดเมียมตามลำดับขั้นของผู้บริโภค (Wisconsin Department of Natural Resources, 2008)

สำหรับสัตว์ทะเล เหนือกว่าเป็นเส้นทางหลักที่รับแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทะเล เข้าสู่ร่างกายโดยตรง (Pagenkopf, 1983) จากนั้นแคดเมียมจะแพร่กระจายและสะสมตามส่วนต่างๆ โดยการสะสมของแคดเมียมในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลนั้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณของแคดเมียมในน้ำทะเล ชนิดและลักษณะทางชีววิทยาของสัตว์ทะเลนั้นๆ (Sadik, 1992) โดยแคดเมียมที่เข้าสู่สัตว์ทะเลจะไปสะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกายแตกต่างกันไป มากน้อยตามชนิดของสัตว์ทะเลนั้นๆ เช่น ปลาฉลาม พบสะสมมากในตับและไต (Powell *et al.*, 1981) ขณะที่ปลากระดูกแข็งในกลุ่ม teleosts มีการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและตับ (Grimanis *et al.*, 1978) ปริมาณของแคดเมียมที่สะสมในร่างกายจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น (IPCS, 1992) รวมทั้งปัจจัยอย่างอื่นด้วย เช่น เพศ ขนาด และ ถิ่นที่อยู่อาศัย (Amundsen *et al.*, 1997)

ปลาอุดมไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ กรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น โอเมก้า-3 และการบริโภคปลาช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหัวใจเต้นผิดปกติ (Kris-Etherton *et al.*, 2002) แต่ในขณะเดียวกันมีรายงานว่า การบริโภคอาหารทะเล มีโอกาสได้รับสารปนเปื้อนต่างๆ เข้าสู่และสะสมในร่างกายของผู้บริโภค (Lobet *et al.*, 2003; Usero *et al.*, 2003) จึงมีผู้ที่ทำการศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์ทะเลชนิดต่างๆ ในแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 1-1)

1.6 เกณฑ์มาตรฐานแคดเมียมในสัตว์ทะเล

จากการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมของโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ตระหนักว่ามีการสะสมของโลหะหนักในสัตว์ทะเลผ่านห่วงโซ่อาหารเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นหลายองค์กรไม่ว่าจะเป็นระดับประเทศหรือระดับนานาชาติ เช่น องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของอเมริกา (US-EPA) องค์การอนามัยโลก (WHO) สหภาพยุโรป (European Union; EU) และกระทรวงสาธารณสุขของไทย เป็นต้น จึงกำหนดปริมาณของโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในเนื้อปลาส่วนที่นำมาบริโภค ซึ่งล่าสุดแต่ละองค์กรได้กำหนดปริมาณแคดเมียมที่ยอมให้มีปนเปื้อนในอาหารประเภทต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 1-2

นอกจากนี้ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) ได้กำหนดปริมาณแคดเมียมที่ผู้บริโภครับได้ต่อสัปดาห์ (Provisional Tolerance Weekly Intake หรือ PTWI) ไว้ไม่เกิน 7 มก./กก.น้ำหนักตัว สำหรับน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม (JECFA, 2005)

ตารางที่ 1-1 ปริมาณแคดเมียมที่สะสมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากพื้นที่ต่างๆ

พื้นที่ศึกษา	ชนิด	แคดเมียม		อ้างอิง
		(มก./กก. นน.แห้ง)	(มก./กก. นน.เปียก)	
เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	Bigeye scad	0.127	-	Agusa <i>et al.</i> (2007)
	Malabar blood Snapper	0.011	-	
	Bluespot mullet	0.003	-	
	Torpedo scad	0.166	-	
	Indean mackerel	0.093	-	
	Yellowfin seabream	0.059	-	
	Frigate tuna	0.004	-	
	Japanese fin bream	0.003	-	
	Croaker	0.002	-	
	Red bigeye	0.003	-	
น่านน้ำอังกฤษ	<i>Loligo forbesi</i>	0.094 ± 0.146	0.022 ± 0.033	Piercea <i>et al.</i> (2008)
	<i>Alloteuthis sp.</i>	0.798 ± 0.204	0.159 ± 0.033	
	<i>Todaropsis eblanae</i>	1.557 ± 2.149	0.257 ± 0.031	
	<i>Todarodes sagittatus</i>	0.305 ± 0.292	0.069 ± 0.065	
นิวเจอร์ซีย์ (อเมริกา)	Croaker	-	0.001 ± 0.004	Burger and Gochfeld (2005)
	Common sole	-	0.028 ± 0.005	
	Bluefish	-	0.006 ± 0.002	
	Yellowfin tuna	-	0.030 ± 0.047	
	Yellowfin tuna	-	0.030 ± 0.005	
Adriatic Sea (อิตาลี)	Horse mackerel	-	0.02 ± 0.001	Storelli (2008)
	Sea bream	-	0.02 ± 0.001	
มหาสมุทรอินเดีย ฝั่งตะวันตก	Swordfish	1.04 ± 1.09	-	Kojadinovic <i>et al.</i> (2007)
	Yellowfin Tuna	0.25 ± 0.21	-	
	Skipjack Tuna	0.61 ± 0.37	-	
ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน	Swordfish	-	0.01 ± 2.00	Storelli <i>et al.</i> (2005)
อาหารทะเลแช่แข็ง	หมึกกล้วย	-	0.42 ± 0.45	พิพัฒน์ นพคุณ และคณะ (2007)
	หมึกกระดอง	-	0.58 ± 0.76	
	หมึกสาย	-	0.33 ± 0.58	

ตารางที่ 1-2 ปริมาณแคดเมียมที่ยอมให้มีปนเปื้อนในอาหารสูงสุดที่กำหนดโดยแต่ละองค์กร

ประเภทผลิตภัณฑ์	Maximum levels (มก./กก. นน. เปียก)	องค์กร/ประเทศ	อ้างอิง
เนื้อปลาทั่วไป	0.05	กลุ่มสหภาพยุโรป	EU (2006)
เนื้อปลากลุ่ม			
ปลาไหล (<i>Anguilla anguilla</i>)	0.1		
ปลาแมคคาเรล (<i>Trachurus sp.</i>)	0.1		
ปลาซาร์ดีน (<i>Sardina pilchardus, Sardinops sp.</i>)	0.1		
ปลาทูนน่า (<i>Thunnus sp., Euthymus sp., Katsuwonus pelamis</i>)	0.1		
ปลาตาเดียว (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0.1		
<i>Engraulis species (Sarda sarda, Diplodus vulgaris)</i>	0.1		
<i>Mugil labrosus labrosus</i>	0.1		
<i>Luvarus imperialis</i>	0.1		
เนื้อปลากระโทงแทงดาบ (<i>Xiphias gladius</i>)	0.3		
สัตว์ทะเลประเภทกุ้ง ปู	0.5		
สัตว์จำพวกหอย	1.0		
หมึกทุกชนิด ยกเว้นเครื่องใน	1.0		
กุ้งก้ามกราม	1.0	แคนาดา	JECFA (2005)
อาหารทุกชนิด	1.0	ไทย	กระทรวง
หมึก	1.0		สาธารณสุข (2548)

1.7 การเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์

คนทั่วไปได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางอากาศและอาหาร ส่วนคนที่สูบบุหรี่มีความเสี่ยงที่จะได้รับแคดเมียมเข้าสู่และสะสมในร่างกายปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในใบยาสูบมีแคดเมียมที่ปนเปื้อนจากดิน อีกทั้งการทดลองในคนและสัตว์บ่งชี้ว่า ปอดมีความสามารถในการดูดซึมแคดเมียมได้สูงกว่าระบบย่อยอาหาร นั่นคือ ปอดสามารถดูดซึมแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากอากาศที่สูดหายใจเข้าไปได้ร้อยละ 50 ส่วนระบบย่อยอาหารสามารถดูดซึมแคดเมียมที่ปนเปื้อนในอาหารที่บริโภคเข้าไปได้ร้อยละ 5 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (IPCS, 1992)

จากการทดลองในสัตว์ทดลอง พบว่าแคดเมียมที่ได้รับจากการบริโภคอาหารอยู่ในรูปแบบโครงสร้างทางเคมีที่พร้อมใช้ทางชีวภาพ (bioavailability) เฉลี่ยอยู่ที่ 0.5 - 3.0 % ซึ่งการดูดซึมและการสะสมแคดเมียมในร่างกายขึ้นอยู่กับ เพศ วัย และภาวะโภชนาการของผู้บริโภค ถ้าร่างกายขาดโปรตีน และแร่ธาตุ เช่น สังกะสี แคลเซียม ทองแดง และเหล็ก จะทำให้การดูดซึมและสะสมแคดเมียมในร่างกายได้ดีขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าผู้บริโภคมีภาวะทางโภชนาการที่ดีจะช่วยลดการดูดซึมและการสะสมแคดเมียมในร่างกายได้ (WHO, 2004)

จากการศึกษาด้านเภสัชวิทยา เกี่ยวกับการสะสมของแคดเมียมในร่างกายของสิ่งมีชีวิต โดยทำการศึกษาในสัตว์ทดลอง คือ สัตว์ที่ใช้ฟันแทะ (rodents) พบว่าสัตว์จะรับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากการกินอาหารเป็นหลัก หลังจากที่แคดเมียมเข้าสู่และสะสมในร่างกายแล้ว ส่วนใหญ่จะแพร่กระจายไปยังตับ หลังจากนั้นจึงแพร่กระจายต่อไปที่ไตโดยจับตัวกับโปรตีนในรูปของ cadmium - metallothionein และ cadmium - albumin (WHO, 2004) ในเนื้อและกระดูกจะพบแคดเมียมสะสมอยู่น้อย (Klasing, 2005)

การแพร่กระจายของแคดเมียมจากการดูดซึมที่บริเวณลำไส้เล็กในส่วน of duodenum และ jejunum มีอัตราการดูดซึมประมาณ 3.0 - 8.0% (Järup *et al.*, 2000) โดยมีกลไกสำคัญ คือ การลำเลียงผ่านทาง calcium ion channels หรือผ่านทาง endocytosis ซึ่งเป็นการรับแคดเมียมจากภายนอกเซลล์ให้เคลื่อนย้ายเข้ามาในเซลล์ หรือจากการลำเลียงกรดอะมิโน โดยแคดเมียมไปจับกับโปรตีน cysteine ถ้ารับแคดเมียมปริมาณน้อยสิ่งมีชีวิตจะผลิต metallothionein และ cysteine-rich protein มากำจัดโลหะหนัก เช่น Cd^{2+} , Pb^{2+} เพื่อลดความเป็นพิษต่อเซลล์ โดยกระตุ้นการสร้าง metallothionein ในเยื่อเมือกของลำไส้เล็กเพื่อมาจับกับแคดเมียม (Zalups and Ahmad, 2003) หากมีการสร้าง metallothionein ในตับจะป้องกันการเกิดพิษต่อตับได้ (Kuester *et al.*, 2002) แต่ในทางตรงกันข้ามการสร้างสาร metallothionein ขึ้นมามากเกินไป ก็จะส่งผลต่อพยาธิสภาพของตับจะทำให้เซลล์ตับตายและถูกทำลาย (Friedman and Gesek, 1994; Habeebu *et al.*, 1998) ส่วน metallothionein ที่ถูกสร้างขึ้นในไตจะเป็นพิษต่อไต (nephrotoxic) โดยจะพบโปรตีนถูกขับออกมากับปัสสาวะผ่านทางท่อไต (Bernard *et al.*, 1992; Novelli *et al.*, 1999) และอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ (Klaassen and Liu, 1997)

ในอั้นหะแคดเมียมจะเข้าไปแทนที่สังกะสีที่จับอยู่กับโปรตีน (zinc-proteins) ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นตาย (necrosis) (Shen and Sangiah, 1995; Xu *et al.*, 1999; Zhifeng *et al.*, 2007) นอกจากนี้แคดเมียมยังทำให้ระบบต่างๆ ของร่างกายทำงานผิดปกติ เช่น ระบบสืบพันธุ์ (Shen and Sangiah, 1995) สมองและระบบประสาทส่วนกลาง (Provias *et al.*, 1994) ม้ามและ

ไขกระดูกถูกทำลาย โดยแคดเมียมไปรบกวนการสร้างโปรตีนคอลลาเจนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อยึดข้อต่อกระดูกส่งผลให้เกิดเป็นโรคกระดูกมากขึ้น (Kjellstrom, 1992; Yamano *et al.*, 1998; Katzantzis, 2004) การยับยั้งการถูกทำลายของเซลล์จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกาย (Sauer *et al.*, 1997)

1.8 ความเป็นพิษของแคดเมียม

1.8.1 ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อนหรือบรรจุในภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏคือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลายฟุ้งปาก ในรายที่เป็นมากอาจหมดสติเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ส่วนความเป็นพิษต่อระบบหายใจโดยการสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลม ปอด จมูก ลำคอ ทำให้เกิดอาการไอ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก (เขมชาติ ษนาภิชาตญเจริญ และคณะ, 2551) แคดเมียมจะเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้น เมื่ออยู่ในรูปสารประกอบร่วมกับสังกะสี ตะกั่ว และโลหะตัวอื่นๆ (Wentink *et al.*, 1992)

1.8.2 ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง

โรคที่เกิดจากแคดเมียมครั้งแรกพบหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เมื่อปี ค.ศ. 1946 (พ.ศ. 2489) ในประเทศญี่ปุ่น โดยพบผู้ป่วยแสดงอาการปวดกระดูกและกระดูกแตกหักง่าย ขณะเดินจะรู้สึกเจ็บ จึงเรียกโรคนี้ว่า “itai-itai” เป็นภาษาญี่ปุ่นที่แปลว่า “เจ็บ-เจ็บ” และพบว่าเป็นอันตรายต่อปอดของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Nordberg, 2004) เมื่อปี ค.ศ. 1993 (พ.ศ. 2536) International Agency for Research on Cancer (IARC) ได้จัดให้แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียมเป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์และสัตว์ กลุ่มที่ 1 (WHO, 2000) นอกจากนี้ยังมีโรคเรื้อรังอื่นที่เกิดจากการได้รับแคดเมียมเป็นเวลาดิติดต่อกันเป็นเวลานาน ได้แก่ ความเป็นพิษต่อไต คือ ไตขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ รวมทั้งสารอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน และกลูโคส ความเป็นพิษต่อระบบเลือดเข้าสู่หัวใจและระบบการสร้างเม็ดโลหิต จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง เป็นสาเหตุให้เกิดโรคหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ กลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียมจะพบอาการของโรคโลหิตจางด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นพิษต่อดับ จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าแคดเมียมในปริมาณน้อย มีผลทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ในตับเปลี่ยนแปลงไป (เขมชาติ ษนาภิชาตญเจริญ และคณะ, 2551)

1.8.3 การกำจัดแคดเมียมออกจากร่างกาย (Excretion)

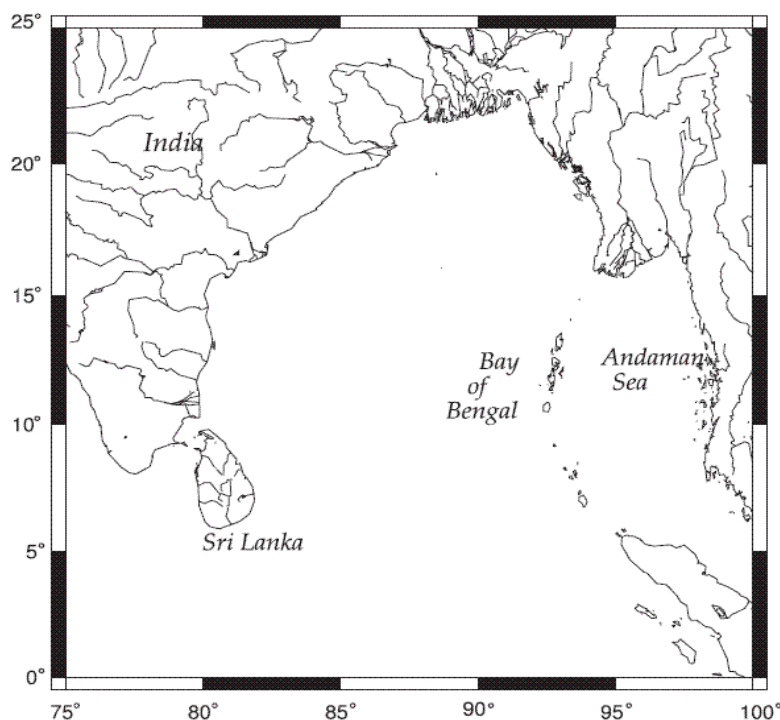
ในแต่ละวันร่างกายสามารถกำจัดแคดเมียมออกไปประมาณ 0.005 – 0.01% ผ่านทางปัสสาวะในรูปของแคดเมียมที่จับกับ metallothionein (metallothionein-cadmium) ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมาก อีกทั้งครึ่งชีวิต (half life) ของแคดเมียมในสิ่งมีชีวิตยาวนานถึง 20 – 40 ปี ส่งผลให้แคดเมียมสะสมอยู่ในร่างกายได้นานหรืออาจจะตลอดทั้งชีวิตของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ (WHO, 2000)

1.9 พื้นที่ในการศึกษา

1.9.1 อ่าวเบงกอล

1.9.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

อ่าวเบงกอล (Bay of Bengal) ตั้งอยู่ในมหาสมุทรอินเดีย มีความยาวประมาณ 2,090 กิโลเมตร กว้าง 1,600 กิโลเมตร ลึกเฉลี่ยประมาณ 2,600 เมตร พื้นที่อ่าวทั้งหมดประมาณ 2.172 ล้านตารางกิโลเมตร ด้านตะวันตกของอ่าวติดต่อกับประเทศอินเดียและศรีลังกา ทิศเหนือติดต่อกับประเทศบังกลาเทศ และทิศตะวันออกมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศไทยและพม่า ดังรูปที่ 1-5 (Islam, 2003)



รูปที่ 1-5 แผนที่แสดงที่ตั้งของอ่าวเบงกอล (Vinayachandran and Kurian, 2007)

1.9.1.2 ทรัพยากรสัตว์ทะเล

อ่าวเบงกอลเป็นแหล่งทรัพยากรสัตว์ทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์แห่งหนึ่ง มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีการบันทึกไว้ว่ามีแพลงก์ต่อนกว่า 165 ชนิด (species) มีปลา 475 ชนิด (species) 133 วงศ์ (family) ส่วนหอยและหมึกมีความหลากหลายมาก โดยพบหมึกกล้วย 7 ชนิด และ หมึกหอม 2 ชนิด (Hussain, 1994) ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้ได้รับประโยชน์จากทรัพยากรเหล่านี้อย่างมากมาย

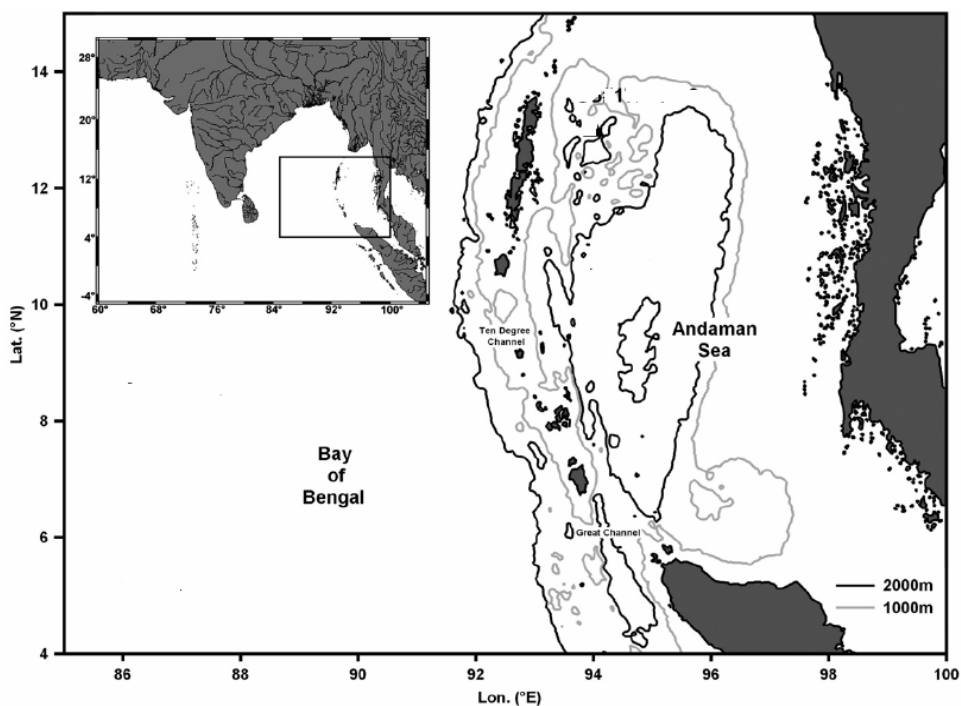
ประเทศในภูมิภาคอ่าวเบงกอล 7 ประเทศ ได้แก่ บังกลาเทศ ภูฏาน อินเดีย พม่า เนปาล ศรีลังกา และไทย เป็นประเทศที่มีภูมิประเทศติดกับอ่าวเบงกอลหรือฟิซิงอ่าวเบงกอลเป็นหลัก ได้วางกรอบความร่วมมือระหว่างประเทศในกลุ่ม เรียกว่าความริเริ่มแห่งอ่าวเบงกอลสำหรับความร่วมมือหลากหลายสาขาทางวิชาการและเศรษฐกิจ (Bay of Bengal Initiative for Multi-Sectoral Technical and Economic Cooperation) หรือ “BIMSTEC” เริ่มก่อตั้งขึ้นครั้งแรกโดยสมาชิก 4 ประเทศภายใต้การริเริ่มและผลักดันของไทย เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2540 ใช้ชื่อว่า BISTEC (Bangladesh-India-Sri Lanka-Thailand Economic Cooperation) เมื่อพม่าเข้าร่วมเป็นสมาชิกในวันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2540 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น BIMSTEC (Bangladesh – India – Myanmar – Sri Lanka – Thailand Economic Cooperation) ต่อมาในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2546 เนปาลและภูฏานได้เข้าร่วมประชุมในฐานะสมาชิกใหม่

ก่อนปี พ.ศ. 2548 BIMSTEC มีความร่วมมือในสาขาหลักอยู่ 6 สาขา ได้แก่ การค้า และการลงทุน การคมนาคมและการสื่อสาร พลังงาน การท่องเที่ยว เทคโนโลยี และการประมง หลังการประชุมรัฐมนตรี ครั้งที่ 8 ณ กรุงธากา ระหว่างวันที่ 18-19 ธันวาคม พ.ศ. 2548 ได้เพิ่มสาขาความร่วมมือหลักใน BIMSTEC ขึ้นเป็น 13 สาขา โดยสาขาใหม่ 7 สาขา เป็นสิ่งที่มีการหารือในการประชุมระดับผู้นำ BIMSTEC ครั้งแรก และได้มีกิจกรรมต่างๆ ต่อเนื่องมาหลังจากนั้น ได้แก่ การเกษตร สาธารณสุข การลดความยากจน การต่อต้านการก่อการร้ายและอาชญากรรมข้ามชาติ การจัดการสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติ วัฒนธรรม และปฏิสัมพันธ์ในระดับประชาชน ในส่วนของการประมงและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงในอ่าวเบงกอล มีประเทศไทยถือเป็นผู้นำในด้านนี้ (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2550)

1.9.2 ทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

1.9.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

ทะเลอันดามัน (Andaman Sea) เป็นทะเลค่อนข้างปิด (semi-enclosed sea) ตั้งอยู่บริเวณตะวันออกเฉียงของอ่าวเบงกอล ตอนเหนือมีอาณาเขตติดต่อกับพม่า ตอนใต้ติดกับไทยและมาเลเซีย และมีหมู่เกาะนิโคบาร์ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก โดยหมู่เกาะนิโคบาร์ (Nicobar Islands) และหมู่เกาะอันดามัน (Andaman Islands) จะเป็นแนวอาณาเขตที่กั้นระหว่างทะเลอันดามัน กับอ่าวเบงกอล (Bay of Bengal) โดยมีช่องแคบ Preparis North Channel, Ten Degree Channel และ Great Passage เชื่อมต่อระหว่างทะเลอันดามันกับอ่าวเบงกอล (รูปที่ 1-6) ทะเลอันดามันมีพื้นที่ประมาณ 6,105 ตารางกิโลเมตร ความลึกเฉลี่ย 1,100 เมตร บริเวณที่ลึกที่สุด มีความลึก 4,419 เมตร แม่น้ำใหญ่ๆ ที่ไหลลงสู่ทะเลอันดามัน ได้แก่ แม่น้ำอิรวดี (Irrawaddy) และแม่น้ำสาละวิน (Salween) (Kamesh Raju *et al.*, 2004)



รูปที่ 1-6 แผนที่แสดงที่ตั้งทะเลอันดามัน (Dutta *et al.*, 2007)

ทะเลอันดามันเกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (tectonic basin) ต่อเนื่องจาก ดินดอนสามเหลี่ยมของแม่น้ำอิรวดีในประเทศพม่า แผ่กว้างออกไปประมาณ 1,200 กิโลเมตร ลงไปทางใต้จนถึงทางตอนเหนือของเกาะสุมาตราและช่องแคบมะละกา ความกว้างของท้องทะเล จากฝั่งตะวันตกของแหลมไทยไปจนถึงหมู่เกาะอันดามันและหมู่เกาะนิโคบาร์ ประมาณ 650 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญในทะเลอันดามัน คือ ลาดทวีป (continental slope) ที่อยู่นอก ชายฝั่งแหลมไทย - มาเลเซีย ลาดทวีปนี้เอียงลาดไปทางทิศตะวันตกจนกระทั่งไปต่อกับตะพักลุ่มน้ำ ที่ระดับความลึกประมาณ 2,435 เมตร ตะพักลุ่มน้ำนี้เอียงลาดไปทางทิศตะวันตกเช่นเดียวกัน โดย ที่ความลาดเอียงจะค่อยๆ ลดลงไปจนกระทั่งถึงระดับความลึกประมาณ 2,670 เมตร ต่อจากนั้นจึง เป็นแอ่งที่ชันในระดับความลึกประมาณ 3,035 เมตร ซึ่งเป็นท้องแอ่งของทะเลอันดามันกลาง (Central Andaman Trough) (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

1.9.2.2 ทรัพยากรสัตว์ทะเล

ปริมาณทรัพยากรสัตว์ทะเลที่ประเทศไทยได้จากการทำประมงในทะเลอันดามัน และอ่าวเบงกอล ในปี พ.ศ. 2547 สูงถึง 829,891 ตัน/ปี มีมูลค่าถึง 1,068 ล้านบาท ปัจจุบัน สถานการณ์การค้าผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสด แช่เย็น แช่แข็ง และแปรรูปของไทย มีศักยภาพการผลิต และส่งออกสูงติดอันดับ 1 ใน 10 ของโลก ประมาณ 1,958,749.27 ตัน/ปี มีมูลค่า 214,373.05 ล้านบาท คิดเป็น 13.48% ของ GDP ภาคการเกษตร นอกจากผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศแล้ว ยัง ส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ได้แก่ อเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น และสหภาพยุโรป (กลุ่มวิจัยและ วิเคราะห์สถิติการประมง, 2550) ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (2550) รายงานการทำ การประมงร่วมไทย-พม่า ภายใต้สิทธิทำการประมงของบริษัทสยาม-โจนาธาน โดยรวบรวมข้อมูล ในทะเลอันดามันส่วนที่เป็นน่านน้ำพม่า พบว่าบริษัทนี้มีเรือประมง อวนลาก 94 ลำ อวนดำ 13 ลำ และอวนล้อมจับปลาโอ 4 ลำ โดยเรืออวนลาก เรืออวนดำ และเรืออวนล้อม มีอัตราการจับเฉลี่ย 85.0, 63.3 และ 45.7 ตันต่อเที่ยวการจับ ตามลำดับ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ก) อวนลาก

จากการสำรวจเรืออวนลากที่ทำประมงบริเวณ Latitude 13 °– 14°N Longitude 96°– 97°E จำนวน 7 เที่ยวเรือ ออกทำการประมง 24 วัน/เที่ยว มีอัตราการจับเฉลี่ย 85,000 กก./เที่ยว ประกอบด้วย ปลาดี (ส่วนใหญ่เป็น คาบเงิน ปากคม และทรายแดง) 54.27%, หมึก (หมึกกล้วย หมึกสาย หมึกหอม และหมึกกระดอง) 3.99%, ปู (ปูม้าแดง ปูลาย ปูดาว และปูหิน) 1.15%, กุ้ง (กุ้ง ตัดหัว กุ้งม้าลาย และกุ้งมังกร) 0.25%, ปลาเปิดเศรษฐกิจ (ลิ้นหมา ลัง ช้างเหยียบ ทรายแดง และ ปากคม) 12.82% และปลาเปิดแท้ (สลิททะเล บู่ นกชุก กระเบนไฟฟ้า และสิงโต) 27.52% (รูปที่ 1-7ก)

ข) อวนดำ

จากการเก็บตัวอย่างจากเรืออวนดำที่ทำการประมงบริเวณ Latitude $11^{\circ} - 14^{\circ} N$ Longitude $96^{\circ} - 98^{\circ} E$ จำนวน 3 เที้ยวเรือ มีวันออกทำการประมง 5 วัน/เที้ยว จำนวนครั้งที่ลงอวน 4 ครั้ง พบว่า มีอัตราการจับเฉลี่ย 63,333 กิโลกรัม/เที้ยว ประกอบด้วย ปลาหูแขกครีบสั้น 68.42% และปลาหูแขกหางแดง 31.58% (รูปที่ 1-7ข)

ค) อวนล้อม

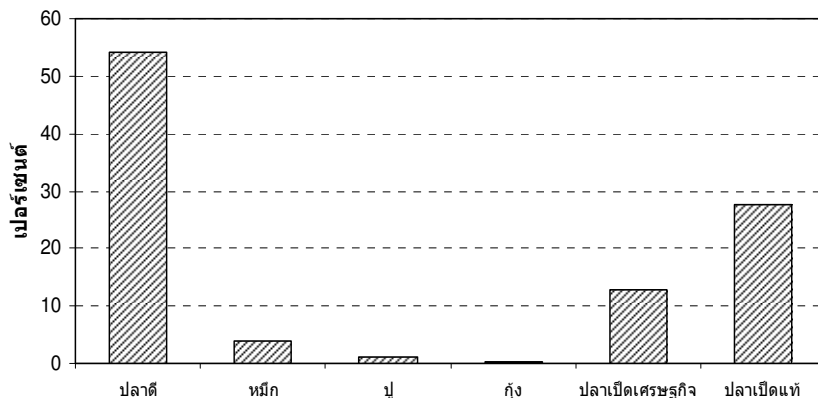
จากการเก็บตัวอย่างจากเรืออวนล้อมจับปลาโอที่ทำการประมงบริเวณ Latitude $13^{\circ} - 15^{\circ} N$ Longitude $96^{\circ} - 97^{\circ} E$ จำนวน 3 เที้ยวเรือ มีวันออกทำการประมง 19 วัน/เที้ยว จำนวนครั้งที่ลงอวน 9 ครั้ง พบว่า มีอัตราการจับเฉลี่ย 45,733 กิโลกรัม/เที้ยว ประกอบด้วย ปลากระดาด 54.67%, ปลาตะลุมพุก 16.76%, ปลาหางแข็ง 14.58%, ปลาแดงหางม่วง 1.82%, ปลาสิ่กุน 1.09%, ปลาโอดำ 5.83%, ปลาโอแถบ 3.64%, ปลาโกลาย 0.88% และปลาสิ่เสียด 0.73% (รูปที่ 1-7ค)

1.10 ความเสี่ยง

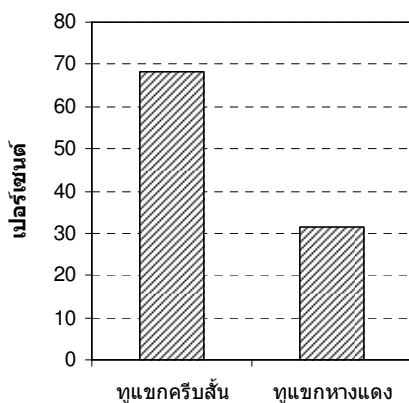
“ความเสี่ยง” คือ ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 2 อย่าง ผลลัพธ์ที่ว่านี้เราไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ (พงศเทพ วิวรรณะเดช, 2547)

“การประเมินความเสี่ยง” คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำหรือเหตุการณ์ใดๆ อาจกล่าวได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (quantitative study) เพราะเป็นการศึกษาในลักษณะที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขได้ (พงศเทพ วิวรรณะเดช, 2547)

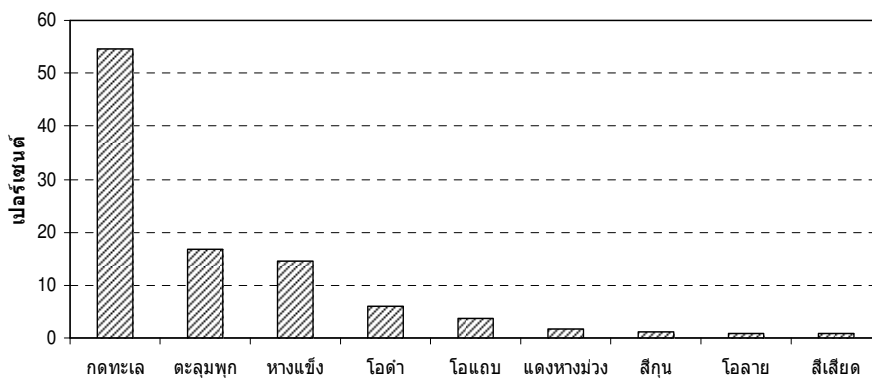
ในทางวิชาการโดยทั่วไปแบ่งประเมินความเสี่ยงออกเป็น 2 สาขาวิชา คือ การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ (Environmental or Ecological Risk Assessment) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment) โดยการประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบนิเวศวิทยา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก ขณะที่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ซึ่งทำได้ง่ายกว่า



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 1-7 สัดส่วนเฉลี่ยของชนิดปลาในแต่ละเที่ยวการทำประมง โดย (ก) อวนลาก (ข) อวนดำ และ (ค) อวนล้อม ที่เข้าร่วมสัมปทานในเขตประเทศพม่าภายใต้สิทธิทำการประมงของบริษัทสยามโจนาธาน ปี พ.ศ. 2550

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ Codex Committee on Food Additive and Contaminants (CCFAC) ภายใต้องค์การอนามัยโลก/องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (World Health Organization/Food and Agriculture Organization of United Nations หรือ WHO/ FAO) ที่มีหน้าที่ในการกำหนดมาตรฐานอาหารและส่วนผสมในอาหารระหว่างประเทศ ได้เลือกมาเป็นวิธิต่างที่ใช้ในการลดความเสี่ยงจากอันตรายทั้ง 3 ด้าน คือ อันตรายด้านกายภาพ ด้านเคมี และด้านชีวภาพที่พบอยู่ในอาหาร โดยเฉพาะความเสี่ยงที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและสารพิษ อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่นำมาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ประกอบการตัดสินใจเกิดข้อพิพาททางการค้าสินค้าอาหารที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของอาหารในระดับนานาชาติ

1.10.1 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

“การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ” หมายถึง การประเมินความเสี่ยงที่ศึกษาถึงผลกระทบที่มาจากสิ่งแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งลักษณะการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม (พงศเทพ วิวรรณเดชะ, 2547) คือ

ก) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ มุ่งเน้นการศึกษาที่อาศัยหลักทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองซ้ำได้ โดยเป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลนำเข้า สำหรับการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ

ข) การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment)

การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นจะอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา โดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (focus group interview) ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) เป็นต้น วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล เพื่อเสนอผลให้เห็นในหลายแง่มุม

โดยส่วนใหญ่ การศึกษาทั้ง 2 วิธี จะต้องทำควบคู่กันไป เพราะหลายครั้งที่ทั้ง 2 วิธี ต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 วิธีร่วมกันจะช่วยลดจุดด้อยที่มีในแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

1.10.2 องค์ประกอบของการประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงตามหลักการที่กำหนดโดยโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO หรือ Codex (CAC, 2005) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่

ก) การระบุอันตราย (hazard identification)

การระบุอันตราย หมายถึง การระบุอันตรายของวัสดุกายภาพ สารเคมี หรือสิ่งมีชีวิตในอาหาร หรือสถานะของอาหารที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งอาจปรากฏอยู่ในอาหารบางชนิดหรืออาหารบางกลุ่ม โดยต้องอาศัยข้อมูล 2 ชนิด คือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโรคที่เกิดจากสารที่คุกคามนั้นๆ และสภาพการณ์ของการรับเอาสารคุกคามเข้าสู่ร่างกายและก่อให้เกิดโรค ซึ่งในการระบุว่าสารคุกคามใดมีผลต่อสุขภาพต้องอาศัยข้อมูลจากการศึกษาในสัตว์ทดลอง และข้อมูลทางวิทยาการระบาด

ข) การอธิบายลักษณะเฉพาะของอันตราย (hazard characterization)

การอธิบายลักษณะเฉพาะของอันตราย หมายถึง การประเมินลักษณะของผลเสียต่อสุขภาพ ในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ หรือทั้งสองอย่าง เนื่องจากอันตรายประเภทต่างๆ ที่อาจพบในอาหาร ควรให้มีการประเมินการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับ (dose-response assessment) ของอันตรายจากสารเคมี ส่วนอันตรายจากวัสดุกายภาพ และสิ่งมีชีวิต ควรประเมินการตอบสนองต่อปริมาณการได้รับเมื่อมีข้อมูลเพียงพอ

ค) การประเมินการได้รับสัมผัส (exposure assessment)

การประเมินการได้รับสัมผัส หมายถึง การประเมินในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณของอันตราย ที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากอาหาร รวมทั้งการได้รับสัมผัสจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำ อากาศ และดิน ในการประเมินการสัมผัสเป็นวิธีการประมาณหรือวัดปริมาณของสิ่งคุกคามที่แต่ละบุคคล ประชากร หรือระบบนิเวศได้รับ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการประเมินการสัมผัส คือ ค้นหาสารหรือสิ่งคุกคามที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือที่สิ่งแวดล้อมได้รับ ปริมาณที่ได้รับ เส้นทางการได้รับ ระยะเวลาการได้รับภายใต้สภาพการณ์ใดๆ

ง) การอธิบายลักษณะเฉพาะของความเสี่ยง (risk characterization)

การอธิบายลักษณะเฉพาะของความเสี่ยง หมายถึง การคาดคะเนโอกาสเกิดและความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดต่อสุขภาพในประชากรกลุ่มใดๆ ทั้งในเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ รวมทั้งความไม่แน่นอนอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งได้จากการระบุอันตราย การแสดงลักษณะของอันตราย และการประเมินการได้รับสัมผัส (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548)

1.11 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า เพื่อประเมินความเสี่ยงและปริมาณที่ปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้บริโภค และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของแคดเมียมในทรัพยากรประมงที่เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออกที่สำคัญของไทย

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาระดับการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจทรัพยากรประมงที่ได้จากน่านน้ำพม่าในทะเลอันดามัน ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2550 และตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจทรัพยากรประมงที่ได้ใน 3 พื้นที่ของอ่าวเบงกอล ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2550

2.1 พื้นที่การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างสัตว์ทะเลในงานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากทีมสำรวจทรัพยากรจาก SEAFDEC (Southeast Asian Fisheries Development Center) และกรมประมง โดยเก็บตัวอย่างใน

- 1) น่านน้ำพม่า (ทะเลอันดามัน) สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการ “The National Research Survey in the EEZ of Myanmar Waters” โดย M/V SEAFDEC 2 Cruise No. 23-1/2007
- 2) จากอ่าวเบงกอล สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการ “The Joint Survey of BIMSTEC Member Countries on Assessment and Management of Marine Resources in the Bay of Bengal” โดย M/V SEAFDEC 1

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

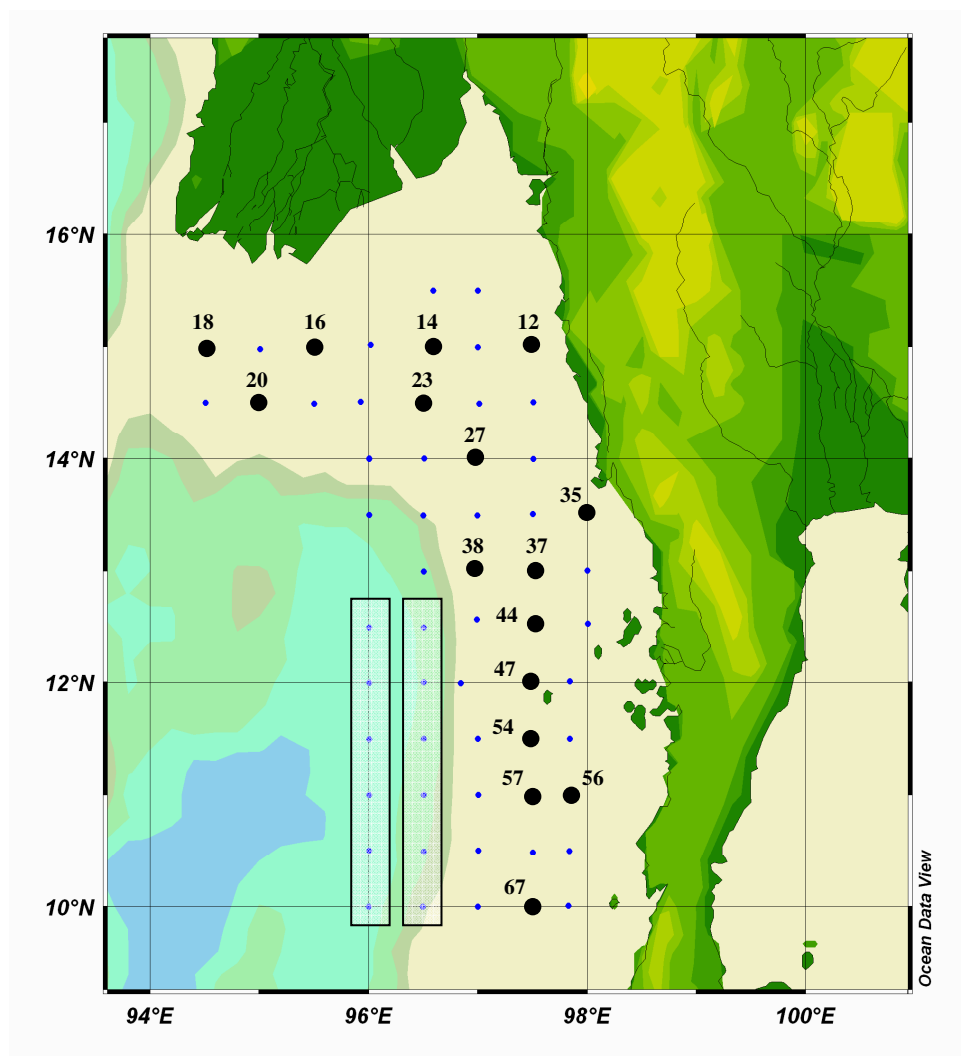
2.2.1 ทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ตัวอย่างสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน สุ่มจากทรัพยากรสัตว์น้ำที่ได้จากการสำรวจโดยใช้เครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ อวนลากหน้าดิน (bottom trawl) และเบ็ดร่อนน้ำลึก (pelagic longline) โดยดำเนินการ ดังนี้

- 1) พื้นที่ระดับความลึก 30 ถึง 100 เมตร เก็บตัวอย่างโดย “อวนลากหน้าดิน” ทางตอนเหนือของอ่าวมาร์ทาบัน (Gulf of Martaban) และตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันในแถบทานินตันยี (Tanintanyi Region) รวมทั้งสิ้น 16 สถานี

- 2) พื้นที่ระดับความลึก 700 ถึง 2700 เมตร เก็บตัวอย่างโดย “เบ็ดรavnน้ำลึก” โดยวางเบ็ดรavn 2 แนว คือ แนวเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ซึ่งความลึกของทะเลอยู่ที่ 400 ถึง 1,500 เมตร และแนวเหนือบริเวณที่เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ซึ่งความลึกของทะเลอยู่ระหว่าง 2,000 ถึง 2,700 เมตร

ตำแหน่งสถานีอวนลากหน้าดินและแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก แสดงในรูปที่ 2-1 และรายละเอียดสถานีสำรวจแสดงในตารางที่ 2-1



รูปที่ 2-1 สถานีเก็บตัวอย่างโดยอวนลากหน้าดิน (●) และแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก 2 แนว แนวซ้าย: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ความลึก 400 – 1,500 เมตร และแนวขวา: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ความลึก 2,000 – 2,700 เมตร ในทะเลอันดามันน่านน้ำพม่า

ตารางที่ 2-1 ตำแหน่งสถานีสำรวจ วัน และเวลาที่ทำการสุ่มจับสัตว์ทะเลในทะเลอันดามัน โดยใช้อวนลากหน้าดิน

สถานี	วันที่	เครื่องมือ	เวลา (น.)		แสดติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ความลึกทะเล (ม.)
			เริ่ม	สิ้นสุด			
12	15/02/2007	BT	13.42	14.37	15°00.0'	97°30.2'	34
14	16/02/2007	BT	05.44	06.40	14°59.9'	96°36.3'	35
16	17/02/2007	BT	05.41	06.57	14°59.8'	95°30.2'	75
18	17/02/2007	BT	15.41	16.46	14°59.9'	94°30.2'	53
20	18/02/2007	BT	09.55	10.50	14°29.4'	94°59.5'	88
23	19/02/2007	BT	05.45	07.55	14°29.8'	96°30.3'	102
27	19/02/2007	BT	15.26	16.29	13°59.2'	96°59.6'	79
35	13/02/2007	BT	05.45	07.25	13°29.8'	98°00.0'	38
37	23/02/2007	BT	05.41	06.52	12°59.7'	97°31.1'	83
38	24/02/2007	BT	13.26	14.30	12°29.9'	97°00.0'	97
44	25/02/2007	BT	5.40	6.51	12°29.6'	97°30.2'	80
47	25/02/2007	BT	11.29	12.34	11°59.3'	97°29.5'	80
54	28/02/2007	BT	18.30	19.35	11°29.9'	97°30.5'	78
56	28/02/2007	BT	10.24	11.26	10°59.7'	97°50.1'	67
57	28/02/2007	BT	5.40	6.50	11°00.0'	97°30.3'	86.4
67	27/02/2007	BT	5.40	6.47	09°59.8'	97°30.3'	91.6

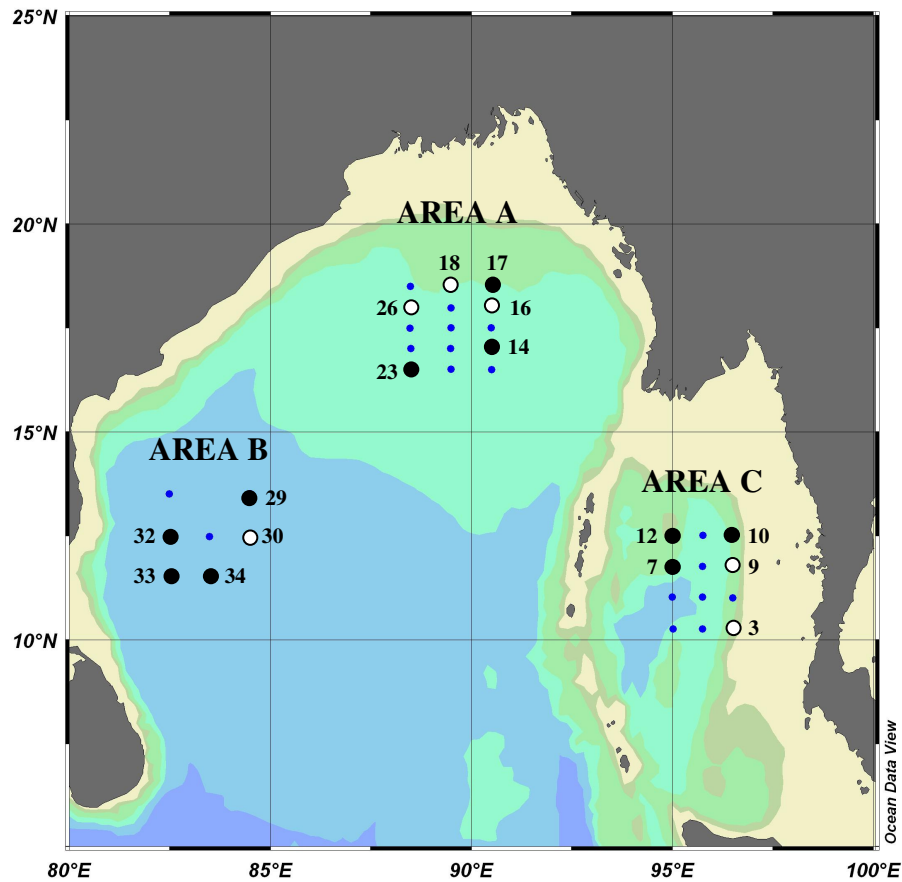
หมายเหตุ: BT = อวนลากหน้าดิน (bottom trawling)

2.2.2 อ่าวเบงกอล

ตัวอย่างสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน สุ่มจากทรัพยากรสัตว์น้ำที่ได้จากการสำรวจด้วยเครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ อวนลอย (drift gillnet) และเบ็ดรายน้ำลึก (pelagic longline) โดยมีพื้นที่เก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ A, พื้นที่ B และพื้นที่ C โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือประมง “เบ็ดรายน้ำลึก” 10 สถานี (สถานี 7, 10, 12, 14, 17, 23, 29, 32, 33 และ 34) และเครื่องมือประมง “อวนลอย” 6 สถานี (สถานี 3, 9, 16, 18, 26 และ 30) ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง แสดงในรูปที่ 2-2 และรายละเอียดสถานีสำรวจ แสดงในตารางที่ 2-2

2.3 การสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี

การจำแนกชนิดทางวิทยาศาสตร์ วัดขนาดความยาว และชั่งน้ำหนัก (สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กไม่ได้ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวในแต่ละตัว) ดำเนินการทันทีหลังจากที่ได้ตัวอย่างสัตว์ทะเลในแต่ละสถานี โดยทีมสำรวจทรัพยากรประมงของ SEAFDEC และกรมประมง



รูป 2-2 สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (●) และอวนลอย (○) ใน 3 พื้นที่ของอ่าวเบงกอล พื้นที่ A – บริเวณทะเลที่ระดับลึก 2,000 ถึง 2,600 เมตร ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศบังคลาเทศและอินเดีย และในน่านน้ำสากล; พื้นที่ B – ฟังตะวันตกของอ่าวเบงกอล ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศอินเดียและศรีลังกา และในน่านน้ำสากล; และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามันที่ระดับความลึก 1,128 ถึง 2,841 เมตร ครอบคลุมน่านน้ำอินเดีย พม่า และไทย

สุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อ โดยจะสุ่มทั้งตัวสำหรับสัตว์น้ำขนาดเล็ก และสุ่มเฉพาะเนื้อเยื่อส่วนที่บริโภคสำหรับสัตว์น้ำขนาดใหญ่ (รูปที่ 2-3) โดยบรรจุตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกสะอาดแยกตามชนิดและขนาด รัดปากถุงให้แน่น บันทึกชนิดสัตว์ทะเล เครื่องมือประมงที่ใช้ และวันที่เก็บ เก็บรักษาตัวอย่างด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการเคมี

ตารางที่ 2-2 ตำแหน่งสถานีสำรวจ วัน และเวลาที่ทำการสุ่มจับสัตว์ทะเลในอ่าวเบงกอลโดยใช้เครื่องมือต่างๆ

สถานี	วันที่	เครื่องมือ	เวลา (น.)		แลตติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ความลึกทะเล (ม.)
			เริ่ม	สิ้นสุด			
3	08/11/2007	DGN	7.20	10.30	10°15.6'	96°28.9'	538
7	11/11/2007	PLL	17.40	18.05	11°45.0'	95°00.0'	2,841
9	13/11/2007	DGN	09.00	11.20	11°45.1'	96°30.1'	883
10	13/11/2007	PLL	14.30	16.25	12°30.0'	96°30.0'	1,128
12	15/11/2007	PLL	08.35	10.30	12°29.8'	94°59.0'	1,418
14	17/11/2007	PLL	14.33	17.20	16°59.8'	90°30.1'	2,353
16	18/11/2007	DGN	16.35	18.45	18°00.1'	90°30.3'	2,136
17	19/11/2007	PLL	12.00	14.20	18°30.3'	90°30.8'	2,005
18	20/11/2007	DGN	14.54	16.38	18°30.0'	89°30.4'	2,012
23	23/11/2007	PLL	13.03	15.10	16°29.9'	88°30.2'	2,633
26	26/11/2007	DGN	12.30	13.20	18°00.3'	88°30.1'	2,114
29	27/11/2007	PLL	13.49	15.35	13°30.3'	84°30.2'	3,412
30	29/11/2007	DGN	14.00	15.46	12°30.0'	84°30.0'	3,329
32	01/12/2007	PLL	12.43	13.32	12°30.2'	82°29.9'	3,425
33	02/12/2007	PLL	15.24	15.52	11°30.0'	82°29.9'	3,528
34	03/12/2007	PLL	17.51	18.12	11°30.0'	83°29.8'	3,470

หมายเหตุ: DGN = อวนลอย (drift gillnet)
PLL = เบ็ดรายน้ำลึก (pelagic longline)



(ก) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดเล็ก สุ่มตัวอย่างทั้งตัว



(ข) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดใหญ่ (เช่น ทูน่า ปลากระโทงแทงดาบ ฉลาม เป็นต้น) สุ่มแล่มาเฉพาะเนื้อเยื่อ

รูปที่ 2-3 การสุ่มตัวอย่างสัตว์ทะเลที่นำมาวิเคราะห์หาแคดเมียมในเนื้อเยื่อ

2.4 วิธีเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

2.4.1 การทำความสะอาดอุปกรณ์และภาชนะ

อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และภาชนะทุกชิ้นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี เตรียมโดยทำความสะอาดด้วยดีเทอร์เจนต์ (detergent) และแช่ใน 10% HNO_3 ไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างจนหมดฤทธิ์กรดด้วยน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) 3 ครั้ง จนหมดฤทธิ์กรด ผึ่งให้แห้งในตู้ปลอดฝุ่น Class 100 เก็บใส่ถุงพลาสติกสะอาดและปิดผนึก จนกว่าจะใช้งาน

2.4.2 วิธีเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างแช่แข็งมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องในตู้ปราศจากฝุ่น Class 100 จนกว่าน้ำแข็งละลายจนหมด สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ได้ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของแต่ละตัวขณะสุ่มตัวอย่าง นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง วัดความยาวจากนั้นบันทึกภาพตัวอย่างสัตว์ทะเลก่อนทำการเตรียมตัวอย่างในขั้นต่อไป

การแล่และเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ ทำในตู้ปราศจากฝุ่น (Laminar flow cabinet) Class 100 และสวมถุงมือยางทุกครั้ง อุปกรณ์ที่ใช้แล่ปลาแต่ละตัวอย่าง ทำความสะอาดด้วยน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) ทุกครั้งและซับให้แห้ง ก่อนจะแล่ตัวอย่างต่อไป

การแล่และเตรียมตัวอย่างดำเนินการโดยปูแผ่นพลาสติกสะอาดในตู้ปลอดฝุ่น Class 100 ทำความสะอาดตัวอย่างด้วยน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) แล่เอาแต่เฉพาะเนื้อเยื่อด้วยมีดสแตนเลสสตีล (Sivaperumal *et al.*, 2007) บดสับเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจนเป็นเนื้อเดียวกัน (รูปที่ 2-4) ตัวอย่างที่เตรียมเสร็จแล้ว เก็บใส่ถุงซิปล็อคสะอาด เก็บรักษาด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะวิเคราะห์ทางเคมี

2.4.3 การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล

การย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี ใช้วิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน AOAC Official Methods 999.11 (AOAC, 2006) ของ Association of Official Agriculture Chemists โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 10 กรัม ด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง (analytical balance) ยี่ห้อ METTER TOLEDO รุ่น AB104-S ใส่ลงในเบ้ากระเบื้องเคลือบ (crucible) บันทึกน้ำหนักโดยละเอียด



(ก)



(ข)

รูปที่ 2-4 การแกะและเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อ เก็บใส่ถุงพลาสติก เพื่อเตรียมวิเคราะห์ทางเคมี ทุกขั้นตอนดำเนินการในตู้ปราศจากฝุ่น (Laminar flow cabinet) Class 100: รูป (ก) – การแกะและเตรียมตัวอย่าง และรูป (ข) – ตัวอย่างที่ชำแหละเสร็จแล้ว

นำตัวอย่างในเบ้ากระเบื้องเคลือบไปทำให้แห้งโดยตั้งบนเตาให้ความร้อน (hot plate) ที่อุณหภูมิ 100°C จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง นำตัวอย่างที่แห้งแล้ว ไปเผาในเตาเผาแบบตั้งโปรแกรม (programmable ash muffle furnace) ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น 10750126, USA โดยการเพิ่มอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นในอัตรา 50°C ต่อชั่วโมง จาก 100°C เป็น 450°C ใช้เวลาเผา 2 – 4 ชั่วโมง ตัวอย่างจะกลายเป็นเถ้าสีดำ (รูปที่ 2-5)



(ก)



(ข)

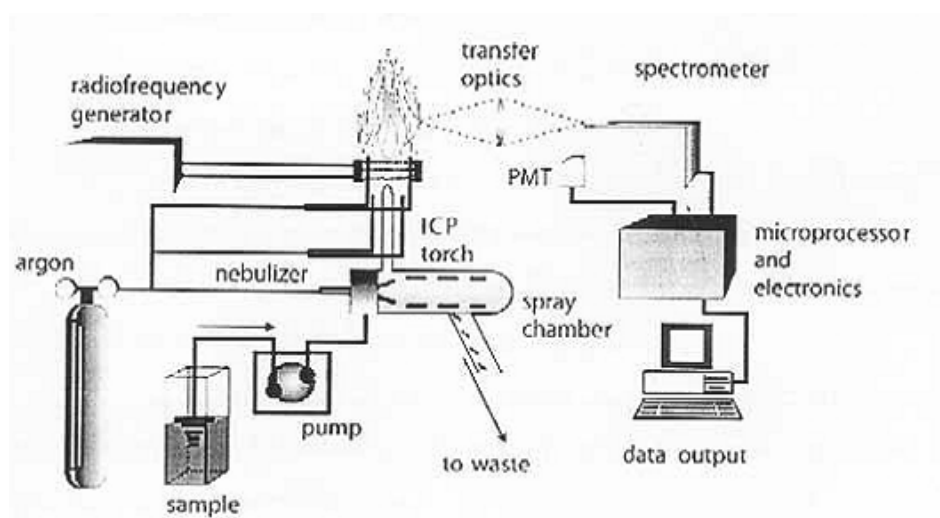
รูปที่ 2-5 การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อให้เป็นสารละลายเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี: รูป (ก) – ทำตัวอย่างให้แห้งตั้งบนเตาให้ความร้อน (hot plate) ที่อุณหภูมิ 100°C และรูป (ข) – การเผาตัวอย่างในเตาเผาแบบตั้งโปรแกรม (programmable ash muffle furnace) โดยเพิ่มอุณหภูมิเป็นลำดับขั้น จาก 100°C เป็น 450°C ด้วยอัตรา 50°C ต่อชั่วโมง

เมื่อตัวอย่างเย็นลง เติมน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) 1 – 3 มล. ตั้งบน hot plate เพื่อระเหยแห้ง นำตัวอย่างเข้าเตาเผาอีกครั้งหนึ่ง โดยตั้งโปรแกรมให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 100°C เพิ่มอุณหภูมิเป็นลำดับขั้นในอัตรา 50°C ต่อชั่วโมง จนถึง 450°C ใช้เวลาเผาทั้งสิ้นอีก 8 ชั่วโมง หากถ้ำยังเป็นสีดำ ให้ทำขั้นตอนนี้ซ้ำอีกจนกว่าถ้ำจะมีสีขาวหรือเทา

ละลายถ้ำที่ได้ในเบ้ากระเบื้องเคลือบด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 6 โมลาร์ ปริมาตร 5 มล. นำไประเหยแห้งบนเตาให้ความร้อนอีกครั้ง จนสารละลายงวดเกือบแห้ง จากนั้นละลายส่วนตกค้าง (residue) ที่อยู่ในเบ้ากระเบื้องเคลือบด้วยกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 20 มล. ปิดด้วยกระจกนาฬิกา ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง จนส่วนที่ตกค้างละลายหมด เติมน้ำกลั่นให้ได้เก็บในขวดพลาสติกที่ทำความสะอาดแล้วตามวิธีการในหัวข้อ 2.4 ปิดให้สนิท รอการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในสารละลาย

2.4.4 การวัดความเข้มข้นแคดเมียมในสารละลาย

นำสารละลายไปตรวจวัดความเข้มข้นของแคดเมียมด้วย Inductively coupled plasma – Optical emission spectrometer (ICP-OES) ยี่ห้อ Perkin-Elmer รุ่น Optima 2000 DV ซึ่งอาศัยหลักการกระตุ้นอะตอมที่อุณหภูมิ $6,000 - 10,000 \text{ K}$ โดยมีก๊าซอาร์กอนเป็นพลาสมา (plasma) ที่เกิดในสภาพความดันบรรยากาศและคงอยู่ได้ด้วยพลังงานที่ถ่ายเทมาจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง ICP แสดงไว้ในรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrophotometer (ICP) (แมน อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2535)

เมื่อสารละลายตัวอย่างถูกดูดเข้าเครื่อง ICP-OES จะถูกพ่นเป็นละอองขนาดเล็กๆ แล้วก๊าซอาร์กอนเป็นตัวพาละอองตัวอย่างเข้าสู่กึ่งกลางของพลาสมาที่เป็นแหล่งให้พลังงานกระตุ้นความร้อนสูง โดยพลังงานจากพลาสมาจะทำให้อะตอมของธาตุเปลี่ยนจากสถานะพื้น (ground state) ไปอยู่ในสถานะกระตุ้น (excited state) ซึ่งเป็นสถานะที่ไม่เสถียร ดังนั้นอะตอมของธาตุจะคายพลังงานเพื่อกลับสู่สถานะพื้น โดยอะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะคายพลังงานออกมาโดยการเปล่งแสง (emission) ที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัว แล้วตัวตรวจวัดก็จะสามารถวัดชนิดและปริมาณของธาตุนั้นๆ ได้ (แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม, 2535) สำหรับความยาวคลื่นเฉพาะของอะตอมแคดเมียม คือ 228.802 นาโนเมตร โดยมีหลักการทำงานดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

2.5 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) ในทุกรอบของการย่อยตัวอย่าง ทำการย่อยโดยไม่ใช้ตัวอย่าง (blank) โดยวิธีการเดียวกับการย่อยตัวอย่าง รอบละ 3 ชั่วโมง
- 2) วิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด
- 3) วิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐาน (Certified Reference Materials: CRM) ของ National Research Council of Canada 2 ตัว ได้แก่ DORM-2 (Dogfish Muscle) และ DOLT-2 (Dogfish Liver) ซึ่งมีค่าค่าความเข้มข้นที่แน่นอนกำกับไว้

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) หาค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (average) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่ามัธยฐาน (median) ของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11 และ 15 เปรียบเทียบค่ามัธยฐาน เฟอร์เซ็นไทล์ที่ 25 และ 75 แล้วแสดงผลโดยใช้แผนภูมิกล่อง (box plot) หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อโดยใช้ Pearson Bivariate Correlation และหานัยสำคัญของความแตกต่างของ ขนาด และปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลโดยใช้ T-test แบบ Independent samples T - test และ ANOVA แบบ One-Way ANOVA

2.7 วิเคราะห์ความเสี่ยงในการบริโภค

2.7.1 ความเสี่ยงเบื้องต้น (Risk screening)

ก่อนการวิเคราะห์ความเสี่ยง ทำการคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานหรือเกณฑ์แนะนำ (Standard and Guidelines) จากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่

- 1) เกณฑ์มาตรฐานของกลุ่มสหภาพยุโรป (EU) ดังปรากฏใน Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006: Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Official Journal of the European Union, L364/5 – L364/24
- 2) เกณฑ์แนะนำของ Joint FAO/WHO Food Standards Programme (JECFA) ดังปรากฏใน Codex Alimentarius Commission เอกสารหมายเลข CX/FAC 01/28 (February 2001)
- 3) ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ: กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ: ปลาหมึก พ.ศ. 2548

2.7.2 การประเมินความเสี่ยงในการได้รับแคดเมียมในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน

ในการประเมินความเสี่ยงในการได้รับแคดเมียมในปริมาณน้อยเป็นเวลานานใช้ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย หรือ Hazard Quotient (HQ) ซึ่งคำนวณโดยใช้สมการ 2-1 และ 2-2 (Kofi , 2002; พงษ์เทพ วิวรรณะเดช, 2547)

$$\text{Average cadmium daily intake via fish (mg/kg/day)} = \frac{(\text{CF})(\text{IR})(\text{FI})(\text{EF})(\text{ED})}{(\text{BW})(\text{AT})} \quad (2-1)$$

โดยที่	CF = Contaminant concentration of cadmium in fish, mg/kg
	IR = Ingestion rate = 0.028 kg/meal average (85g/day average) (FAO, 2005)
	FI = Fraction ingested from contaminated source = 1 (conservative consumption)
	EF = Exposure frequency = 350 meals/year (US-EPA, 1989)
	ED = Exposure duration = 30 years for non-carcinogen (US-EPA, 1989)
	BW = Body weight = 50 kg average (Agusa <i>et al.</i> , 2007)
	AT = Average time exposed = 30 years x 365 days/year = 10,950 days for risk from non-carcinogen (US-EPA, 1989)

$$HQ = \frac{\text{Average cadmium daily intake}}{Rfd} \quad (2-2)$$

โดยค่า Rfd หรือ Reference dose for chronic oral exposure สำหรับแคดเมียมเท่ากับ 0.001 มก./กก./วัน (US-EPA, 2008)

หากค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่า ปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพหากได้รับเข้าสู่ร่างกายเป็นเวลานาน ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีการสื่อสารกับประชาชนให้รับทราบในเรื่องของความเสี่ยงในการบริโภค (risk communication) และมีการจัดการความเสี่ยง (risk management) ที่เหมาะสม

2.7.3 การประเมินปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค

จากข้อมูลการปนเปื้อนของสารแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล นำมาคำนวณหาค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) ซึ่งก็คือ ปริมาณที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อสัปดาห์ ค่า PTWI คำนวณได้จากสมการ 2-3

$$PTWI = \left[\frac{TRV \times BW}{C_f} \right] \times 7 \quad (2-3)$$

โดยที่	PTWI	=	provisional tolerate-weekly intake (g/week)
	TRV	=	toxicological reference value ($\mu\text{g}/\text{kg}$ body weight per day)
	BW	=	body weight (kg)
	C_f	=	mean of the levels of the contaminant of potential concern found in the food (mg/kg)
	7	=	days/week

บทที่ 3

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

3.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลที่ศึกษา

3.1.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลในอ่าวเบงกอล ระหว่างวันที่ 25 ตุลาคม ถึง 21 ธันวาคม พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการ “The Joint Survey of BIMSTEC Member Countries on Assessment and Management of Marine Resources in the Bay of Bengal” เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ เบ็ดรายน้ำลึก (pelagic longline) และอวนลอย (drift gillnet) ได้ตัวอย่าง 11 ชนิด 78 ตัว ผลการศึกษาเกี่ยวกับชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์ทะเลทั้งหมดได้สรุปในตารางที่ 3-1

ลักษณะรูปร่าง ชื่อวิทยาศาสตร์ และชื่อสามัญของสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด แสดงไว้ในภาคผนวก ข โดยแบ่งเป็นสัตว์ทะเลที่จับด้วยเบ็ดรายน้ำลึกจำนวน 4 ชนิด 28 ตัว (รูปที่ ข-1 ภาคผนวก ข) ส่วนสัตว์ทะเลที่จับด้วยอวนลอยจำนวน 8 ชนิด 50 ตัว (รูปที่ ข-2 ภาคผนวก ข) สำหรับพฤติกรรมการกินอาหารและถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ ค-1 ภาคผนวก ค

สัตว์ทะเลที่ได้จากอ่าวเบงกอลเป็นปลากลางน้ำทั้งหมด แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปลาฉลาม กลุ่มปลาหูฉลาม และกลุ่มปลาอื่นๆ โดยกลุ่มปลาฉลาม ประกอบด้วย ปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*Alopias superciliosus*) ปลาฉลามครีบดำ (*Carcharhinus brachyurus*) ปลาฉลาม Silky (*Carcharhinus falciformis*) และปลาฉลามไม่ระบุชนิด กลุ่มปลาหูฉลาม ประกอบด้วย ปลาโอแกลบ (*Auxis thazard*) ปลาโอลาย (*Euthynnus affinis*) ปลาหูฉลามทองแถบ (*Kasuwonis pelamis*) ปลาหูฉลามครีบเหลือง (*Thunnus albacares*) และปลาหูฉลามตาโต (*Thunnus obesus*) ส่วนกลุ่มปลาอื่นๆ ประกอบด้วย ปลากระมง (*Caranx tille*) และปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*)

ความยาวทั้งหมด (total length) ของปลาทั้ง 11 ชนิด อยู่ในช่วง 31.5 – 319 ซม. (เฉลี่ย 105.22 ± 84.63 และ ค่ามัธยฐาน 52.0 ซม.) และมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.4 – 90.0 กก. (เฉลี่ย 13.65 ± 20.96 และค่ามัธยฐาน 2.16 กก.) รายละเอียดขนาดสัตว์ทะเลทั้งหมดที่จับด้วยเบ็ดรายน้ำลึกและอวนลอยแสดงในตารางที่ ค-2 และตารางที่ ค-3 ในภาคผนวก ค ตามลำดับ

ตารางที่ 3-1 น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนักต่ำสุด - สูงสุด) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาวต่ำสุด - สูงสุด) ของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่สุ่มจับจากอ่าวเบงกอลโดยเครื่องมือประมงประเภทเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	จำนวน(ตัว)	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Alopias superciliosus</i> ²	Bigeye tresher shark	ฉลามหางยาวหน้าหนู	8	56.25 \pm 21.54 (31.0 - 90.0)	265.75 \pm 33.97 (205.0 - 319.0)
<i>Auxis thazard</i> ¹	Frigate mackerel	โอเกลบ	12	0.77 \pm 0.16 (0.40 - 0.98)	37.45 \pm 2.45 (31.5 - 40.0)
<i>Carcharhinus brachyurus</i> ²	Copper shark	ฉลามครีบดำ	1*	12.20 \pm 0.00 (12.2)	131.10 \pm 0.00 (131.1)
<i>Carcharhinus falciformis</i> ¹	Silky shark	ฉลาม silky	3	5.80 \pm 1.85 (3.70 - 7.20)	101.87 \pm 8.73 (93.6 - 111.0)
<i>Caranx Tille</i> ²	Tille trevally	กระมง	1**	3.30 \pm 0.00 (3.3)	66.8 \pm 0.00 (66.8)
<i>Euthynnus affinis</i> ¹	Mackerel tuna	โอลาย	4	0.86 \pm 0.13 (0.75 - 1.05)	39.13 \pm 2.53 (37.0 - 42.0)
<i>Katsuwonus pelamis</i> ¹	Skipjack tuna	ทูน่าทองแถบ	29**	1.90 \pm 1.72 (0.75 - 6.35)	47.22 \pm 11.57 (37.4 - 77.5)
unidentified shark ¹	SHARK	ฉลาม	1	3.22 (3.22)	87.6 (87.6)
<i>Thunnus albacares</i> ²	Yellowfin tuna	ทูน่าครีบเหลือง	2	36.50 \pm 1.12 (35.0 - 38.0)	138.50 \pm 2.12 (137.0 - 140.0)
<i>Thunnus obesus</i> ²	Bigeye tuna	ทูน่าตาโต	1	2.0 (2.0)	52.0 (52.0)
<i>Xiphias gladius</i> ²	Sword fish	กระโทงแทงดาบ	16	25.74 \pm 18.50 (5.0 - 60.0)	198.33 \pm 44.78 (129.0 - 262.0)

* 1 ตัว วิเคราะห์ 3 ส่วน - ครีบ 2 ส่วน และ โคนหาง; ** 1 ตัว วิเคราะห์ 2 ส่วน - โคนหางและท้อง ¹อวนลอย ²เบ็ดรavnน้ำลึก

ตารางที่ 3-2 น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนักต่ำสุด - สูงสุด) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาวต่ำสุด - สูงสุด) ของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่สุ่มจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยใช้วนลากหน้าดิน และเบ็ดรวนน้ำลึก

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Alepes djedaba</i>	Shrimp scad	สีกุน	3	0.062 \pm 0.01 (0.051 – 0.069)	16.57 \pm 0.91 (15.3 – 17)
<i>Alopias Supercilius</i> *	Bigeye thresher shark	ฉลามหางยาวหน้าหนู	4	70.75 \pm 23.27 (33.0 – 90.0)	276 \pm 26.72 (230– 289)
<i>Chrysochir aureus</i>	Reeve's croaker	จวดเขียว	3	0.17 \pm 0.02 (0.137 – 0.193)	26.8 \pm 1.02 (25.5 – 28)
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	Bengal tongue sole	ลิ้นหมา	3	0.06 \pm 0.02 (0.035 – 0.086)	25.0 \pm 2.86 (21.5 – 28.5)
<i>Decapterus russelli</i>	Indian scad	ทูแขก	3	0.06 \pm 0.01 (0.05 – 0.07)	19.2 \pm 0.62 (18.5 – 20.0)
<i>Drepane punctata</i>	Spotted sicklefish	ไบโพธิ์จุด	3	0.11 \pm 0.01 (0.11 – 0.13)	18.8 \pm 0.88 (17.9 – 20.0)
<i>Ephippus orbis</i>	Orbfish	ไบปอ	3	0.08 \pm 0.01 (0.08 – 0.09)	15.87 \pm 1.53 (14.5 – 18.0)
<i>Epinephelus coioides</i>	Orange spotted grouper	กระรังกอกแดง	2	0.80 \pm 0.02 (0.78 – 0.81)	36.0 \pm 0.50 (35.5 – 36.5)
<i>Istiophorus platypterus</i> *	Indo-Pacific sailfish	กระโทงร่ม	2	28.0 (28.0)	252.0 (252.0)
<i>Loligo duvauceli</i>	Splendid squid	หมึกกล้วย	9	0.06 \pm 0.02 (0.03 – 0.110)	29.45 \pm 4.23 (24.3 – 36.4)
<i>Loligo sp.</i>	Squid	หมึก	3	0.11 \pm 0.01 (0.10 – 0.12)	35.77 \pm 2.95 (32.3 – 39.5)

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	Delagoa threadfin bream	ทรายแดง	9	0.13 ± 0.05 (0.06 – 0.23)	22.3 ± 2.65 (17.0 – 27.5)
<i>Nemipterus japonicus</i>	Japanese threadfin bream	ทรายแดงญี่ปุ่น	24	0.10 ± 0.04 (0.05 – 0.20)	22.43 ± 2.63 (17.6 – 29.9)
<i>Nemipterus peronii</i>	Notchedfin threadfin bream	ทรายแดง	3	0.14 ± 0.05 (0.09 – 0.21)	22.5 ± 2.78 (19.1 – 25.9)
<i>Nemipterus spp.</i>	Threadfin bream	ทรายแดง	6	0.13 ± 0.02 (0.11 - 0.17)	21.8 ± 1.12 (21.0 - 24.1)
<i>Parupeneus spp.</i>	Goatfish	แพะ	18	0.09 ± 0.07 (0.03 - 0.23)	18.86 ± 3.84 (14.9 - 26.0)
<i>Pennahia macrocephalus</i>	Big head pennah croaker	จวด	3	0.09 ± 0.01 (0.08 - 0.10)	20.63 ± 2.08 (18.4 - 23.4)
<i>Pennahia anea</i>	Greyfin croaker	จวดขาว	3	0.16 ± 0.01 (0.14 - 0.17)	22.23 ± 0.33 (22.0 - 22.7)
<i>Priacanthus macracanthus</i>	Brownspot bigeye	ตาหวานจุดน้ำตาล	38	0.09 ± 0.08 (0.02 - 0.42)	18.46 ± 4.47 (12.5 - 30.5)
<i>Pseudorhombus sp.</i>	flatfish	ตาเดียว	3	0.18 ± 0.06 (0.12 - 0.26)	24.73 ± 3.88 (21.6 - 30.2)
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	Indian mackerel	ลั้ง	3	0.06 ± 0.01 (0.05 - 0.07)	18.07 ± 0.78 (17.1 - 19.0)
<i>Saurida elongata</i>	Slender lizardfish	ปากคม	3	0.05 ± 0.02 (0.03 - 0.07)	19.27 ± 1.93 (17.8 - 22.0)

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Saurida undosquamis</i>	Brushtooth lizardfish	ปากคมหางจุด	33	0.09 ± 0.04 (0.03 - 0.19)	22.52 ± 3.14 (18.0 - 29.5)
<i>Saurida</i> sp.	Lizardfish	ปากคม	3	0.10 ± 0.03 (0.07 - 0.13)	24.83 ± 1.80 (22.6 - 27.0)
<i>Sphyraena barracuda</i> *	Great barracuda	น้ำดอกไม้	1	7.00 (7.00)	114 (114)
<i>Sphyraena forsteri</i>	Bigeye barracuda	สาก	3	0.06 ± 0.01 (0.05 - 0.06)	22.1 ± 0.66 (21.4 - 23.0)
<i>Sphyraena jello</i>	Pickhandle barracuda	สาก	3	0.07 ± 0.01 (0.06 - 0.08)	24.6 ± 0.45 (24.1 - 25.2)
<i>Trachinocephalus myops</i>	Snakefish	ปากคมหูดำ	15	0.11 ± 0.03 (0.08 - 0.14)	22.47 ± 1.53 (21.0 - 22.5)
<i>Trichiurus lepturus</i>	Largehead hairtail	ดาบเงินใหญ่	3	0.36 ± 0.01 (0.35 - 0.37)	67.8 ± 2.55 (65.6 - 71.4)
<i>Upeneus moluccensis</i>	Goldband goatfish	หนวดถายี่	3	0.03 ± 0.01 (0.03 - 0.04)	14.1 ± 0.66 (13.4 - 15.0)
<i>Upeneus</i> sp.	Goatfish	หนวดถายี่	3	0.04 ± 0.001 (0.03 - 0.04)	15.2 ± 0.62 (14.5 - 16.0)
<i>Xiphias gladius</i> *	Swordfish	กระโทงแทงดาบ	12	21.6 ± 15.04 (2.2 - 47.0)	185 ± 43.3 (100 - 240)

หมายเหตุ: ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากเครื่องมือประมงอวนลากหน้าดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็น demersal species ยกเว้น ปลาฉิ่ง (*Rastrelliger kanagurta*) และ * เป็นตัวอย่างที่ได้จากเครื่องมือประมงประเภท เบ็ดร่อนน้ำลึก โดยเป็น pelagic species

ในส่วนการวิเคราะห์สารอ้างอิงที่รับรอง (Certified Reference Material; CRM) DORM-2 (Dogfish Muscle) และ DOLT-2 (Dogfish Liver) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับตัวอย่างโดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 6 ซ้ำ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 3-3 โดยพบว่าปริมาณแคดเมียมใน DORM-2 เท่ากับ 0.041 ± 0.002 มก./กก. หรือ คิดเป็น 96.1% ของปริมาณที่กำกับมากับ CRM (0.043 ± 0.009 มก./กก.) ส่วน DOLT-2 วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมได้เท่ากับ 20.28 ± 0.21 มก./กก. หรือ คิดเป็น 97.5% ของปริมาณที่กำกับมากับ CRM (20.8 ± 0.5 มก./กก.)

ตารางที่ 3-3 ปริมาณแคดเมียมในสารอ้างอิงที่รับรอง DORM-2 และ DOLT-2

ครั้งที่	ปริมาณแคดเมียม (มก./กก.นน.เปียก)	
	DORM-2	DOLT-2
1	0.040	19.92
2	0.031	20.45
3	0.047	19.71
4	0.042	20.25
5	0.044	21.33
6	0.044	20.02
ค่าที่กำกับมา	0.043 ± 0.009	20.8 ± 0.5
ค่าเฉลี่ย \pm standard error	0.041 ± 0.002	20.28 ± 0.21
% ที่วิเคราะห์ได้	96.1%	97.5%

3.3 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล

3.3.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิด

ผลการตรวจวัดแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด ซึ่งเป็นปลากลางน้ำ (pelagic) กินสัตว์เป็นอาหารและมีพฤติกรรมคล้ายคลึงกัน (Froese and Pauly, 2009) แสดงรายละเอียดในตารางที่ จ-1 ภาคผนวก จ และสรุปไว้ในตารางที่ 3-4 พบว่าปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) มีแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานอยู่ที่ 0.066 ± 0.061 และ 0.039 มก./กก. น้ำหนักเปียก ตามลำดับ รองลงมา คือ ปลาฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) และปลาฉลาม Silky (*C. falciformis*) โดยมีแคดเมียมเฉลี่ย (ค่ามัธยฐาน) ที่ 0.039 (0.023) และ 0.031 ± 0.01 (0.036) มก./กก. น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ส่วนปลาที่มีแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาน้อยที่สุด คือ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) คือ 0.019 ± 0.008 (0.019) มก./กก. น้ำหนักเปียก

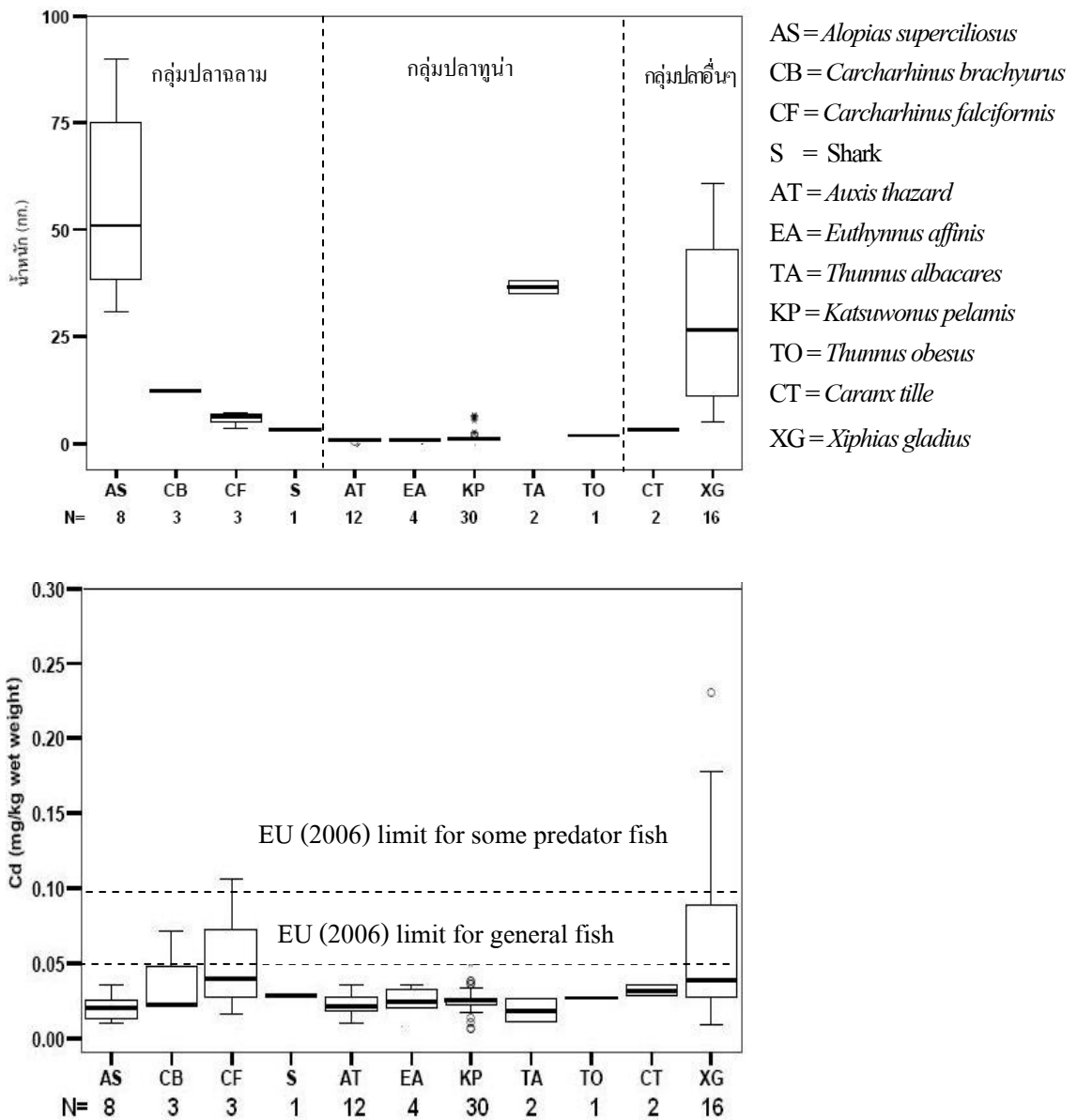
ตารางที่ 3-4 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด) และค่ามัธยฐานของตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับได้จากอ่าวเบงกอล

ชนิดของปลา	ชื่อสามัญ	จำนวนตัวอย่าง	แคดเมียม (มก./กก. นน.เปียก)	
			เฉลี่ย	มัธยฐาน
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางขาวหน้าหนู	8	0.019 \pm 0.008 (0.010 – 0.036)	0.019
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	ฉลามครีบดำ	1*	0.039 –	0.023
<i>Carcharhinus falciformis</i>	ฉลาม Silky	3	0.031 \pm 0.010 (0.016 – 0.040)	0.036
Unidentified shark	ฉลามไม่ระบุชนิด	1	0.029 –	0.029
<i>Auxis thazard</i>	โอเกลบ	12	0.023 \pm 0.007 (0.023 – 0.035)	0.021
<i>Euthynnus affinis</i>	โอลาย	4	0.022 \pm 0.003 (0.031 – 0.035)	0.022
<i>Katsuwonus pelamis</i>	ทูน่าทองแถบ	29**	0.025 \pm 0.008 (0.007 – 0.039)	0.025
<i>Thunnus albacares</i>	ทูน่าครีบเหลือง	2	0.030 \pm 0.019 (0.011 – 0.050)	0.031
<i>Thunnus obesus</i>	ทูน่าตาโต	1	0.027 –	0.027
<i>Caranx tille</i>	กระมง	1**	0.029 –	0.029
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	16	0.066 \pm 0.061 (0.009 – 0.230)	0.039

* 1 ตัว วิเคราะห์ 3 ส่วน – ครีบ 2 ส่วน และ โคนหาง; ** 1 ตัว วิเคราะห์ 2 ส่วน – โคนหางและท้อง

การที่ปลากระโทงแทงดาบและปลาฉลามครีบดำ มีแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อเฉลี่ยสูงกว่าปลาชนิดอื่น เนื่องจากปลาทั้ง 2 ชนิดนี้มีขนาดใหญ่และกินสัตว์เป็นอาหาร นั่นคือปลากระโทงแทงดาบกินปลาเป็นอาหารหลัก ได้แก่ ปลาอินทรีและปลาฉลาม รวมทั้งสัตว์ทะเลจำพวก กุ้ง ปู หอย และหมีก ส่วนปลาฉลามครีบดำกินปลากลางน้ำ ปลาหน้าดิน ปลาฉลามขนาดเล็ก ปลากระเบน และหมีกเป็นอาหาร (Froese and Pauly, 2009) อีกทั้งปลากระโทงแทงดาบมีพฤติกรรมการย้ายถิ่นที่อยู่และว่ายน้ำได้เร็ว (Canese, 2008)

เมื่อนำค่ามัธยฐานของน้ำหนักสัตว์ทะเลและปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเล ทั้ง 11 ชนิด มาเปรียบเทียบกัน แสดงผลด้วยแผนภูมิกล่อง (box plot) (รูปที่ 3-1) โดยแบ่งสัตว์ทะเลเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปลาฉลาม กลุ่มปลาทูน่า และกลุ่มปลาอื่นๆ เมื่อพิจารณาจากค่ามัธยฐาน กลุ่มปลาฉลาม



รูปที่ 3-1 การเปรียบเทียบ (บน) ค่ามัธยฐานของน้ำหนัก และ (ล่าง) ปริมาณแคดเมียม ในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอลทั้ง 11 ชนิด

[เส้นหนาดตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

(ฉลามหางยาวหน้าหนุ ฉลามครีบดำ ฉลาม Silky และฉลามไม่ระบุชนิด) พบว่าฉลาม Silky มีแคดเมียมปนเปื้อนสูงที่สุด คือ 0.036 มก./กก. น้ำหนักเปียก ส่วนกลุ่มปลาทูน่า (โอแกลบ โอลาย ทูน่าท้องแถบ ทูน่าครีบลีง และทูน่าตาโต) พบว่าปลาทูน่าครีบลีงมีแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาสูงที่สุด คือ 0.031 มก./กก. น้ำหนักเปียก สำหรับกลุ่มปลาอื่น (กระมงและกระโทงแทงดาบ) พบว่ากระโทงแทงดาบมีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในเนื้อปลาสูงที่สุด คือ 0.039 มก./กก. น้ำหนักเปียก โดยแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด มีปริมาณไม่เกิน 0.05 มก./กก. น้ำหนักเปียก

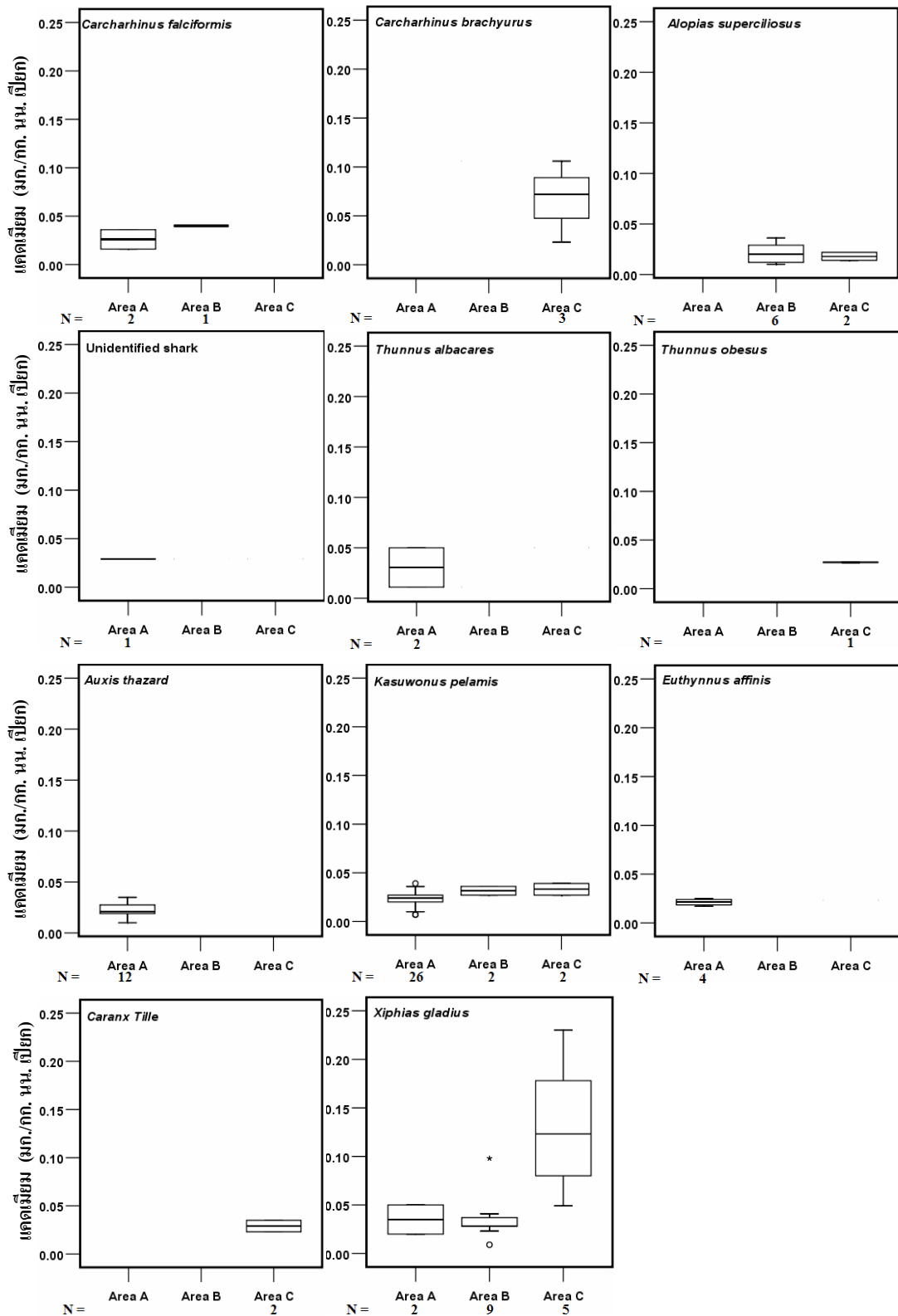
เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด โดยแยกตามพื้นที่เก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ของอ่าวเบงกอล คือ พื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C โดยใช้ค่ามัธยฐานและแสดงผลด้วยแผนภูมิกล่อง (รูปที่ 3-2) พบว่าสัตว์ทะเลที่มีการแพร่กระจายทั้ง 3 พื้นที่ มีเพียง 2 ชนิด คือ ทูน่าท้องแถบ (*K. pelamis*) และกระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับแคดเมียมด้วย One - Way ANOVA พบปริมาณแคดเมียมในทูน่าท้องแถบจากทั้ง 3 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนกระโทงแทงดาบมีปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลาจาก 3 พื้นที่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพื้นที่ C (ทะเลอันดามัน) ตรวจพบแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาสูงที่สุด รองลงมา คือ พื้นที่ B ส่วนพื้นที่ A มีการปนเปื้อนน้อยที่สุด รายละเอียดการทดสอบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณแคดเมียมได้แสดงไว้ดังตารางที่ ฉ-1 และตารางที่ ฉ-2 ภาคผนวก ฉ

3.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลกับค่ามาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อปลาทั้ง 11 ชนิด จากอ่าวเบงกอลโดยใช้ค่ามัธยฐานกับเกณฑ์การยอมให้มีได้ของแคดเมียมในปลาจากข้อบังคับคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) (รูปที่ 3-1) ซึ่งยอมให้มีแคดเมียมในเนื้อปลาทั่วไปไม่เกิน 0.05 มก./กก. ส่วนปลานักล่าบางชนิดยอมให้มีได้ไม่เกิน 0.1 มก./กก. ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบที่ยอมให้มีได้ถึง 0.3 มก./กก. เห็นได้ว่าปลาส่วนใหญ่ที่สุ่มจับจากอ่าวเบงกอลยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยในการบริโภค ซึ่งหากเทียบกับเกณฑ์ของกระทรวงสาธารณสุขไทย (2548) ที่ยอมให้อาหารมีแคดเมียมสูงถึง 1.0 มก./กก. การปนเปื้อนของแคดเมียมในปลาจากอ่าวเบงกอลจึงอยู่ในระดับที่ต่ำ

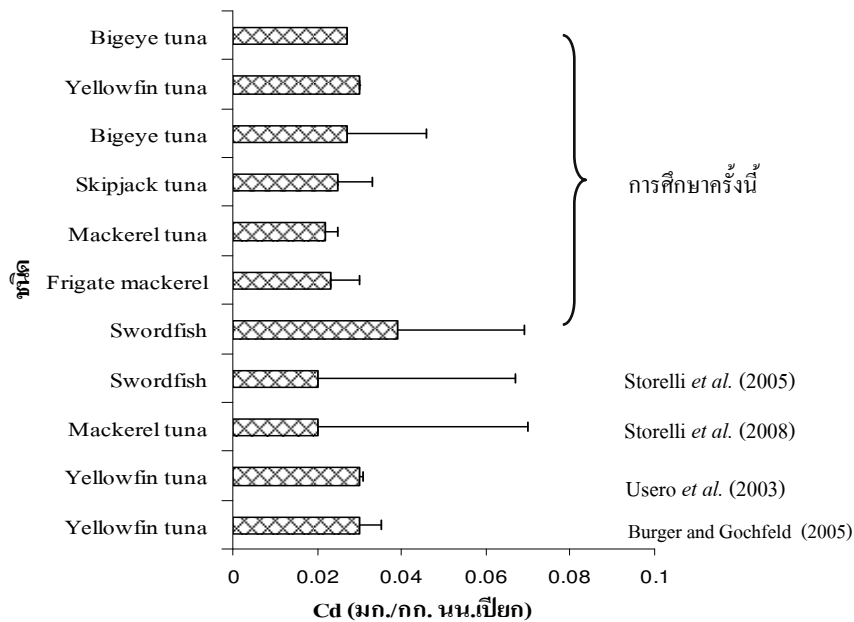
3.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลกับพื้นที่อื่นๆ

ระดับแคดเมียมในทูน่าครีบลีงที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ย 0.03 ± 0.019 มก./กก. น้ำหนักเปียก ซึ่งใกล้เคียงกับงานของ Usero *et al.* (2003) และของ Burger and Gochfeld (2005) ที่ศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในทูน่าครีบลีง ในรัฐนิวเจอร์ซีย์ของสหรัฐอเมริกา พบว่ามีค่าเฉลี่ยแคดเมียม 0.03 ± 0.005 และ 0.03 ± 0.047 มก./กก. น้ำหนักเปียก ตามลำดับ



รูปที่ 3-2 แผนภูมิกล่องเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียม (มก./กก.น้ำหนักเปียก) ในปลาทั้ง 11 ชนิดจากทั้ง 3 พื้นที่ (พื้นที่ A –น่านน้ำบังคลาเทศและอินเดีย; พื้นที่ B – ฟังตะวันออกของอ่าวเบงกอล และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามัน)

ส่วนปลากระโทงแทงคาบจากการศึกษานี้ (0.066 ± 0.061 มก./กก. น้ำหนักเปียก) มีปริมาณแคดเมียมมากกว่ารายงานการศึกษาของ Storelli *et al.* (2005) ที่ตรวจพบปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 0.02 ± 0.05 มก./กก. น้ำหนักเปียก จากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากการศึกษานี้กับพื้นที่อื่นๆ

3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมกับขนาดของตัวอย่างสัตว์ทะเล

3.3.4.1 ความสัมพันธ์ในภาพรวม

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก และปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติโดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15 พบว่าโดยภาพรวมสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลมีความยาวและน้ำหนักสัมพันธ์กันสูงไปในทิศทางเดียวกัน ($r = 0.926$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลสัมพันธ์กันกับความยาว ($r = 0.356$) และน้ำหนัก ($r = 0.329$) ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) รายละเอียดดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับ ปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลทั้ง 72 ตัวอย่าง ทดสอบ โดยใช้ Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15

	ปริมาณแคดเมียม	น้ำหนัก	ความยาว
ปริมาณแคดเมียม	1	.329**	.356**
น้ำหนัก		1	.926**
ความยาว			1

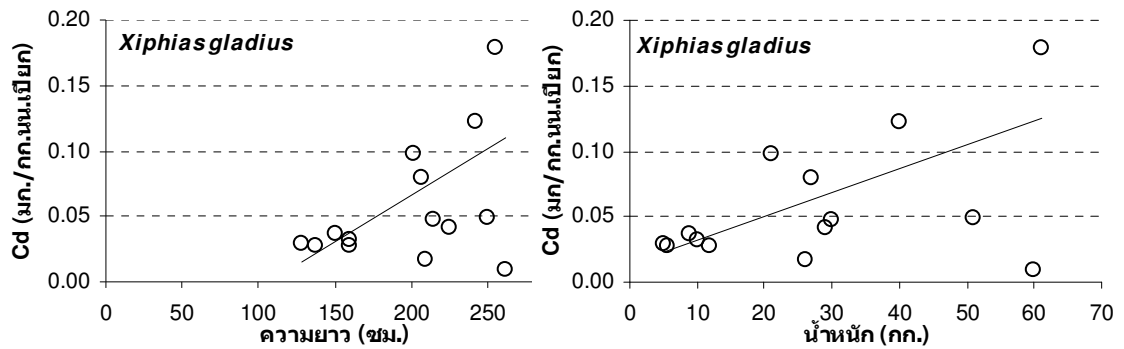
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในปลา กับขนาดของปลา (ความยาวและน้ำหนัก) ที่มีตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวอย่างขึ้นไป ได้แก่ ฉลามหางยาวหน้าหู โอแกลบ ทูน่าทองแถบ และกระโทงแทงดาบ รายละเอียดดังตารางที่ 3-6 พบว่าส่วนใหญ่ปริมาณแคดเมียมใน เนื้อปลาไม่มีความสัมพันธ์กับขนาด ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบที่มีระดับแคดเมียมสัมพันธ์ไปใน ทิศทางเดียวกันกับน้ำหนัก ($r = 0.584$) และความยาว ($r = 0.509$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 3-4 เห็นได้ว่าในปลากระโทงแทงดาบตัวที่มีขนาดใหญ่จะมีแคดเมียมปนเปื้อนใน เนื้อปลามากกว่าตัวที่มีขนาดเล็กกว่า เนื่องจากขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุของปลา ปลาที่มีอายุมากจะได้รับ แคดเมียมผ่านทางอาหารและการดูดซึมผ่านทางเหงือกได้มากขึ้น จึงส่งผลปริมาณของแคดเมียมที่ สะสมในเนื้อปลาเพิ่มมากขึ้นด้วย (IPCS, 1992)

ตารางที่ 3-6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับ ปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล 4 ชนิด จากการทดสอบ โดยใช้ Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15

ชนิดปลา	ชื่อสามัญ	ค่าความสัมพันธ์ (correlation)	
		ความยาวกับ แคดเมียม	น้ำหนักกับ แคดเมียม
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหู (n=8)	0.340	0.155
<i>Auxis thazard</i>	โอแกลบ (n=12)	-0.041	-0.181
<i>Katsuwonus pelamis</i>	ทูน่าทองแถบ (n=29)	0.121	0.056
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ (n=6)	0.509*	0.584*

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)



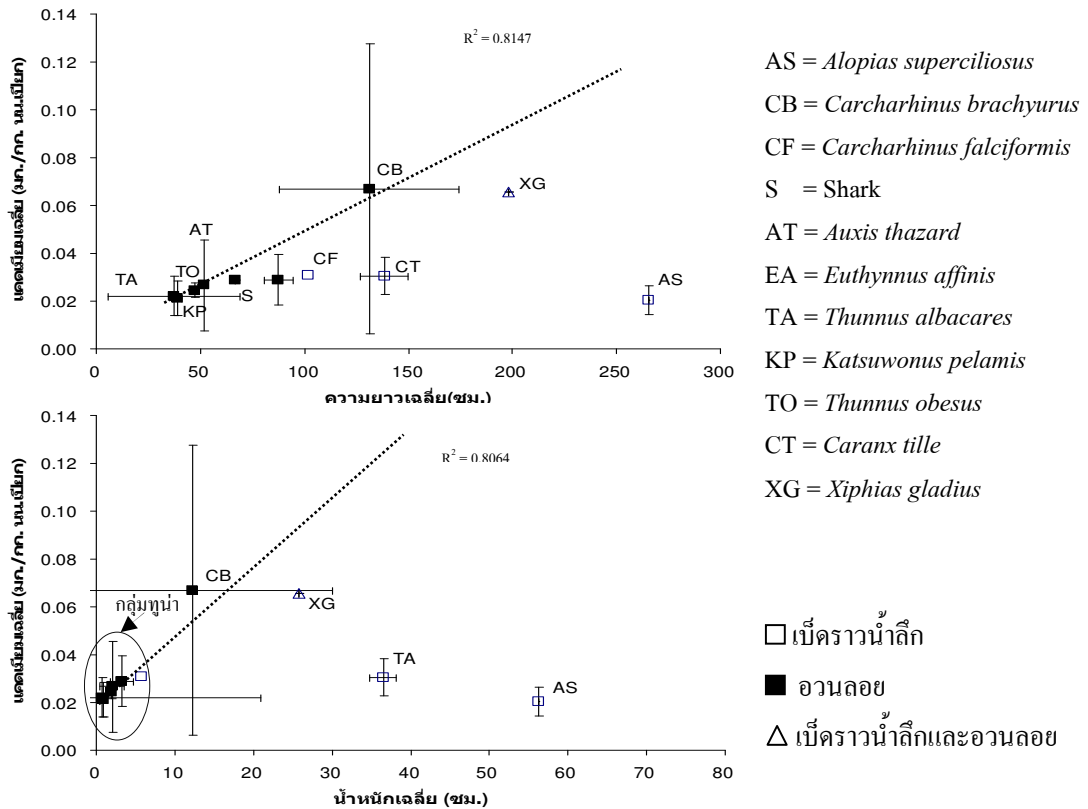
รูปที่ 3-4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียม (มก./กก.น้ำหนักเปียก) ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลกับความยาวและน้ำหนักของปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*)

3.3.4.2 ความสัมพันธ์แยกตามชนิดและประเภทเครื่องมือ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ย (ความยาวและน้ำหนัก) ของสัตว์ทะเล โดยแยกตามชนิดของสัตว์ทะเลและประเภทของเครื่องมือ (รูปที่ 3-5) พบว่าในกลุ่มของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้อวนลอย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มปลาทูน่า มีปริมาณแคดเมียมสัมพันธ์กับขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) ของสัตว์ทะเล นั่นคือ เมื่อขนาดของปลาใหญ่ขึ้นจะมีปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลามากขึ้นด้วย (Burger and Gochfeld, 2005)

ส่วนสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดร่อนน้ำลึก ได้แก่ ฉลามหางยาวหน้าหนุ ฉลาม Silky ทูน่าครีบลีง และกระโทงแทงดาบ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแคดเมียมกับขนาด เนื่องจากปลาเหล่านี้มีพฤติกรรมการกินที่แตกต่างกัน อีกทั้งปลาบางชนิด เช่น ทูน่าครีบลีงและปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ มีขนาดใหญ่กว่าปลาอื่น แต่มีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาน้อย เนื่องจากทูน่าครีบลีงและปลาฉลามหางยาวหน้าหนุที่สุ่มจับมายังโตไม่เต็มวัย คือ มีน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 36.5 ± 1.12 และ 56.25 ± 21.54 กก. ตามลำดับ ขณะที่ตัวโตเต็มวัยจะหนักถึง 200 และ 300 กก. ตามลำดับ (Froese and Pauly, 2009) จึงทำให้ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในเนื้อปลามีค่าต่ำ

สำหรับกระโทงแทงดาบ เป็นปลาที่ว่ายน้ำเร็ว และมีการย้ายถิ่นอยู่เสมอ (Canese, 2008) ทำให้มีโอกาสได้รับแคดเมียมเข้าสู่ลำตัวได้สูง (รายละเอียดเรื่องพฤติกรรมการกินอาหาร และถิ่นที่อยู่ และขนาดของตัวเต็มวัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค)



รูปที่ 3-5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเฉลี่ยของแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับความยาวเฉลี่ย (กก.) และน้ำหนักเฉลี่ย (ซม.) ของปลาทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่าสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลที่มีน้ำหนักไม่เกิน 20 กก. และความยาวไม่เกิน 150 ซม. มีแคดเมียมสะสมในเนื้อเยื่อปริมาณใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในช่วง 0.02 – 0.04 มก./กก. น้ำหนักเปียก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาในกลุ่มปลาหูฉลาม ที่มีพฤติกรรมการกินอาหาร ที่อยู่อาศัย คล้ายคลึงกัน และมีขนาดใกล้เคียงกัน (Froese and Pauly, 2009)

3.4 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

3.4.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิด

การศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) พบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ จ-2 ในภาคผนวก จ และได้สรุปไว้ดังตารางที่ 3-7 เมื่อเปรียบเทียบระดับแคดเมียมเฉลี่ยในเนื้อสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด พบว่ากลุ่มหมีก (*Loligo spp.*) มีแคดเมียมปนเปื้อนในปริมาณสูงที่สุด

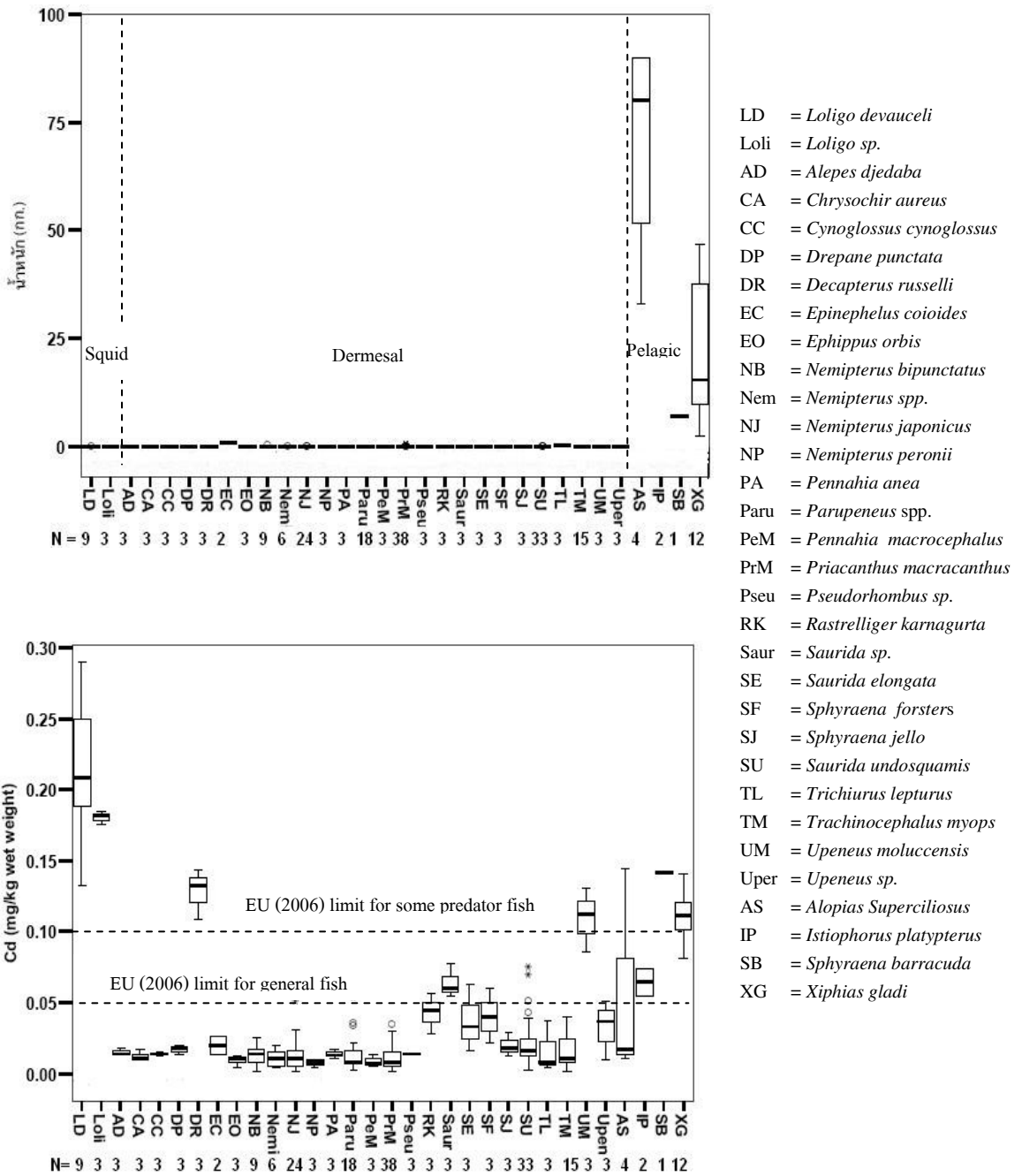
ตารางที่ 3-7 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด) ของตัวอย่าง สัตว์ทะเลที่จับได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	N	แคดเมียม (มก./กก. นน. เปียก)	
			เฉลี่ย	มัธยฐาน
<i>Loligo devaucteli</i>	หมึกกล้วย	9	0.214 \pm 0.053 (0.132 – 0.290)	0.208
<i>Loligo</i> sp.	หมึก	3	0.180 \pm 0.003 (0.175 – 1.184)	0.182
<i>Alepes djedaba</i>	สีกุน	3	0.015 \pm 0.002 (0.013 – 0.018)	0.014
<i>Chrysochir aureus</i>	จวดเขียว	3	0.012 \pm 0.003 (0.009 – 0.017)	0.011
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	ลิ้นหมา	3	0.014 \pm 0.001 (0.012 – 0.015)	0.014
<i>Drepane punctata</i>	ไบโพธิ์จุด	3	0.017 \pm 0.003 (0.013 – 0.020)	0.018
<i>Decapterus russelli</i>	ทูแขก	3	0.127 \pm 0.014 (0.108 – 0.143)	0.132
<i>Epinephelus coioides</i>	กะรังคอกแดง	2	0.020 \pm 0.006 (0.014 – 0.026)	0.020
<i>Ephippus orbis</i>	ไบปอ	3	0.009 \pm 0.003 (0.004 – 0.012)	0.011
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	ทรายแดง	9	0.012 \pm 0.007 (0.001 – 0.025)	0.014
<i>Nemipterus japonicus</i>	ทรายแดงญี่ปุ่น	24	0.013 \pm 0.011 (0.001 – 0.052)	0.010
<i>Nemipterus peronii</i>	ทรายแดง	3	0.007 \pm 0.002 (0.004 – 0.010)	0.008
<i>Nemipterus</i> spp.	ทรายแดง	9	0.011 \pm 0.005 (0.004 – 0.020)	0.011
<i>Pennahia anea</i>	จวดขาว	3	0.014 \pm 0.003 (0.011 – 0.017)	0.013
<i>Parupeneus</i> spp.	แพะ	18	0.014 \pm 0.013 (0.002 – 0.054)	0.008
<i>Pennahia macrocephalus</i>	จวด	3	0.009 \pm 0.004 (0.005 – 0.014)	0.007
<i>Priacanthus macracanthus</i>	ตาหวานจุดน้ำตาล	38	0.012 \pm 0.009 (0.001 – 0.035)	0.008
<i>Pseudorhombus</i> sp.	ตาเขียว	3	0.014 \pm 0.001 (0.013 – 0.014)	0.014
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	ลั้ง	3	0.043 \pm 0.011 (0.028 – 0.056)	0.044
<i>Saurida</i> sp.	ปากคม	3	0.064 \pm 0.009 (0.055 – 0.077)	0.060

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	N	แคดเมียม (มก./กก. นน. เปียก)	
			เฉลี่ย	มัธยฐาน
<i>Saurida elongata</i>	ปากคม	3	0.037 ± 0.020 (0.016 – 0.063)	0.033
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคมหางจุด	33	0.021 ± 0.017 (0.002 – 0.075)	0.016
<i>Sphyraena forsteri</i>	สาก	3	0.040 ± 0.016 (0.021 – 0.060)	0.040
<i>Sphyraena jello</i>	สาก	3	0.020 –	0.018
<i>Trichiurus lepturus</i>	ดาบเงินใหญ่	3	0.017 ± 0.015 (0.004 – 0.038)	0.008
<i>Trachinocephalus myops</i>	ปากคมหูดำ	15	0.017 ± 0.011 (0.025 – 0.04)	0.011
<i>Upeneus moluccensis</i>	หนวดฤๅษี	3	0.109 ± 0.019 (0.009 – 0.051)	0.112
<i>Upeneus sp.</i>	หนวดฤๅษี	3	0.032 ± 0.018 (0.085 – 0.051)	0.037
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนู	4	0.047 ± 0.056 (0.011 – 0.144)	0.017
<i>Istiophorus platypterus</i>	กระโทงร่ม	2	0.065 ± 0.009 (0.055 – 0.074)	0.065
<i>Sphyraena barracuda</i>	น้ำดอกไม้	1	0.142 –	0.142
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	12	0.111 ± 0.015 (0.081 – 0.140)	0.111

เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของน้ำหนักรวมและระดับแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเล ทั้ง 32 ชนิด และแสดงผลด้วยแผนภูมิกล่องดังรูปที่ 3-6 แบ่งสัตว์ทะเลออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ หมึก ปลาหน้าดิน และปลากลางน้ำ พบว่าปลาหน้าดินและหมึกมีขนาดใกล้เคียงกัน คือมีน้ำหนักไม่เกิน 1 กก. ต่างจากปลากลางน้ำที่มีน้ำหนักมากกว่า 7 กก. แต่สัตว์ทะเลจำพวกหมึกมีแคดเมียมสะสมอยู่ในเนื้อสูงสุด รองลงมา คือ ปลากลางน้ำ และปลาหน้าดิน โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.132 - 0.290, 0.011 – 0.144 และ 0.001 – 0.143 มก./กก. น้ำหนักเปียก ตามลำดับ หมึกมีแคดเมียมปนเปื้อนสูงเนื่องจากหมึกกินสัตว์เป็นอาหาร เช่น ปลาตัวเล็ก สัตว์พวกกุ้ง กุ้ง ปู และหมึก อีกทั้งมีกระเพาะอาหารใหญ่จึงกินอาหารได้มาก แคดเมียมจึงเข้าสู่ตัวหมึกผ่านทางไซ่อาหาร (Froese and Pauly, 2009) นอกจากนี้ยังรับโดยตรงจากน้ำทะเล (Sadik, 1992) ส่วนปลาหน้าดินมีขนาดเล็ก และส่วนใหญ่กินแพลงก์ตอนและสัตว์น้ำขนาดเล็กเป็นอาหาร (Froese and Pauly, 2009)



รูปที่ 3-6 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของ (บน) น้ำหนัก และ (ล่าง) ปริมาณแคดเมียมที่เป็นเปื้อน ในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 ชนิด [เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

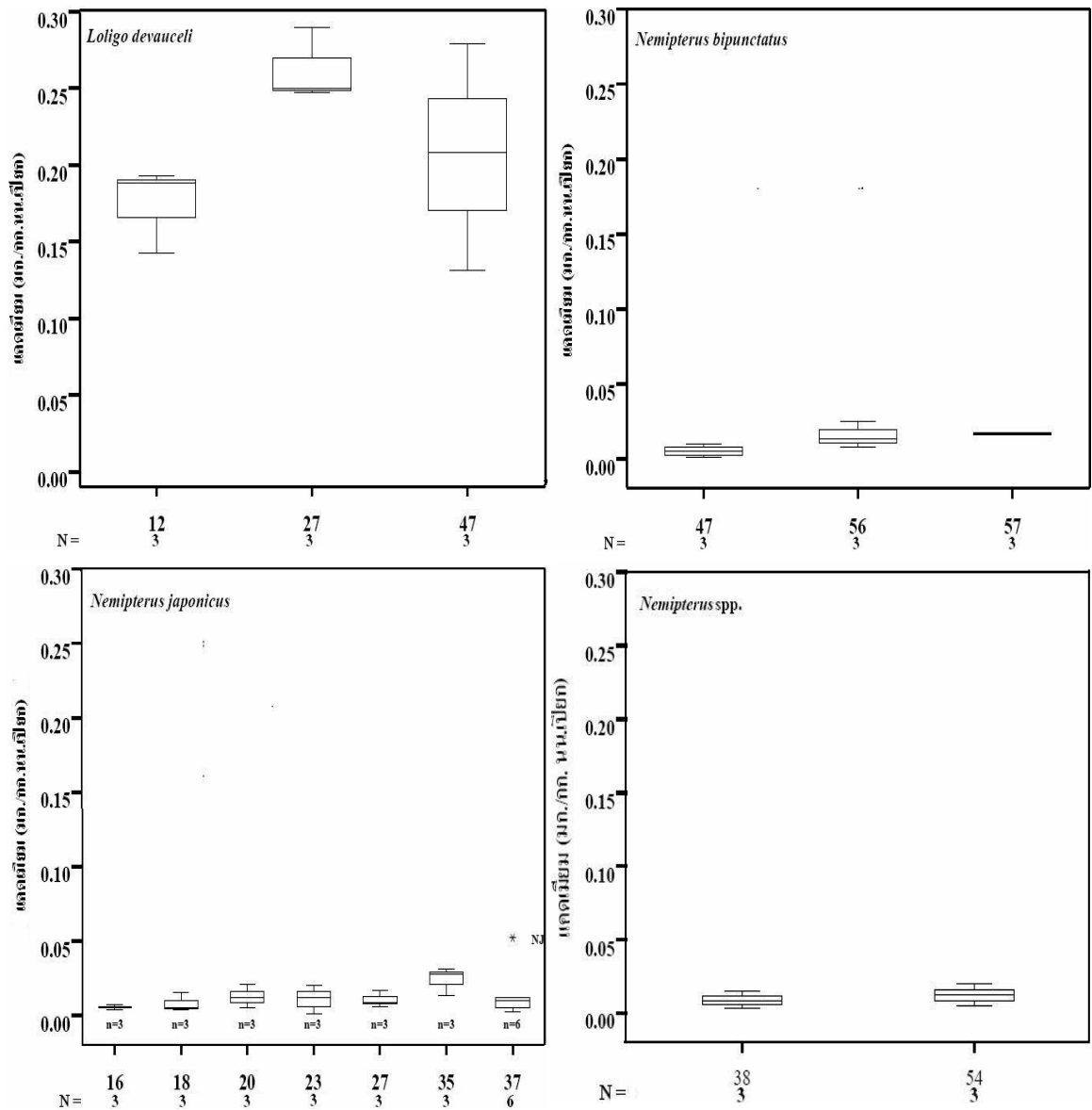
เมื่อเปรียบเทียบแคคเมียมในสัตว์ทะเลที่จับด้วยอวนลากในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยใช้ค่ามัธยฐานของแคคเมียมของสัตว์ทะเลที่มีตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวขึ้นไป จำนวน 8 ชนิด ได้แก่ หมึกกล้วย (*L.devauceli*) ปลาทรายแดง (*N.bipunctatus*) ปลาทรายแดงญี่ปุ่น (*N. japonicus*) ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*) ปลาแพะ (*Parupeneus spp.*) ปลาดาวหางจุดน้ำตาล (*P. macracanthus*) ปลาปากคมหางจุด (*S. undosquamis*) และปลาปากคมหูดำ (*T. myops*) ดังแสดงในรูปที่ 3-7 พบว่าปลาดาวหางจุดน้ำตาลและปลาปากคมหางจุด แพร่กระจายอยู่ในหลายสถานีมากที่สุด

จากแผนภูมิกล่องในรูปที่ 3-7 กลุ่มของปลาดาวหางจุดน้ำตาล (*P. macracanthus*) มีการแปรปรวนของแคคเมียมในเนื้อปลาน้อยที่สุด จึงเลือกมาเพื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของแคคเมียมในแต่ละสถานี พบว่า สถานีที่ 20 เป็นพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของแคคเมียมปริมาณมากที่สุด โดยมีลำดับของการปนเปื้อนตามสถานี ดังนี้ $20 > 57 > 23 > 54 > 37 > 38 > 56 > 47 > 44 > 27$ สถานีที่ 20 ตั้งอยู่แถบอ่าวมาละตะมะ (Gulf of Martaban) ซึ่งเป็นแหล่งขูดเจาะก๊าซธรรมชาติและน้ำมันที่สำคัญของประเทศพม่า (ส่วนเศรษฐกิจต่างประเทศ, 2548) จึงน่าจะเป็นเหตุให้สัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นี้มีโอกาสได้รับมลพิษที่ปนเปื้อนจากอุตสาหกรรมนี้เข้าสู่ร่างกายสูงกว่าพื้นที่อื่น

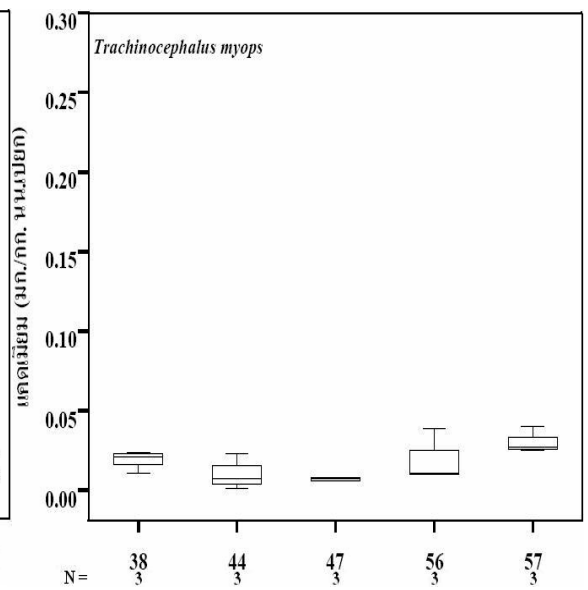
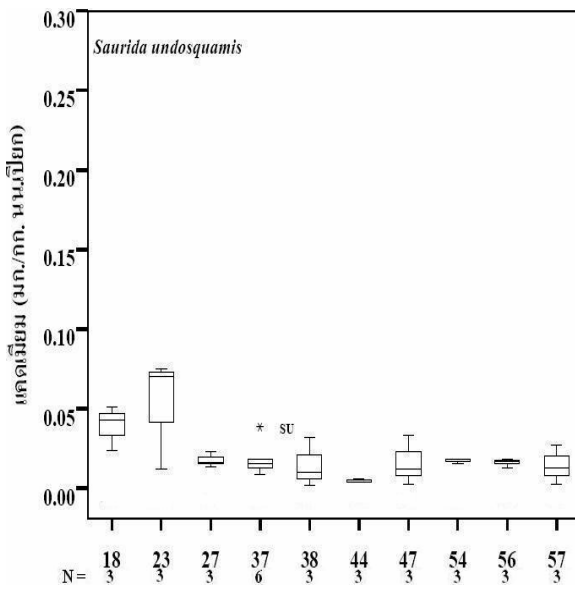
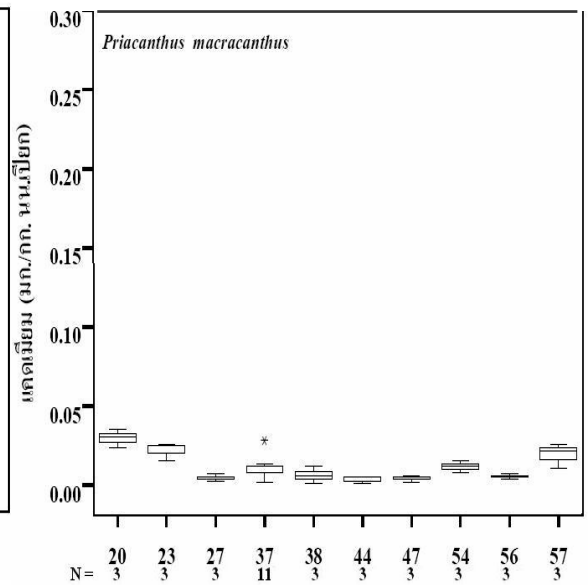
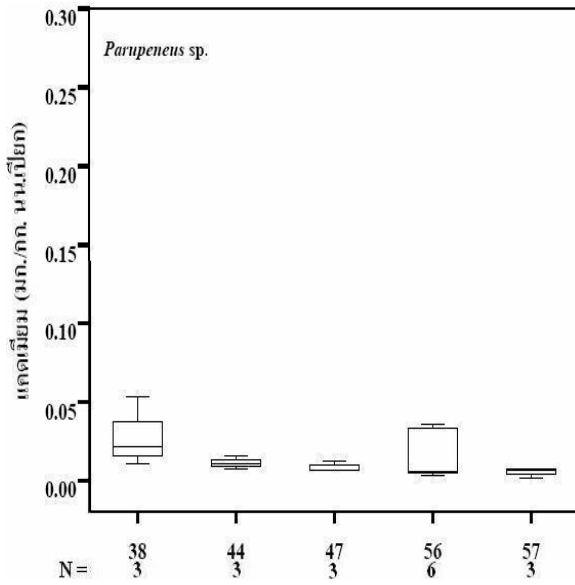
3.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคคเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลกับค่ามาตรฐาน

เมื่อเทียบปริมาณแคคเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 สถานี กับเกณฑ์การยอมให้มีได้ของแคคเมียมในปลาและหมึกจากข้อบังคับคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ซึ่งยอมให้มีแคคเมียมในเนื้อปลาทั่วไป 0.05 มก./กก. ปลานักล่า 0.1 มก./กก. ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบ ที่ยอมให้มีได้ถึง 0.3 มก./กก. และหมึก 1.0 มก./กก. จากรูปที่ 3-6 พบว่า มีปลา 5 ชนิด ที่มีแคคเมียมปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์ คือ ปลาทุบแอก (*D. russelli*) ปลาปากคม (*Saurida sp.*) ปลาหนวดถาญี (*U. moluccensis*) ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) และปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) แต่ยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานของที่กระทรวงสาธารณสุขไทยซึ่งกำหนดให้มีแคคเมียมปนเปื้อนในอาหารทุกชนิดไม่เกิน 1.0 มก./กก. (กระทรวงสาธารณสุข, 2548) อย่างไรก็ตามก็ตีตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนน้อย คือ ตัวอย่างในแต่ละสถานีและแต่ละชนิดมีเพียง 3 ตัว ส่วนปลาน้ำดอกไม้มีเพียง 1 ตัว จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าปลาชนิดเดียวกันตัวอื่นๆ ในพื้นที่นี้ จะมีแคคเมียมปนเปื้อนอยู่ในตัวปลาปริมาณที่สูงเช่นกัน

ส่วนสัตว์ทะเลที่เหลือ จำนวน 26 ชนิด คิดเป็น 81.25% ของตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด มีแคคเมียมในเนื้อเยื่อไม่เกิน 0.05 มก./กก. น้ำหนักเปียก ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป (EU, 2006)



รูปที่ 3-7 การเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของปริมาณแกลตเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ หมึกกล้วย (*L. deavauceli*) ปลาทรายแดง (*N. bipunctatus*) ปลาทรายแดงญี่ปุ่น (*N. japonicus*) ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*) ปลาแพะ (*Parupeneus spp.*) ปลาหนวดถ้ำ (*P. macracanthus*) ปลาปากคมหางจุด (*S. undosquamis*) และปลาปากคมหูดำ (*T. myops*) ของแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง [เส้นหนาดตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

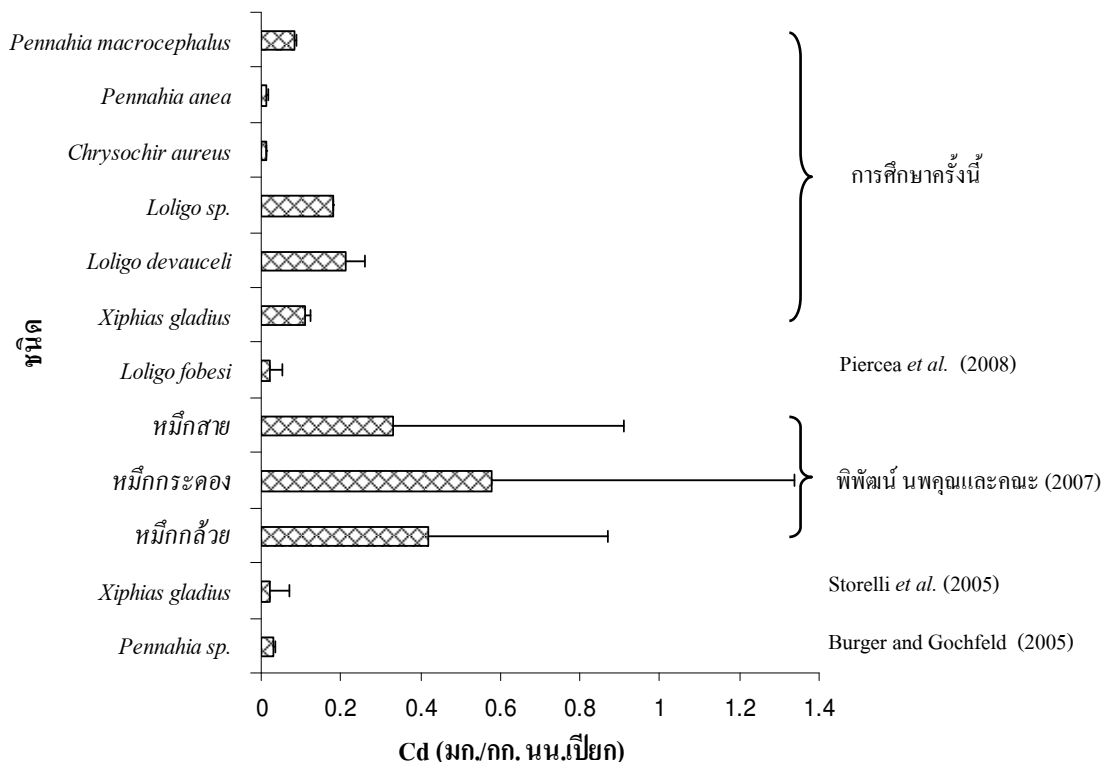


รูปที่ 3-7 (ต่อ)

3.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลกับพื้นที่อื่นๆ

การปนเปื้อนของแคดเมียมในปลาจวด (*Pennahia* sp.) ในการศึกษานี้ ($0.012 \pm 0.003 - 0.085 \pm 0.004$ มก./กก. น้ำหนักเปียก) สูงกว่าที่ Burger and Gochfeld (2005) รายงานในปลาจากรัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศอเมริกา คือ 0.001 ± 0.0004 มก./กก. น้ำหนักเปียก และปลากระโทงแทงดาบในการศึกษาครั้งนี้ (0.11 ± 0.014 มก./กก. น้ำหนักเปียก) มีแคดเมียมสูงกว่าในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนที่รายงานโดย Storelli *et al.* (2005) คือ 0.01 ± 2.00 มก./กก. น้ำหนักเปียก

ส่วนหมีก (*Loligo* spp.) ในการศึกษานี้ มีแคดเมียมอยู่ในช่วง $0.132 - 0.290$ และเฉลี่ย 0.206 ± 0.048 มก./กก. น้ำหนักเปียก ซึ่งน้อยกว่าในหมีกทะเลแห่งหนึ่งของไทย ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเฉลี่ย 0.42 ± 0.45 มก./กก. น้ำหนักเปียก ที่รายงานในพิพัฒน์ นพคุณและคณะ (2007) แต่สูงกว่ารายงานของ Piercea *et al.* (2008) ที่ศึกษาในหมีก (*Loligo forbesi*) ในน่านน้ำอังกฤษที่มีแคดเมียมเฉลี่ย 0.022 ± 0.033 มก./กก. น้ำหนักเปียก (รูปที่ 3-8)



รูปที่ 3-8 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) กับพื้นที่อื่นๆ

3.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในเนื้อกับขนาดของตัวอย่างสัตว์ทะเล

3.4.4.1 ความสัมพันธ์ในภาพรวม

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความยาว น้ำหนัก และปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อของสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติโดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15 พบว่าโดยภาพรวมสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) มีความยาวและน้ำหนักสัมพันธ์กันสูงไปในทิศทางเดียวกัน ($r = 0.894$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่มีปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลสัมพันธ์กันน้อยกว่าความยาว ($r = 0.310$) และน้ำหนัก ($r = 0.182$) ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) รายละเอียดดังตารางที่ 3-8

ความสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมในเนื้อเยื่อกับขนาดของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) มีค่าน้อย เนื่องจากปลาในพื้นที่ศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มปลากลางน้ำและกลุ่มปลาหน้าดิน ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะกลุ่มของปลาหน้าดินซึ่งตัวเต็มวัยมีความยาวไม่เกิน 75 ซม. ขณะที่กลุ่มปลากลางน้ำ ตัวเต็มวัยจะมีความยาวในช่วง 200 – 488 ซม. ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในกลุ่มของหมึกกล้วย (*L. duvauceli*) และปลาลิ้นหมา (*C. cynoglossus*) ที่มีความยาวน้อยกว่าปลากลางน้ำ แต่พบว่าอยู่ในระยะของตัวเต็มวัยแล้ว (Froese and Pauly, 2009) เมื่อสัตว์ทะเลโตเต็มวัยจะหยุดการเจริญเติบโต แต่ยังคงไม่รับแคดเมียมเข้าสู่และสะสมในร่างกายจากการกินอาหาร (McLaughlin *et al.*, 1999) และดูดซึมแคดเมียมเข้าสู่ตัวผ่านทางเหงือกเช่นเดิม (Wood, 2001) ดังนั้นนอกจากการสะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดและพฤติกรรมของสัตว์แล้ว การสะสมยังเพิ่มขึ้นตามอายุ ทำให้พบแคดเมียมในเนื้อปลาสูงทั้งที่มีขนาดเล็ก ดูรายละเอียดขนาดและพฤติกรรมในภาคผนวก ค

ตารางที่ 3-8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันทั้ง 32 ชนิด โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติ โดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15

	ปริมาณแคดเมียม	น้ำหนัก	ความยาว
ปริมาณแคดเมียม	1	.182**	.310**
น้ำหนัก		1	.894**
ความยาว			1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเมียมในเนื้อปลากับความยาวของสัตว์ทะเล จำนวน 10 ชนิด โดยเลือกสัตว์ทะเลที่มีตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวขึ้นไป ดังตารางที่ 3-9 พบว่าในกลุ่มสัตว์ทะเลชนิดเดียวกัน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคะเมียมกับขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) เนื่องจากสัตว์ทะเลบางชนิดที่สุ่มจับมาอยู่ในช่วงของตัวเต็มวัยแล้ว เช่น หมึกกล้วย (*L. duvauceli*) โดยทุกตัวมีความยาวอยู่ในช่วงตัวเต็มวัย คือ 20 – 35 ซม. (Froese and Pauly, 2009) ทำให้ขนาดไม่เปลี่ยนแปลงแต่ยังคงได้รับแคะเมียมเข้าสู่ลำตัวอยู่

ตารางที่ 3-9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) กับปริมาณของแคะเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันทั้ง 32 ชนิด โดยใช้การทดสอบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางสถิติ โดย Bivariate Correlation (Pearson) ด้วย SPSS for Windows Versions 15

ชนิด	ชื่อสามัญ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation)	
		ความยาวกับ แคะเมียม	น้ำหนักกับ แคะเมียม
<i>Loligo duvauceli</i>	หมึกกล้วย (n=9)	0.209	-0.048
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	ทรายแดง (n=9)	0.017	0.053
<i>Nemipterus spp.</i>	ทรายแดง (n=6)	-0.726	-0.527
<i>Nemipterus japonicus</i>	ทรายแดงญี่ปุ่น (n=24)	-0.088	-0.096
<i>Parupeneus spp.</i>	แพะ (n=18)	-0.439	-0.443
<i>Priacanthus macracanthus</i>	ตาหวานจุดน้ำตาล (n=38)	0.063	0.034
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคมหางจุด (n=33)	-0.245	-0.259
<i>Trachinocephalus myops</i>	ปากคมหูดำ (n=15)	-0.244	-0.168
<i>Alopias Superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหู (n=4)	0.257	-0.016
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ (n=12)	0.223	0.143

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

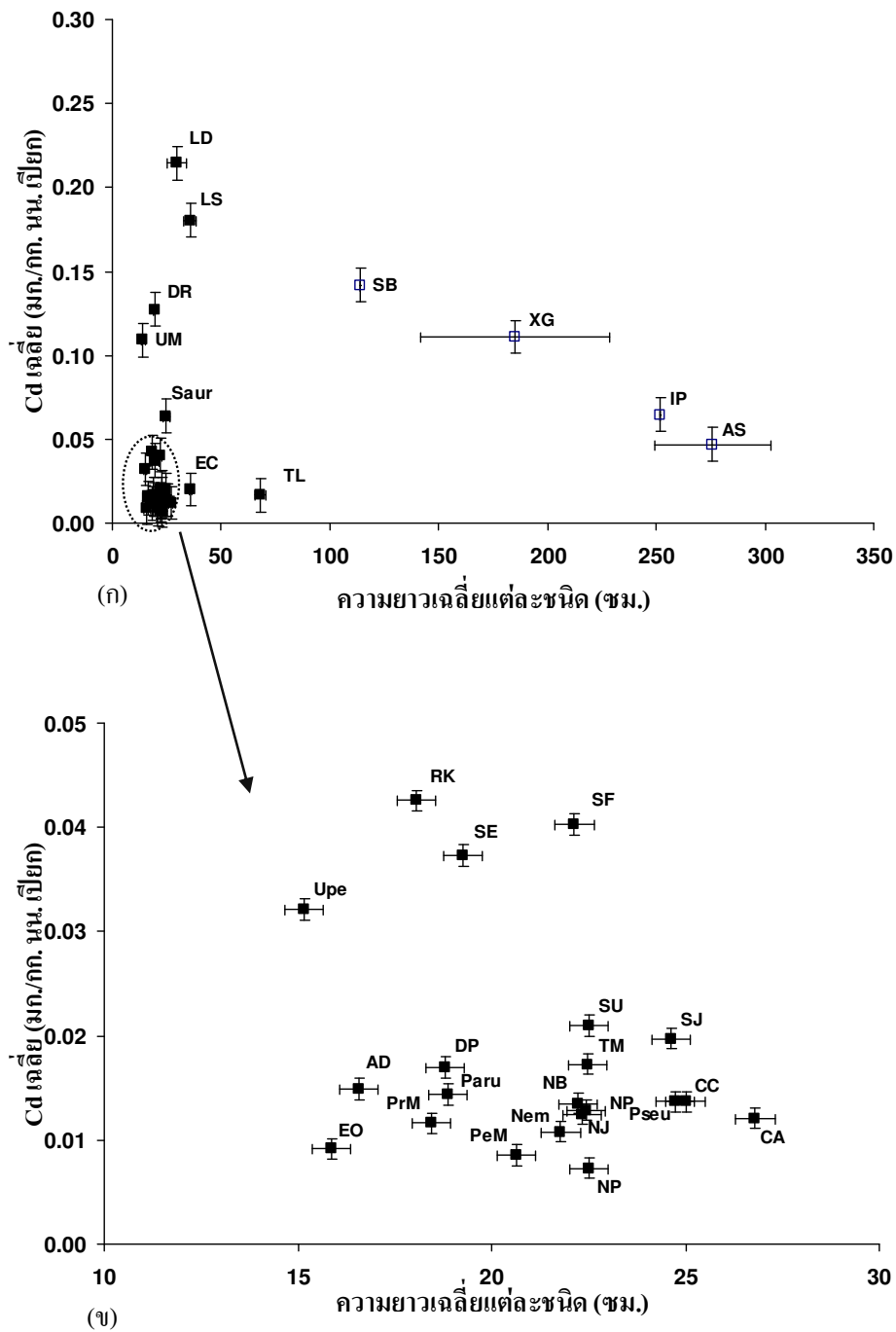
3.4.4.2 ความสัมพันธ์แยกตามชนิดและประเภทเครื่องมือ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแคะเมียมเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ย (ความยาวและน้ำหนัก) ของสัตว์ทะเล โดยแยกตามชนิดของสัตว์ทะเลและประเภทของเครื่องมือ พบว่ากลุ่มที่จับโดยอวนลากหน้าดินมีน้ำหนักไม่เกิน 0.2 กก. และความยาวไม่เกิน 30 ซม. และปลาจากเบ็ดรavnน้ำลึกมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 10 – 100 กก. และความยาวอยู่ในช่วง 100 – 300 ซม. ดังรูปที่ 3-9 และรูปที่ 3-10

ในกลุ่มของสัตว์ทะเลจากอวนลากหน้าดิน ส่วนใหญ่เป็นปลาหน้าดิน ยกเว้นปลาลัง (*R. karnagurta*) ที่เป็นปลากลางน้ำ พบว่ามีแคคเมียมปนเปื้อนในเนื้อปลาใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณากลุ่มปลาที่มีความยาวไม่เกิน 30 ซม. (รูปที่ 3-9ข) และน้ำหนักไม่เกิน 0.2 กก. (รูปที่ 3-10ข) พบปลาปากคม (*S. elongata*) ปลาสาก (*S. forsteri*) ปลาหนวดฤๅษี (*Upeneus* sp.) และปลาลัง (*R. karnagurta*) มีแคคเมียมสูงกว่าปลาชนิดอื่น และเห็นได้ว่าการแคคเมียมเฉลี่ยเมื่อเทียบกับขนาดเฉลี่ยในปลาเหล่านี้แยกออกจากกลุ่มอย่างชัดเจน พฤติกรรมการกินอาหารของปลาเหล่านี้ใกล้เคียงกัน คือ กินกุ้งและปลา และอายุอยู่ในระยะวัยอ่อน โดยมีความยาวไม่เกิน 25 ซม. ขณะที่ตัวโตเต็มวัยจะมีความยาว 50 – 75 ซม. (Froese and Pauly, 2009) จึงส่งผลให้มีแคคเมียมปนเปื้อนในเนื้อเยื่อปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีพฤติกรรมการกินอาหาร อายุ และถิ่นที่อยู่เหมือนกัน (Amundsen *et al.*, 1997)

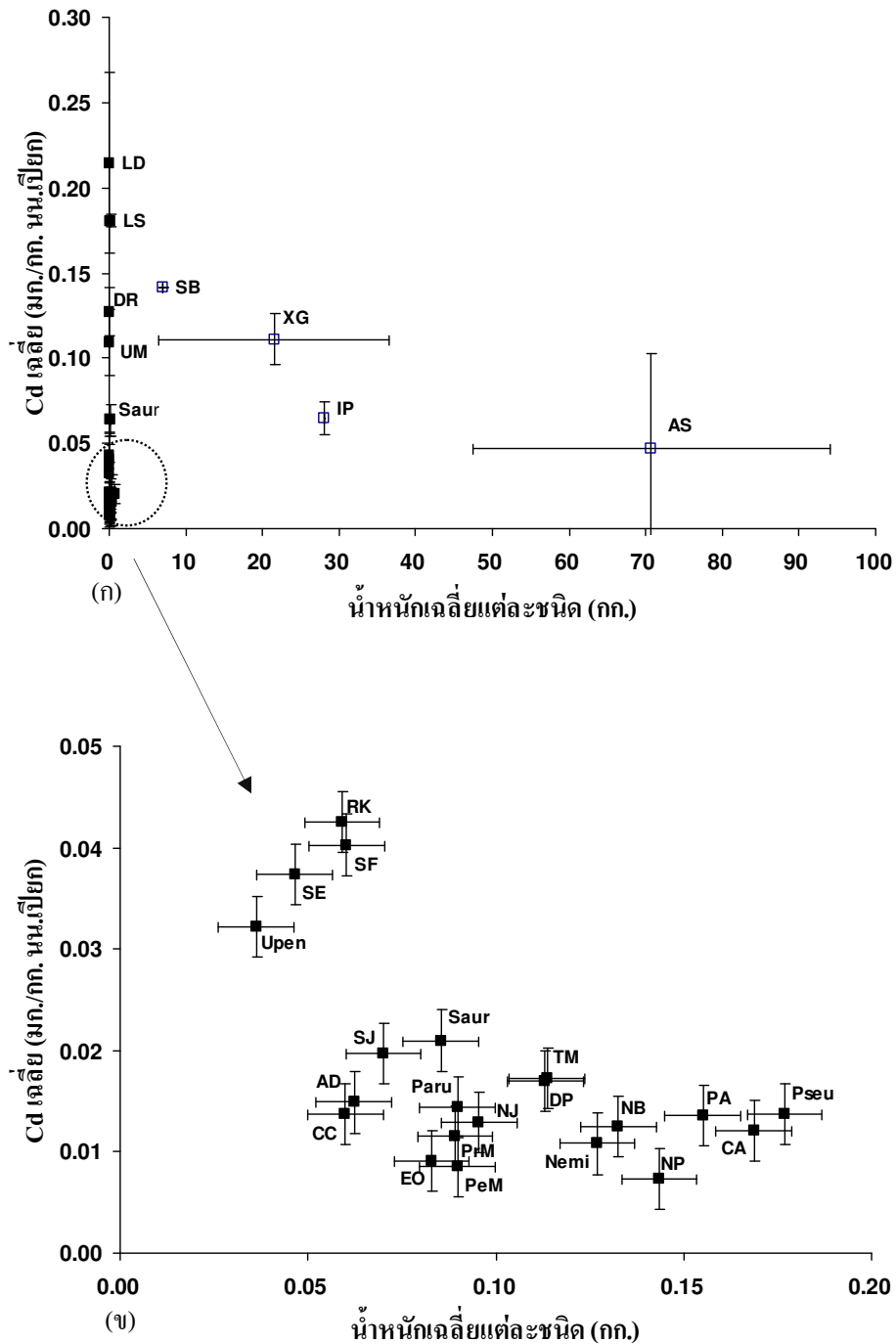
ส่วนปลาที่ได้จากเบ็ดร่อนน้ำลึก ได้แก่ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) ปลาทะโลงร่ม (*I. platypterus*) ปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) และปลาทะโลงแทงดาบ (*X. gladius*) มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 10 – 100 กก. และมีความยาวอยู่ในช่วง 100 – 300 ซม. ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแคคเมียมเฉลี่ยที่สะสมกับขนาดเฉลี่ยของปลาต่างชนิดกัน เนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหาร และที่อยู่อาศัยของปลาเหล่านี้ต่างกัน (Amundsen *et al.*, 1997) โดยปลาทะโลงร่มอาศัยบริเวณแนวปะการัง ส่วนปลาตัวอื่นอาศัยอยู่กลางน้ำ (Froese and Pauly, 2009) อีกทั้งปลาทะโลงแทงดาบเป็นปลาที่ว่ายน้ำเร็ว มีการย้ายถิ่นที่อยู่อาศัย (Canese, 2008) รวมทั้งอายุของปลาต่างกัน เช่น ปลาหางยาวหน้าหนุ มีความยาวมากกว่าปลาชนิดอื่น แต่มีอายุน้อยกว่า และสามารถโตเต็มที่ถึง 488 ซม. ขณะที่ปลากลางน้ำชนิดอื่นๆ โตเต็มที่ได้เพียง 200 – 455 ซม. (Froese and Pauly, 2009)

จากการศึกษานี้จะเห็นว่ากลุ่มสัตว์ทะเลต่างชนิดกันบางชนิด ที่มีพฤติกรรมการกินอาหาร อายุ และแหล่งที่อยู่อาศัยคล้ายคลึงกัน จะสะสมแคคเมียมในเนื้อเยื่อในแนวโน้มนัยเดียวกัน เช่น ปลาลัง ปลาปากคม ปลาสาก และปลาหนวดฤๅษี นั่นคือ ในสัตว์ทะเลที่มีอายุใกล้เคียงกัน เมื่อสัตว์ทะเลมีขนาดใหญ่ขึ้น (ความยาวกับน้ำหนัก) จะมีระดับแคคเมียมปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Burger and Gochfeld, 2005) เมื่อถึงระยะตัวเต็มวัยขนาดของสัตว์ทะเลจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่ยังได้รับแคคเมียมเข้าสู่และสะสมในลำตัวอยู่ตลอดจากการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายผ่านทางเหงือก (Pagenkopf, 1983) และการกินอาหาร (Scheifler, 2002) ทำให้ปริมาณแคคเมียมไม่สัมพันธ์กับขนาดของสัตว์ทะเล



รูปที่ 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก.นน.เปียก) กับความยาวทั้งหมดเฉลี่ย (กก.) ของ (ก) สัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และ (ข) สัตว์ทะเลที่มีความยาวไม่เกิน 30 ซม.

[□ แสดงตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรวน้ำลึก จำพวกปลากลางน้ำ ■ แสดงตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้วนลากหน้าดิน จำพวกปลาหน้าดินและหมึก]



รูปที่ 3-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับน้ำหนักเฉลี่ย (กก.) ของ (ก) สัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และ (ข) สัตว์ทะเลที่มีน้ำหนักไม่เกิน 0.2 กก.

[□ แสดงตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดราวน้ำลึก จำพวกปลากลางน้ำ ■ แสดงตัวอย่างสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้อวนลากหน้าดิน จำพวกปลาหน้าดินและหมีก]

3.5 การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยในการบริโภค

จากการวิเคราะห์หาแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภค โดยใช้ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ด้วยสมการ 2-1 และสมการ 2-2 ในบทที่ 2 และปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค (Provisional Tolerable Weekly Intake; PTWI) สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic effect) สมการ 2-3 ในบทที่ 2 หากค่า $HQ > 1$ แสดงว่าแคดเมียมที่ได้รับอยู่ในระดับมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ถ้าค่า $HQ \leq 1$ แสดงว่าแคดเมียมที่ได้รับนั้นไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค (US-EPA, 1989 และ 2005; Kofı, 2002; พงษ์เทพ วิศวกรรมะเดช, 2547) ตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข

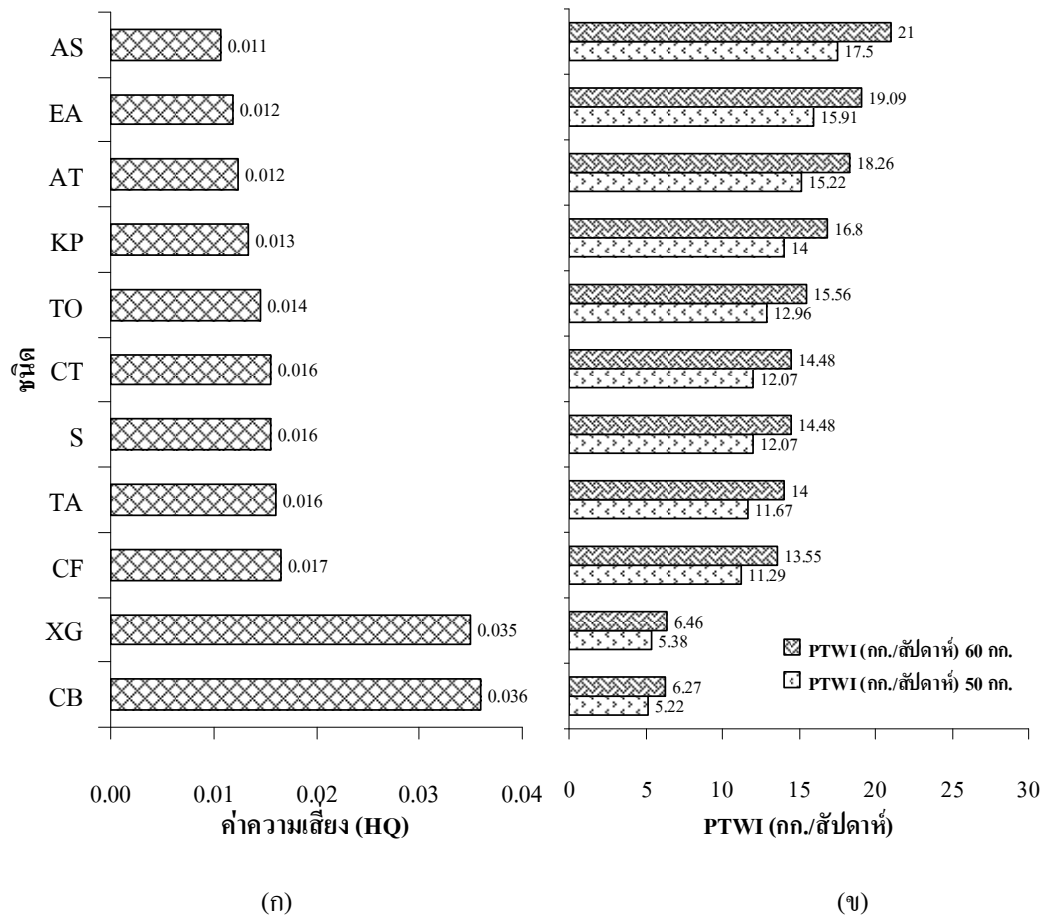
3.5.1 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล

ค่า HQ และค่า PTWI ของปลาจากอ่าวเบงกอลทั้ง 11 ชนิด แสดงในตารางที่ ข-1 ภาคผนวก ข และรูปที่ 3-11 โดยส่วนใหญ่จะมีค่า HQ อยู่ในช่วง 0.011 – 0.017 ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบและปลาฉลามครีบดำ ที่มีค่า HQ สูงกว่าปลาชนิดอื่นมาก คือ 0.035 และ 0.036 ตามลำดับ (รูปที่ 11ก) อย่างไรก็ตามค่า HQ จากการได้รับแคดเมียมที่ปนเปื้อนในปลาเข้าสู่ร่างกายยังต่ำกว่า 1 อยู่มาก ดังนั้นการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอลจึงไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ค่า PTWI ของปลาทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ดังแสดงในรูปที่ 3-11 พบว่าปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ สามารถบริโภคได้มากที่สุด คือ 17.5 และ 21 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ รองลงมา คือ ปลากลุ่มปลาทูน่า ยกเว้นปลาทูน่าครีบลีง โดยมีค่า PTWI อยู่ในช่วง 12.96 - 15.91 และ 15.56 - 19.09 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ สัตว์ทะเลที่บริโภคได้น้อยที่สุด คือ ปลาฉลามครีบดำ มีค่า PTWI เท่ากับ 5.22 และ 6.27 กก./สัปดาห์ และปลากระโทงแทงดาบ มีค่า PTWI เท่ากับ 5.38 และ 6.46 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ

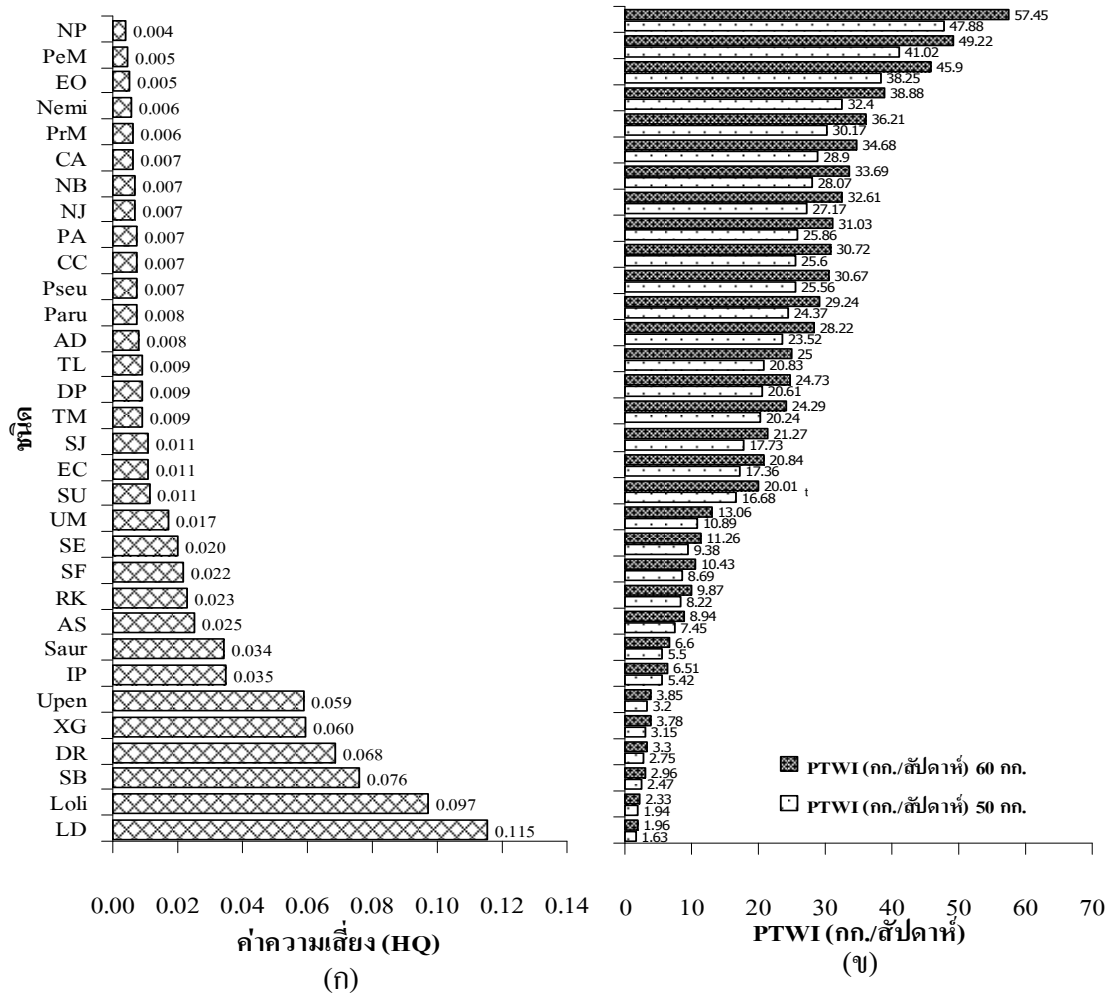
3.5.2 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ค่า HQ และค่า PTWI ของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่าทั้ง 32 ชนิด แสดงในตารางที่ ข-2 ภาคผนวก ข และรูปที่ 3-12 พบว่าค่า HQ ของหมึกกล้วยมีค่ามากที่สุด คือ 0.115 รองลงมา คือ ปลากลางน้ำ ที่มีค่า HQ อยู่ในช่วง 0.025 – 0.076 ส่วนปลาหน้าดินมีค่า HQ น้อยที่สุด คือ มีค่าอยู่ในช่วง 0.004 – 0.023 อย่างไรก็ตามค่า HQ ยังมีค่าต่ำกว่า 1 อยู่มาก การบริโภคสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) จึงไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค



รูปที่ 3-11 (ก) ค่าสัดส่วนความเสี่ยงของสัตว์ทะเลที่มีแคดเมียมปนเปื้อน และ (ข) ปริมาณที่บริโภคได้ต่อสัปดาห์ของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลทั้ง 11 ชนิด ที่มีแคดเมียมปนเปื้อน สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 กก. และ 60 กก.

[AS = *Alopias superciliosus* ; CB = *Carcharhinus brachyurus*; CF = *Carcharhinus falciformis*; S = Shark; AT = *Auxis thazard*; EA = *Euthynnus affinis*; TA = *Thunnus albacares*; KP = *Katsuwonus pelamis*; TO = *Thunnus obesus*; CT = *Caranx tille*; XG = *Xiphias gladius*]



รูปที่ 3-12 (ก) ค่าสัดส่วนความเสี่ยงของสัตว์ทะเลที่มีแคดเมียมปนเปื้อน และ (ข) ปริมาณที่บริโภคได้ต่อสัปดาห์ของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 ชนิด ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนสำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 กก. และ 60 กก.

[LD = *Loligo devaueceli*; Loli = *Loligo sp.*; AD = *Alepes djedaba*; CA = *Chrysochir aureus*; CC = *Cynoglossus cynoglossus*; DP = *Drepane punctata*; DR = *Decapterus russelli*; EC = *Epinephelus coioides*; EO = *Ephippus orbis*; NB = *Nemipterus bipunctatus*; Nem = *Nemipterus spp.*; NJ = *Nemipterus japonicus*; NP = *Nemipterus peronii*; PA = *Pennahia anea*; Paru = *Parupeneus spp.*; PeM = *Pennahia macrocephalus*; PrM = *Priacanthus macracanthus*; Pseu = *Pseudorhombus sp.*; RK = *Rastrelliger karnagurta*; Saur = *Saurida sp.*; SE = *Saurida elongata*; SF = *Sphyaena forsters*; SJ = *Sphyaena jello*; SU = *Saurida undosquamis*; TL = *Trichiurus lepturus*; TM = *Trachinocephalus myops*; UM = *Upeneus moluccensis*; Uper = *Upeneus sp.*; AS = *Alopias Superciliosus*; IP = *Istiophorus platypterus*; SB = *Sphyaena barracuda*; XG = *Xiphias gladius*]

ค่า PTWI ของสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ดังแสดงในรูปที่ 3-12 พบว่าสัตว์ทะเลที่สามารถบริโภคได้มากที่สุด คือ ปลาทรายแดง (*N. peroni*) มีค่า PTWI เท่ากับ 47.88 และ 57.45 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ ส่วนสัตว์ทะเลที่มีค่า PTWI น้อยที่สุด คือ หมึกกล้วย มีค่า PTWI เท่ากับ 1.63 และ 1.96 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่า กลุ่มปลาหน้าดิน เป็นสัตว์ทะเลที่มีความปลอดภัยในการบริโภคมากที่สุด คือ มีค่า PTWI อยู่ในช่วง 3.2 – 47.88 และ 3.85 – 57.45 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ รองลงมา คือ กลุ่มปลากลางน้ำ มีค่า PTWI อยู่ในช่วง 2.47 – 7.45 และ 2.96 – 8.94 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ ส่วนสัตว์ทะเลที่มีค่า PTWI น้อยที่สุด คือ กลุ่มหมึก มีค่าอยู่ในช่วง 1.63 – 1.94 และ 1.96 – 2.33 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 50 และ 60 กก. ตามลำดับ

3.6 การเปรียบเทียบสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน

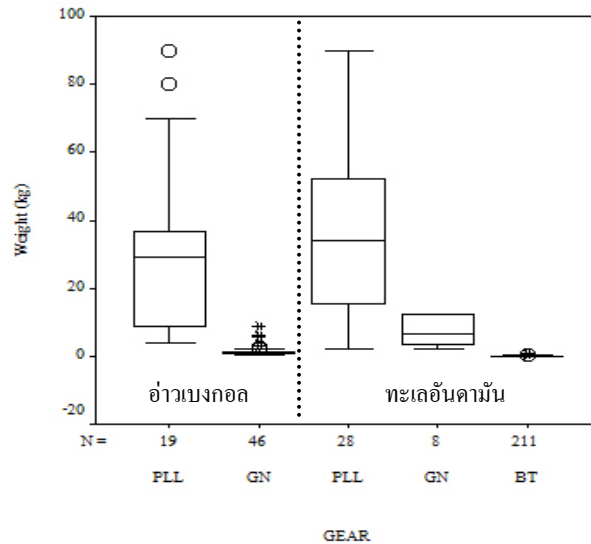
เนื่องจากพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ มีการซ้อนทับกัน คือ พื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทะเลอันดามัน ดังนั้น จึงได้รวมพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล กับน่านน้ำพม่า และนำสัตว์ทะเลในพื้นที่ดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับสัตว์ทะเลในพื้นที่ที่เหลือของอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B)

3.6.1 การเปรียบเทียบขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) แยกตามประเภทเครื่องมือประมง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน ตามประเภทเครื่องมือประมง (อวนลอย เบ็ดราน้ำลึก และอวนลากหน้าดิน) ด้วยค่ามัธยฐานและแสดงผลเป็นแผนภูมิกล่อง ดังรูปที่ 3-13 และทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติด้วย T-Test แบบ Independent Samples T-test และ One - Way ANOVA พบว่า

- ขนาดสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) ที่จับด้วยเบ็ดราน้ำลึกและอวนลอย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ฅ-3 ภาคผนวก ฅ)
- ขนาดสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามันที่จับด้วยเบ็ดราน้ำลึก อวนลอย และอวนลากหน้าดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ฅ-4 ภาคผนวก ฅ)
- ขนาดสัตว์ทะเลที่จับด้วยเบ็ดราน้ำลึกจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) (ตารางที่ ฅ-5 ภาคผนวก ฅ)

- ขนาดสัตว์ทะเลที่จับด้วยอวนลอยจากทั้ง 2 พื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ๓-6 ภาคผนวก ๓)



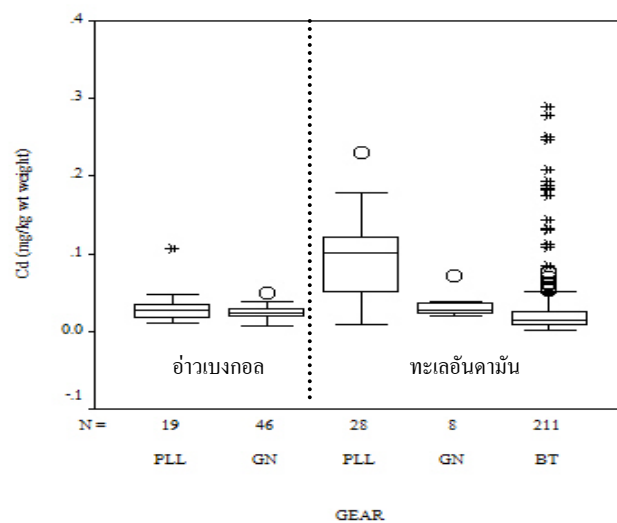
รูปที่ 3-13 การเปรียบเทียบขนาดของสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามันแยกตามประเภทเครื่องมือประมง โดยที่ PLL = Pelagic long line; GN = Gill net; BT = Bottom trawl

[เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

3.6.2 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมแยกตามประเภทเครื่องมือประมง

การเปรียบเทียบระดับแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน ตามประเภทเครื่องมือประมง (อวนลอย เบ็ดราน้ำลึก และอวนลากหน้าดิน) ด้วยค่ามัธยฐานและแสดงผลเป็นแผนภูมิกล่อง ดังรูปที่ 3-14 และทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติด้วย T-Test แบบ Independent Samples T-test และ One - Way ANOVA พบว่า

- ระดับแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับด้วยเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย จากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ ฉ-7 ภาคผนวก ฉ)
- ระดับแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน ที่จับด้วยเบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอย และอวนลากหน้าดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ฉ-8 ภาคผนวก ฉ)
- ระดับแคดเมียมในสัตว์ทะเล ที่จับด้วยเบ็ดรavnน้ำลึกจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ฉ-9 ภาคผนวก ฉ)
- ระดับแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับด้วยอวนลอยจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ ฉ-10 ภาคผนวก ฉ)



รูปที่ 3-14 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับ ทะเลอันดามันแยกตามประเภทเครื่องมือประมงที่ใช้จับ โดยที่ GN = Gill net; PLL = Pelagic long line; BT = Bottom trawling
 [เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

3.6.3 การเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อปลาชนิดเดียวกันที่ลุ่มจับพื้นที่อ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน

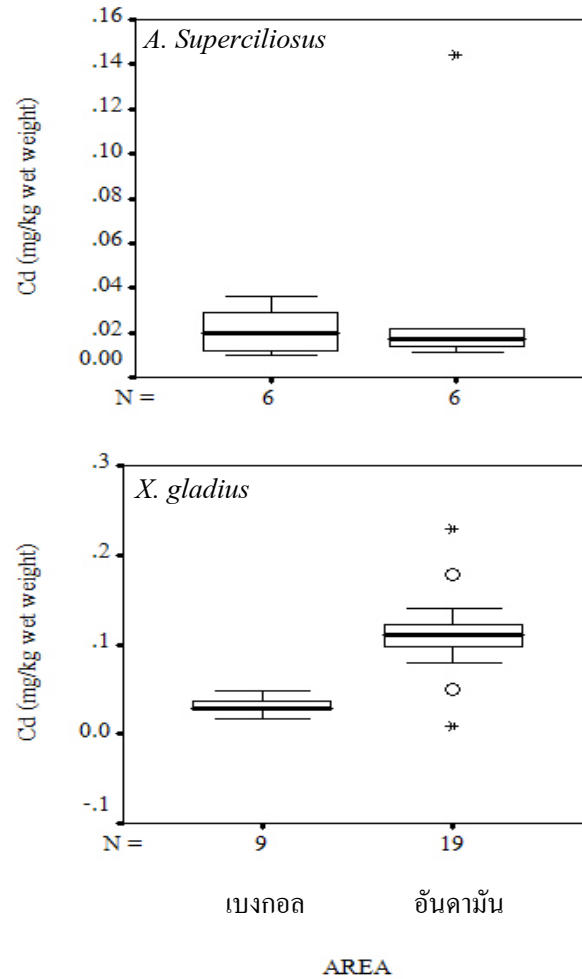
เนื่องจากปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. Superciliosus*) และปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) เป็นปลา 2 ชนิด ที่มีการแพร่กระจายอยู่ทั้งในอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน จากการเปรียบเทียบดังรูปที่ 3-15 พบว่า แคดเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาวหน้าหนุจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) รายละเอียดดังตารางที่ จ-11 ภาคผนวก จ ส่วนปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) รายละเอียดดังตารางที่ จ-12 ภาคผนวก จ โดยปลากระโทงแทงดาบที่จับได้จากทะเลอันดามัน มีแคดเมียมสูงกว่าในปลากระโทงแทงดาบที่จับได้จากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B)

3.6.4 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ย

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระดับแคดเมียมในเนื้อเยื่อกับขนาดเฉลี่ยของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน โดยแบ่งตามเครื่องมือประมงดังรูปที่ 3-16 พบว่า แคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน มีความสัมพันธ์กับขนาด (ความยาวและน้ำหนัก) ในกลุ่มของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้อวนลอย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปลาหูฉลาม นั่นคือ เมื่อขนาดเพิ่มขึ้นปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลจะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Burger and Gochfeld (2005) ที่พบว่าขนาดมีผลต่อการปนเปื้อนของแคดเมียมในเนื้อปลา ส่วนสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เครื่องมืออื่นไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างชนิด อายุ ถิ่นที่อยู่อาศัย และพฤติกรรมการกินอาหาร (Amundsen *et al.*, 1997; Scheifler, 2002; Burger and Gochfeld, 2005)

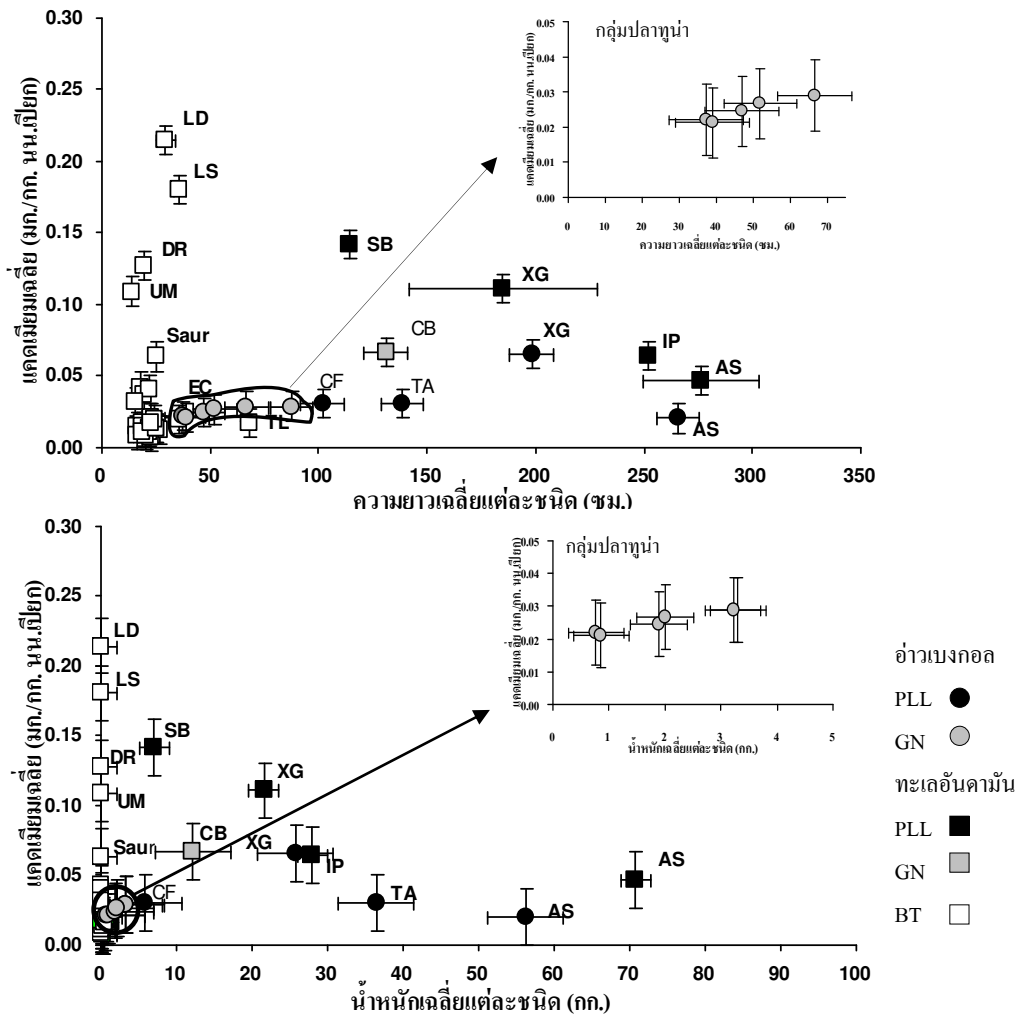
3.6.5 การเปรียบเทียบความเสียดและความปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเลชนิดเดียวกันที่ลุ่มจับของอ่าวเบงกอลกับทะเลอันดามัน

จากการศึกษาปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลชนิดเดียวกัน จากอ่าวเบงกอลกับทะเลอันดามัน พบว่าส่วนใหญ่มีแคดเมียมปนเปื้อนไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป (EU, 2006) โดยค่า HQ มีค่าต่ำกว่า 1 มาก จึงสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ



รูปที่ 3-15 การเปรียบเทียบปริมาณของแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลที่จับจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามัน ในปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. Superciliosus*) และปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*)

[เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]



รูปที่ 3-16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. น้ำหนักเปียก) กับความยาวเฉลี่ย (ซม.) และน้ำหนักเฉลี่ย (กก.) ของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) กับทะเลอันดามันที่จับโดยใช้เครื่องมือ เบ็ดรวนน้ำลึก (PLL) อวนลอย (GN) และอวนลากหน้าดิน (BT)

อย่างไรก็ตามแคดเมียมสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต จึงต้องเฝ้าระวังและเลือกบริโภคให้เหมาะสม จากที่ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) กำหนดให้ได้รับแคดเมียมได้ไม่เกิน 7 มก./กก. น้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ (JECFA, 2005) เมื่อคำนวณเป็นค่า PTWI หรือปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเลจาก อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน พบว่าค่า PTWI ของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดแตกต่างกัน

ค่า PTWI สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม ของสัตว์ทะเลจากมีค่า 6.27 – 21 กก./สัปดาห์ แต่ต้องระวังการบริโภคปลาฉลามครีบดำและปลากระโทงแทงดาบ เนื่องจากทั้ง 2 ชนิดมีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในเนื้อปลาค่อนข้างสูง สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม จึงมีปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคได้ไม่เกิน 6.27 และ 6.46 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ที่บริโภคได้ในปริมาณมากที่สุด คือ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลาโอลาย และปลาโอเกลบ ในภาพรวมไม่ควรบริโภคสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลเกินกว่า 14.55 ± 4.44 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม

ค่า PTWI สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม ของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน อยู่ในช่วง 1.96 – 57.45 กก./สัปดาห์ สัตว์ทะเลชนิดที่มีค่า PTWI ต่ำและควรระวังในการบริโภค ได้แก่ สัตว์จำพวกหมีก ปลาตีนดอกไม้ ปลาหูแขก ปลากระโทงแทงดาบ ปลาหนวดฤๅษี ปลากระโทงร่ม ปลาปากคม ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ และปลาลัง ส่วนสัตว์ทะเลที่บริโภคได้มาก ส่วนใหญ่เป็นปลาหน้าดินซึ่งอยู่ในช่วงปริมาณ 10.43 – 57.45 กก./สัปดาห์ โดยปลาทรายแดง (*N. peroni*) บริโภคได้ปริมาณสูงที่สุด คือ 57.45 กก./สัปดาห์ ในภาพรวมไม่ควรบริโภคปลาจากทะเลอันดามันเกินกว่า 21.86 ± 14.99 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาระดับแคดเมียมในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ พบว่าในเนื้อสัตว์ทะเลเหล่านี้มีแคดเมียมปนเปื้อนและอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับแคดเมียมที่ปนเปื้อนจากการบริโภคสัตว์ทะเล สรุปได้ดังต่อไปนี้

4.1 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล

ตัวอย่างปลา 11 ชนิด 78 ตัว จากอ่าวเบงกอล ซึ่งเก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 25 ตุลาคม ถึง 21 ธันวาคม พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการ “The Joint Survey of BI-STEC Member Countries on Assessment and Management of Marine Resources in the Bay of Bengal” โดยใช้เครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ เบ็ดร่อนน้ำลึก (pelagic longline) และอวนลอย (drift gillnet) พบว่า ปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) มีแคดเมียมสะสมมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.066 ± 0.061 มก./กก. น้ำหนักเปียก รองลงมา คือ ปลาฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) มีแคดเมียมเฉลี่ย 0.039 ± 0.023 มก./กก. น้ำหนักเปียก ส่วนปลาที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (*A. superciliosus*) มีแคดเมียมเฉลี่ย เท่ากับ 0.019 ± 0.008 มก./กก. น้ำหนักเปียก

อย่างไรก็ตามแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ไม่เกิน 0.05 มก./กก. น้ำหนักเปียก เนื่องจากเป็นกลุ่มปลาที่มีพฤติกรรมที่เหมือนกัน คือ กินสัตว์เป็นอาหารและทุกชนิดเป็นปลากลางน้ำ (pelagic) และมีขนาดไม่แตกต่างกัน

จากค่ามัธยฐาน เมื่อเทียบกับเกณฑ์การยอมให้มีได้ของแคดเมียมในปลาตามข้อบังคับคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ซึ่งยอมให้มีแคดเมียมในเนื้อปลาทั่วไป 0.05 มก./กก. ส่วนปลานักล่าบางชนิด (เช่น กลุ่มปลาทูน่า) ยอมให้มีได้ 0.1 มก./กก. ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบที่ยอมให้มีได้ถึง 0.3 มก./กก. พบว่า ปลาส่วนใหญ่จากอ่าวเบงกอลที่วิเคราะห์ในการศึกษานี้ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยในการบริโภค และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ของกระทรวงสาธารณสุขไทย (2548) ที่ยอมให้ในอาหารมีแคดเมียมสูงถึง 1.0 มก./กก. การปนเปื้อนของแคดเมียมในปลาจากอ่าวเบงกอลจึงยังอยู่ในระดับที่ต่ำ

4.2 ปริมาณแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ตัวอย่างสัตว์ทะเล 32 ชนิด 230 ตัวอย่าง จากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า ซึ่งเก็บตัวอย่างระหว่างวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 15 มีนาคม พ.ศ. 2550 ภายใต้โครงการ “The National Research Survey in the EEZ of Myanmar Waters” โดยใช้เครื่องมือประมง 3 ประเภท คือ อวนลากหน้าดิน (bottom trawl) และเบ็ดร่อนน้ำลึก (pelagic longline) พบว่ากลุ่มหมีก (*Loligo* spp.) มีแคดเมียมเฉลี่ยสูงกว่าสัตว์ทะเลในกลุ่มอื่น หมีกกล้วย (*L. duvauceli*) มีแคดเมียมเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.214 ± 0.053 มก./กก. น้ำหนักเปียก รองลงมา คือ หมีก (*Loligo* sp.) มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในเนื้อ 0.18 ± 0.003 มก./กก. น้ำหนักเปียก ส่วนสัตว์ทะเลที่มีแคดเมียมปนเปื้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่ ปลาทรายแดง (*N. peronii*) มีแคดเมียมเฉลี่ย เท่ากับ 0.007 ± 0.002 มก./กก. น้ำหนักเปียก

จากค่ามัธยฐาน เมื่อเทียบกับเกณฑ์ตามข้อบังคับคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ซึ่งยอมให้มีแคดเมียมในเนื้อปลาทั่วไป ปลานักล่าบางชนิด ปลากระโทงแทงดาบ และหมีก เท่ากับ 0.05, 0.1, 0.3 และ 1.0 มก./กก. พบว่า มีปลา 5 ชนิด ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ปลาทุแ่ง (*D. russelli*) ปลาปากคม (*Saurida* sp.) ปลาหนวดฤๅษี (*U. moluccensis*) ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) และ ปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) แต่ยังคงต่ำกว่าค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขไทย (2548) ที่กำหนดให้อาหารทุกชนิดไม่ควรมีแคดเมียมเกิน 1.0 มก./กก.

4.3 การประเมินความเสี่ยง

4.3.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล

ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) ของการได้รับแคดเมียมจากการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล ทั้ง 11 ชนิด ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 0.011 – 0.017 ยกเว้นปลากระโทงแทงดาบและปลาฉลามครีบดำ ที่แม้ว่าจะมีค่า HQ สูงกว่าปลาชนิดอื่นโดยมีค่า 0.035 และ 0.036 ตามลำดับ แต่ก็ยังมีค่าต่ำกว่า 1 อยู่มาก ดังนั้นการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอลจึงไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงจากแคดเมียมต่อสุขภาพของผู้บริโภค

4.3.2 ความเสี่ยงในการบริโภคสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ค่า HQ ของการได้รับแคดเมียมจากสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้ง 32 ชนิด พบว่า หมีกกล้วย (*L. duvauceli*) มีค่า HQ มากที่สุด คือ 0.115 ปลาถางน้ำ ที่มีค่า HQ อยู่ในช่วง 0.025 – 0.076 ส่วนปลาหน้าดินมีค่า HQ น้อยที่สุด คือ อยู่ในช่วง 0.004 – 0.023 ซึ่งยังมีค่าต่ำกว่า 1 อยู่มาก ดังนั้น จึงยังไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงจากแคดเมียมต่อสุขภาพของผู้บริโภค

4.4 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์

4.4.1 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล

จากค่า PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) ของปลาทั้ง 11 ชนิด จากอ่าวเบงกอล พบว่า ค่า PTWI เฉลี่ย หรือปริมาณที่บริโภคได้ปลอดภัยเฉลี่ยอยู่ที่ 14.55 ± 4.44 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม

ปลาที่มีค่า PTWI หรือสามารถบริโภคได้มากที่สุด คือ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุรองลงมา คือ กลุ่มปลาทูน่า ยกเว้น ปลาทูน่าครีบลีง (*T. Albacares*) ส่วนปลาที่มีค่า PTWI น้อยที่สุด คือ ปลาฉลามครีบดำและปลากระโทงแทงดาบ โดยผู้ที่มีน้ำหนักตัวปกติที่ 60 กก. สามารถบริโภคปลาฉลามหางยาวหน้าหนุได้ 21 กก./สัปดาห์ บริโภคปลาในกลุ่มปลาทูน่าในช่วง 15.56 – 19.09 กก./สัปดาห์ ส่วนการบริโภคปลาฉลามครีบดำและปลากระโทงแทงดาบอยู่ที่ 6.27 และ 6.46 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ

สำหรับชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 50 กก. สามารถบริโภคปลาฉลามหางยาวหน้าหนุได้ 17.5 กก./สัปดาห์ บริโภคปลาในกลุ่มปลาทูน่าในช่วง 12.96 – 15.91 กก./สัปดาห์ ส่วนการบริโภคปลาฉลามครีบดำและปลากระโทงแทงดาบอยู่ที่ 5.22 และ 5.38 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ

4.4.2 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

จากค่า PTWI ของสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) พบว่า ค่า PTWI เฉลี่ย หรือปริมาณที่บริโภคได้ปลอดภัยเฉลี่ยอยู่ที่ 21.86 ± 14.99 กก./สัปดาห์ สำหรับผู้มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม

ปลาที่มีค่า PTWI หรือสามารถบริโภคได้มากที่สุด คือ ปลาทรายแดง (*N. Peroni*) และที่บริโภคได้น้อยที่สุด คือ สัตว์ทะเลในกลุ่มหมึก โดยผู้ที่มีน้ำหนักตัวปกติที่ 60 กก. สามารถบริโภคปลาทรายแดงได้ 57.45 กก./สัปดาห์ และบริโภคหมึกกล้วย (*L. duvauceli*) ได้น้อยที่สุด คือไม่เกิน 1.96 กก./สัปดาห์ โดยบริโภคสัตว์ทะเลในกลุ่มปลาหน้าดิน กลุ่มปลากลางน้ำ (ซึ่งเป็นปลานักล่า) และกลุ่มหมึก ได้ในช่วง 3.85 – 57.45, 2.96 – 8.94 และ 1.96 – 2.33 กก./สัปดาห์

สำหรับชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 50 กก. สามารถบริโภคปลาทรายแดงได้ 47.88 กก./สัปดาห์ และบริโภคหมึกกล้วยได้ไม่เกิน 1.63 กก./สัปดาห์ โดยบริโภคสัตว์ทะเลในกลุ่มปลาหน้าดิน กลุ่มปลากลางน้ำ และกลุ่มหมึก ได้ในช่วง 3.2 – 47.88, 2.47 – 7.45 และ 1.63 – 1.94 กก./สัปดาห์

4.5 ข้อเสนอแนะ

- 1) ไม่ควรบริโภคปลาขนาดใหญ่และหมึกในปริมาณมาก เนื่องจากปลาขนาดใหญ่และหมึก มีแคดเมียมสะสมสูงกว่าปลาขนาดเล็ก
- 2) ควรศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแคดเมียมเป็นโลหะปริมาณน้อยที่มีพิษสูง และสามารถสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม และถ่ายทอดผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ที่อยู่ในลำดับสูงสุดของห่วงโซ่อาหาร
- 3) เนื่องจากแคดเมียมมีความเป็นพิษสูง แต่เกณฑ์มาตรฐานของแคดเมียมของกระทรวงสาธารณสุขไทย (2548) ที่กำหนดเกณฑ์ยอมให้ในอาหารมีแคดเมียมสูงถึง 1.0 มก./กก. เพียงค่าเดียว ซึ่งสูงมาก เมื่อเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ที่ยอมให้มีแคดเมียมในเนื้อปลาทั่วไป ปลานักล่าบางชนิด ปลากระโทงแทงดาบ และหมึก เท่ากับ 0.05, 0.1, 0.3 และ 1.0 มก./กก. ดังนั้นในระยะยาวกระทรวงสาธารณสุขไทยควรพิจารณาปรับปรุง

บรรณานุกรม

- กระทรวงสาธารณสุข. 2548. *ประกาศคณะกรรมการมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ: ปลาหมึก พ.ศ. 2548* ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 122 ตอนที่ 82ง วันที่ 29 กันยายน 2548.
- กรมทรัพยากรธรณี. โสมเพจ. 2550. ธรณีวิทยาบริเวณทะเลอันดามัน เข้าถึงได้จาก http://www.dmr.go.th/geothai/andaman_geo.html. (สืบค้นเมื่อ 4 มิถุนายน 2550).
- กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง. โสมเพจ. 2550. สถิติการประมง 2547. เข้าถึงได้จาก <http://www.fisheries.go.th/it-stat/Index.html> (สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2550).
- เขมชาติ ธนากิจชาญเจริญ, นงนาถ เมฆรังสีมันต์ และสุรัชย์ ศิลาภรณ์โชติ. 2551. ประโยชน์และความ เป็นพิษของโลหะแคดเมียม. วศ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 5 หน้า.
- พิพัฒน์ นพคุณ กาญจนา พันธุ์เวช และสุพัฒน์ แสงสวอย. 2007. แคดเมียมในผลิตภัณฑ์อาหารทะเล (พ.ศ. 2538 - 2548). ว. กรมวิทย์ พ 2550. 49(3):210-216.
- พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ. 2547. *การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ*. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. นนทบุรี. 245 หน้า.
- แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. 2535. *Principles and Techniques of Instrumental Analysis*. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์. 886 หน้า.
- เรื่องไร โตกฤษณะ. 2548. ทรัพยากรประมงทะเลไทยกับนโยบายทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม. เข้าถึงได้จาก <http://www.thaienviforum.net>. (สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2550).
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน. 2550. *รายงานการประชุมศูนย์วิจัยและพัฒนาประมง ทะเลฝั่งอันดามัน*. กรมประมง.
- ส่วนเศรษฐกิจต่างประเทศ ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย. 2548. *ก๊าซ ธรรมชาติและน้ำมันในประเทศพม่า*. เข้าถึงได้จาก http://www.exim.go.th/doc/research/targeted_country/6924.pdf (สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2550).
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. *หลักการงานในการวิเคราะห์ความเสี่ยง ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 122 ตอนที่ 122 ง วันที่ 22 ธันวาคม พุทธศักราช 2548*.
- Adriano, DC. 2001. Trace elements in terrestrial environments: biochemistry, bioavailability and the risks of metals. 2nd ed. Springer. New York.

- Agusa, T., T. Kunito, A. Sudaryanto, I. Monirith, S. Kan-Atireklap, H. Iwata, A. Ismail, J. Sanguansin, M. Muchtar, T. Seang Tana and S. Tanabe. 2007. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Env Poll.*145:766-777.
- AMAP.1998. *Assessment report: Arctic Pollution Tissues Arctic Monitoring and Assessment Programme*, Oslo.
- Amundsen, P., F. Staldvik and A. Lukin. 1997. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *Sci. Total Environ.* 201: 211–224.
- AOAC. International. 2006. *AOAC official method of analysis*. Arlington: AOAC International.
- ATSDR. 1999. *Toxicological Profile for Cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. US Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA.
- Bernard, A., H. Roels, J.P. Buchet, A. Cardenas and R. Lauwerys. 1992. Cadmium and Health. The Belgian Experience. *IARC Sci. Publ.*, Lyon, France. 118:15-33.
- Boyle, E.A. 2001. *Anthropogenic trace elements in the ocean*. Encyclopedia of Ocean Sciences 2003 Available from www.sciencedirect.com, Elsevier.
- Bruland, K.W. and M.C. Lohan. 2004. Controls of trace metals in seawater In: *Treatise on geochemistry*, Available from www.sciencedirect.com, Elsevier.
- Burger, J. and M. Gochfeld. 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ.Res.* 99:403–413.
- Bustamante, P., F. Caurant, S.W. Fowler and P. Miramand. 1998. Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the north-east Atlantic Ocean. *Sci. Total Environ.* 220:71-80.
- CAC. 2005. *Codex Alimentarius Commission-Procedure manual*, 15th ed., WHO and FAO, Rome.
- Canese, S., F. Garibaldi, L. Orsi Relini and S. Greco. 2008. Swordfish tagging with pop-up satellite tags in the Mediterranean Sea. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 62(4): 1052-1057.
- Caurant, F. and C. Amiard-Triquet. 1995. Cadmium contamination in pilot whales *Globicephala melas*: Source and potential hazard to the species. *Marine. Poll. Bull.* 30(3):207-210.

- Correia, A., R. Freydier, R. J. Delmas, J. C. Simoes, J.-D. Taupin, B. Dupre and P. Artaxo. 2003. Trace elements in South America aerosol during 20th century inferred from a Nevado Illimani ice core, Eastern Bolivian Andes. *Atmos. Chem. Phys.* 3:1337–1352.
- Dutta, K., B. Ravi and B.L.K. Somayajulu. 2007. Rapid vertical mixing rates in deep waters of the Andaman Basin. *Sci. Total Environ.* 384:401–408.
- EC. 2001. Position paper on Ambient Air Pollution by As, Cd and Ni Compounds. Working Group on Arsenic, Cadmium and Nickel Compounds, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 314p.
- ECB. 2003. Risk Assessment: Cadmium metal/Cadmium oxide. *Final Draft RAR*. European Chemicals Bureau, Ispra, Italy.
- EU. 2006. European Commission Regulation, EC. No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, L 364/5 - 364/24.
- FAO. 2005. Food Security Statistics. Available from http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index_en.htm. (สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2551).
- Friedman, P.A. and F.A. Gesek. 1994. Cadmium uptake by kidney distal convolute tubule cells. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 128:257–263.
- Froese, R. and D. Pauly. 2009. Fish Base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (03/2009). (สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2550).
- Government of Canada Environment Canada and Health Canada. 1994. *Cadmium and its compounds*. Priority Substances List Assessment Report. ISBN 0-662-22046-3.
- Grimanis, A.P., D. Zafropoulos and M. Vassilaki-Grimani. 1978. Trace elements in flesh and liver of two species from polluted and unpolluted areas of the Aegean Sea. *Environ. Sci. Technol.* 12:723–726.
- Habeebu, S.S.M., J. Liu and C.D. Klassen. 1998. Cadmium-induced apoptosis in mouse liver. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 149:203–9.
- Hansen, E., Lassen, C. and Maxson, P. 2005. *RoHS Substances .Hg, Pb, Cr.VI., Cd, PBB and PBDE. in electrical and electronic equipment in Belgium*. Directorate-General Environment, Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment, Belgium.

- Hussain, M.A. 1994. Prospects Strategies for development of sea farming in Bangladesh. A Paper Presentation the Workshop on Sustainable Development of Marine Fisheries Resources in Bangladesh held at Cox's Bazar.
- IARC.1993. Cadmium and Certain Cadmium Compounds. In: IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry. *IARC monographs, Vol. 58* Lyon, France: World Health Organization. International Agency for Research on Cancer. 119-146:210-236.
- ICdA. 2005. *Cadmium Markets and Trends - September 2005. International Cadmium Association, Brussels, Belgium.*
- IPCS. 1992. *Cadmium - environmental aspects. Environmental Health Criteria 135.* World Health Organisation, International Programme on Chemical Safety (IPCS), Geneva, Switzerland.
- Islam, S. 2003. Perspectives of the coastal and marine fisheries of the Bay of Bengal Bangladesh. *Ocean Coast. Manage.* 46:763–796.
- Ismail, H.M. 2005. The role of omega-3 fatty acids in cardiac protection: An overview. *Frontiers of Bioscience.* 10:1079–1088.
- Järup, L., L. Hellstrom, T. Alfven, M.D. Carlsson, A. Grubb, B. Persson and C. Pettersson, et al. 2000. Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the OSCAR study. *Occup. Environ. Med.* 57:668–672.
- JECFA. 2005. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives – Cadmium. Available from <http://www.inchem.org/documents/j>.
- Kamesh Raju, K.A., T. Ramprasad, P.S. Rao, B.R. Rao and J. Varghese. 2004. New insights into the tectonic evolution of the Andaman Basin Northeast Indian Ocean. *Earth Planet Scienc. Letter.* 221:145–62.
- Katzantzis, G. 2004. Cadmium, osteoporosis, and calcium metabolism. *Biometals.* 17:493–8.
- Kjellstrom, T. 1992. Mechanism and Epidemiology of Bone Effects of Cadmium. *IARC Sci. Publ.* Lyon, France. 301–310.
- Klaassen, C.D. and J. Liu. 1997. Role of metallothionein in cadmium induced hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Drug. Metab. Rev.* 29:79-102.

- Klasing K.C. 2005. *Cadmium In Mineral Tolerances of Animals*. National Research Council, The National Academies and Washington, DC.
- Kofi, A.D. 2002. Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals; Environmental Pollution, Vol. 6. Kluwer Academic Publishers, London.
- Kojadinovic, J., M. Le Corre, R.P. Cosson and P. Bustamante. 2007. Trace elements in three marine birds breeding on Reunion Island. Western Indian Ocean. part 1: factors influencing their bioaccumulation. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 52(3):418-430.
- Kris-Etherton, P.M., W.S. Harris, and L.J. Appel. 2002. For the Nutrition Committee. AHA scientific statement, 2002. Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Circulation* 106:2747–2757.
- Kuester, R.K., M.P. Waalkes, P.L. Goering, B.L. Fisher, R.S. Mccuskey and I.G. Sipes. 2002. Differential hepatotoxicity induced by cadmium in Fisher 344 and Sprague–Dawley rats. *Toxico. Sci.* 65:151-9.
- Lane, T.W., M.A. Saito, G.N. George, I.J. Pickering, R.C. Prince and F.M.M. Morel. 2005. A cadmium enzyme from a marine diatom. *Nature.* 435:42-49.
- Lobet, J.M., G. Falco, C. Casas, A. Teixido and J.L. Domingo. 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults and seniors of Catalonia, Spain. *J. Agric. Food Chem.* 51:838–842.
- Macdonald, R.W., L.A. Barrie, T.F. Bidleman, M.L. Diamond, D.J. Gregor, R.G. Semkin and Strachan, W.M.J. 2000. Contaminants in the Canadian Arctic: 5 years of progress in understanding sources, occurrence and pathways. *Sci. Total Environ.* 254:93–234.
- McLaughlin, M.J. Bell, M.J. Wright, G.C. and G.D., Cozens. 2000. Uptake and partitioning of cadmium by cultivars of peanut. *Plant and Soil.* 222:51–58.
- Mc Lean, J.E and B.E. Bledsoe. 1992. *Behavior of Metals in Soils*. Ground Water Issue. U.S.
- Migliarini, B., A.M. Campisi, F. Maradonna, C. Truzzi, A. Annibaldi and G. Scarponi. 2005. Effects of cadmium exposure on testis apoptosis in the marine teleost *Gobius niger*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 142:241-247.
- Mwashote, B.M. 2003. Levels of cadmium and lead in water, sediments and selected fish species in Mombasa, Kenya. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.* 2.1:25-34.

- Nordberg, F.G. 2004. Cadmium and health in the 21st century-historical remarks and trends for the future. *BioMetals*. 17:485-489.
- Novelli, E.L.B., A.M. Lopes, A.S.E. Rodrigues, J.L.V.B. Filho and B.O. Ribas. 1999. Superoxide radical and nephrotoxic effect of cadmium exposure. *Int. J. Environ. Health Res.* 9:109–116.
- Nriagu, J.L., H.K.T Wong, G. Lawson and P. Daniel. 1998. Saturation of ecosystems with toxic metals in Sudbury basin, Ontario, Canada. *Sci. Total Environ.* 233:99–117.
- OECD. 2002. Limits on cadmium in plastics and PVC OECD Global Forum on Trade. Workshop on Environmental Requirements and Market Access Government of India, November 2002, New Delhi [http://webdomino1.oecd.org/comnet/ech/tradeandenv.nsf/viewHtml/index/\\$FILE/cadmium.pdf](http://webdomino1.oecd.org/comnet/ech/tradeandenv.nsf/viewHtml/index/$FILE/cadmium.pdf), May 2005.
- OSPAR. 2002. *Cadmium*. Hazardous Substances Series. OSPAR Commission 2002.
- Pagenkopf, G.K., 1983. Gill surface interaction model for trace metal toxicity to fishes: Role of complexation, pH, and water hardness. *Environ. Sci. Technol.* 17:342–347.
- PerkinElmer Inc., 2008. Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES). Available from:http://las.perkinelmer.com/local/Thailand/AS_ICPOES.htm. (สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2551).
- Piercea, G.J., G. Stowassera, L.C. Hastiea and P. Bustamanteb. 2008. Geographic, seasonal and ontogenetic variation in cadmium and mercury concentrations in squid Cephalopoda: Teuthoidea from UK waters. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 70:422–432.
- Piyakarnchana, T. 1980. The Present State of Mangrove Ecosystems in Southeast Asia and the Impact of Pollutant - THAILAND -. Available from: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB751E/AB751E00.HTM> (สืบค้นเมื่อ 17 กันยายน 2551).
- Powell, J.H., R.E. Powell and D.R. Fielder. 1981. Trace elements concentration in tropical marine fish at Bougainville Island, Papua New Guinea. *Water Air Soil Pollut.* 16:143–158.
- Provias, J.P., C.A. Ackerley, C. Smith and L.E. Becker. 1994. Cadmium encephalopathy: a report with elemental analysis and pathological findings. *Acta Neuropathol.* 88:583–586.
- Research Triangle Institute. 1999. *Toxicological Profile for Cadmium*. Report prepared for the US Department of Health and Human service under Contract No. 205-93-0606.

- Richardson, G.M., R. Garrett, I. Mitchell, M. Mah-Poulson and T. Hackbarth. 2001. Critical review on natural global and regional emissions of six trace metals to the atmosphere. Prepared for the International Lead Zinc Research Organisation, the International Copper Association, and the Nickel Producers Environmental Research Association.
- Robinson, J. and J. Shroff. 2004. Observations on the levels of total mercury (Hg) and selenium (Se) in species common to the artisanal fisheries of Seychelles. *Seychelles Med. Dent. J.* 7(1): 56-60.
- Rudnick, R.L. 2004. The Mantle and Core. In Holland H.K. and Turekian K.K. Treatise on Geochemistry. Oxford. Elsevier Science.
- Sadik, M. 1992. Cadmium in Toxic Metal Chemistry in Marine Environments In: Toxic Metal Chemistry in Marine Environments. M.Dekker, Inc. 130-132.
- Sauer, J.-M., M.P. Waalkes, S.B. Hooser, A.T. Baines, R.K. Kuester and I.G Sipes. 1997. Tolerance induced by all-trans-retinol to the hepatotoxic effects of cadmium in rats: role of metallothionein expression. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 143:110–19.
- Scheifler, R., A. Gomot-de Vaufleury, M.L. Toussaint and P.M. Badot. 2002. Transfer and effects of cadmium in an experimental food chain involving the snail *Helix aspersa* and the predatory carabid beetle *Chrysocarabus splendens*. *Chemosphere.* 48:571–579.
- Shen, Y.M. and S. Sangiah. 1995. Na⁺, K⁺, ATP, glutathione and hydroxyl free radicals in cadmium chloride induced testicular toxicity in mice. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 29:174–179.
- Silva, A.M.M., E.L.B. Novelli, M.L. Fascinali and J.A. Almeida. 1999. Impact of an environmentally realistic intake of water contaminants and superoxide formation on tissues of rats. *Environ. Pollut.* 105:243-249.
- Sivaperumal, P., T.V. Sankar and P.G. Viswanathan Nair. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chem.* 102:612–620.
- Storelli, M.M., R. Giacominielli, A. Storelli and G.O. Marcotrigiano. 2005. Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in Swordfish and Bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study. *Mar. Pollut. Bull.* 44:281-288.

- Storelli, M.M. 2008. Potential human health risks from metals .Hg, Cd, and Pb. and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients. THQs. and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chem. Toxicol.* 46:2782–2788.
- Trusts, P. 2006. Marine Pollution. Available from: <http://www.motherjones.com/environment/2006/03/marine-pollution>. (สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2551).
- US-EPA. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume 1 Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002. December 1989.
- US-EPA. 1999. *Contaminant persistence and mobility factors*. United States Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water.
- US-EPA. 2005. Risk-Based Concentration Table, April, 2005. U.S. EPA, Region 3, Philadelphia, PA. Available from: <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>. (สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2551).
- US-EPA. 2008. Cadmium. CASRN 7440-43-9., Integrated Risk Information System. IRIS. Summaries/Toxicological Reviews. Available from: <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0141.htm>. (สืบค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2551).
- Usero, J., C. Izquierdo, J. Morillo I. Gracia. 2003. Heavy metals in fish. *Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata* from SALT marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Environ. Int.* 29:949–956.
- USGS. 2006. *Mineral Commodity Summaries 2006*. U.S. Geological Survey, Reston, USA. Available from: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2006/mcs2006.pdf>. (15 เมษายน 2551).
- Vinayachandran, P.N. and K. Jaison. 2007. Hydrographic observations and model simulation of the Bay of Bengal freshwater plume. *Deep-Sea Res.* 54:471–486.
- Wentink, G.H., T. Wensing and B.G. Kessels. 1992. Toxicity of cadmium in cattle. *TvD.* 117:548–50.
- WHO. 2000. *Chapter 6.3 Cadmium Air Quality Guidelines*. Second Edition.
- WHO. 2004. Evaluation of certain food additives and contaminants : sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 922:127-137.

- Wisconsin Department of Natural Resources. 2008. Bioaccumulation. Available from: <http://dnr.wi.gov/org/water/wm/foxriver/whatarepcbs.html>. (สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2551).
- Wood, C.M. 2001. Toxic responses of the gill. In: Schlenk, D.B., W.H. (Eds.), Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. Taylor and Francis, New York, 1-89.
- Xu, G., G. Zhou, T. Jin, T. Zhou, S. Hammarstrom, A. Bergh and G. Nordberg. 1999. Apoptosis and p53 gene expression in male reproductive tissues of cadmium exposed rats. *Biometals*. 12:131-9.
- Yamano, T., M. Shimizu and T. Noda. 1998. Comparative effects of repeated administration of cadmium on kidney, spleen, thymus, and bone marrow in 2, 4 and 8 month old male Wistar rats. *Toxicol. Sci.* 46:393-402.
- Zalups, R.K. and S. Ahmad. 2003. Molecular handling of cadmium in transporting epithelia. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 186:163-188.
- Zhifeng, B., A. Lina, A. Tao, C. Jinglong and Z. Yi. 2007. Synthesis, characterization, and cadmium. II. Uptake of iminodiacetic acid-modified mesoporous SBA-15 colloids and Surfaces. *Physico. chem.* 304:77-85.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

หลักการเครื่องมือ Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)

Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่รู้จักและนิยามกันอย่างแพร่หลายมาเป็นระยะเวลากว่า 30 ปี เทคนิค ICP-OES ใช้หลักการวัดการคายแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตัวของอะตอมหรือไอออนของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ แสงที่คายออกมาจากอะตอมหรือไอออนของธาตุจะมีจำนวนมากมายหลายพันหลายหมื่นความยาวคลื่น ทำให้เทคนิคนี้จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการแยกแสงที่สูงมาก เครื่องมือจะมีแหล่งกำเนิดพลาสมาซึ่งเป็นเปลวความร้อนสูง (6000 – 10000 K) เกิดจากชนกันของอนุภาคอาร์กอนที่แตกตัวโดยการเร่งพลังงานด้วยสนามแม่เหล็กและขดลวดทองแดง (Inductive Coupling) ทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ทำให้ธาตุในตัวอย่างที่ผ่านการสเปรย์ให้เป็นละอองฝอยถูกเผาให้แตกตัวและคายแสงออกมา แสงที่ได้จะเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น (Polychromatic Light) ซึ่งต้องผ่านการแยกแสงด้วยระบบแยกแสงประสิทธิภาพสูงให้เป็นความยาวคลื่นเดี่ยว (Monochromatic Light) ตามในแต่ละธาตุที่ต้องการวิเคราะห์

เทคนิค ICP-OES เป็นเทคนิคที่มีสิ่งรบกวนน้อยเนื่องจากอุณหภูมิของพลาสมาค่อนข้างสูง มีช่วงความเข้มข้นของการสร้าง Calibration curve กว้างมาก (Linear Dynamic range สูง) ทำให้ ICP-OES ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในช่วงหลัง ประกอบกับลักษณะของเทคนิคสามารถวิเคราะห์ธาตุในตัวอย่างได้มากกว่า 1 ธาตุในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง ทำให้การวิเคราะห์เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายสายงานเช่น งานทางสิ่งแวดล้อม เกษตรและอาหาร การแพทย์และเภสัชกรรม ธรณีวิทยา งานศึกษาวิจัย และอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ เช่น งานปิโตรเคมี งานชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ส่วนต่าง ๆ ทางอุตสาหกรรม เป็นต้น

เทคนิค ICP-OES สามารถแบ่งออกตามชนิดของระบบแยกแสงได้ ๒ ชนิด ๑ ดังต่อไปนี้

Sequential ICP-OES

Sequential ICP-OES เป็นเครื่อง ICP-OES ที่ทำการแยกแสงเพื่อวิเคราะห์ที่ละความยาวคลื่นอย่างต่อเนื่อง โดยใช้การเคลื่อนที่ของระบบ Optic ในการสแกนระบบนี้จะใช้เวลาในการวิเคราะห์ตามจำนวนธาตุที่วิเคราะห์ และไม่จำเป็นต้อง Warm เครื่องมือ เหมาะกับงานที่มีจำนวนธาตุและจำนวนตัวอย่างไม่มากนัก (5-8 ธาตุต่อตัวอย่าง หรือไม่เกิน 100 ตัวอย่างต่อวัน)

Simultaneous ICP-OES

Simultaneous ICP-OES เป็นเครื่อง ICP-OES ที่ทำการแยกแสงเพื่อวิเคราะห์ทุกความยาวคลื่นพร้อมกัน โดยไม่มีการเคลื่อนที่ของระบบแยกแสง และใช้ Detector ขนาดใหญ่ ระบบนี้จะใช้เวลาวิเคราะห์รวดเร็วและใช้เวลาวิเคราะห์เท่ากันไม่ว่าจะวิเคราะห์จำนวนธาตุเท่าไร แต่จำเป็นต้อง Warm เครื่องมือก่อนเริ่มวิเคราะห์ ทำให้เหมาะกับงานที่มีจำนวนธาตุและจำนวนตัวอย่างมาก

อย่างไรก็ตามเทคนิค ICP-OES เป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ได้ในระดับ ppm หรือต่ำกว่าเล็กน้อย (detection Limit ไม่ต่ำมากนัก โดยอยู่ระหว่าง Flame AAS กับ Graphite Furnace AAS) และจำเป็นต้องใช้ก๊าซอาร์กอนในปริมาณที่ค่อนข้างสิ้นเปลืองหากมีจำนวนธาตุที่วิเคราะห์ไม่มากนัก อีกทั้งราคาของเครื่องมือมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับ Flame AAS (http://las.perkinelmer.com/local/Thailand/AS_ICPOES.htm)

หลัก การ

สารละลายที่จะทำการวิเคราะห์จะถูกส่งเข้าเครื่อง โดยสารละลายจะถูกเปลี่ยนให้เป็นละอองลอย (aerosol) ด้วยกระบวนการ nebulization แล้วสารละลายตัวอย่างที่เป็นละอองนี้จะถูกพาเข้าพลาสมาของ ICP torch ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างแห้งกลายเป็นไอ กลายเป็นอะตอมแล้วเกิดการกระตุ้นหรือไอออไนส์ อะตอมหรือไอออนที่ถูกกระตุ้น (excited) จะเปล่งแสงซึ่งมีลักษณะเฉพาะออกมา แสงที่เกิดขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปในเครื่องสเปกโตรมิเตอร์เพื่อแยกเอาเฉพาะแสงที่ต้องการวัดที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ แล้วให้แสงดังกล่าวตกลงบนดีเทคเตอร์ เพื่อวัดออกมาเป็นสัญญาณซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นความเข้มข้นได้ ในการควบคุมแต่ละขั้นตอนตลอดจนข้อมูลที่ได้จะถูกพิมพ์หรือเก็บไว้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถตรวจวัดแคดเมียมที่ความยาวคลื่น 228.802 นาโนเมตร โดยมีละเอียดดังต่อไปนี้

Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICPs) เป็นเทคนิคที่ใช้ผลิตพลาสมา โดยไม่ต้องมีขั้วไฟฟ้า แต่มีก๊าซผสมตัวนำ (conducting gaseous mixture) ประกอบด้วยประจุบวกและอิเล็กตรอนจำนวนหนึ่ง ใช้สำหรับวิเคราะห์หาธาตุในสารละลาย โดยการปล่อยให้อาร์กอนผ่านเข้าไปในคอบ (torch) ซึ่งประกอบด้วยหลอดที่ทำด้วยควอร์ตซ์ (quartz tube) ซ้อนกัน 3 ชั้น ที่ปลายคอบด้านบนจะมีท่อกลางทำด้วยทองแดงล้อมรอบอยู่ เรียกว่า “load coil” โดยขดลวดนี้จะต่อเข้ากับเครื่องส่งความถี่วิทยุ (radio frequency, RF generator) ที่มีหน้าที่ส่งคลื่นความถี่เข้าสู่ขดลวด จน

ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าสลับเคลื่อนที่ไปมาในหลอดทองแดง หรือเกิดการสั่น ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ ความถี่ของเครื่องส่ง ในเครื่อง ICPs ส่วนมากจะใช้ความถี่ที่ 27 หรือ 40 เมกะเฮิร์ตซ์ (MHz) ทำให้ เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่บริเวณปลายคอบ แล้วทำให้เกิดการชักนำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำจน มีความร้อน โดยสนามแม่เหล็กจะเร่งให้อิเล็กตรอนเคลื่อนเร็ว ทำให้มีพลังงานเพิ่มขึ้น เรียกว่าเกิด “Inductive Coupling” อิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงนี้จะชนกับอะตอมของก๊าซอาร์กอน ทำให้เกิด อิเล็กตรอนเพิ่มมากขึ้นเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ กลายเป็นพลาสมา จึงเรียกว่า Inductively Coupled Plasma (ICP) การปล่อยประจุพลาสมานี้จะให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 – 10,000 K และ มีความเสถียรเมื่อใช้กำลังไฟฟ้า 1-2 กิโลวัตต์ สารตัวอย่างที่วิเคราะห์จะสามารถอยู่ในพลาสมาได้ นานานานถึง 2-3 นาที ทำให้สารตัวอย่างสามารถแตกตัวเป็นอะตอมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงและ เปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันออกมาตามลักษณะของธาตุ (แม้น อมรสิทธิ์ และอมร เพชร สม, 2535) ดังแสดงในรูปที่ ก-1



รูปที่ ก - 1 เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES)
ยี่ห้อ Perkin-Elmer รุ่น Optima 2000 DV

ภาคผนวก ข

ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปร่างของสัตว์ทะเลที่จับได้
จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alopias superciliosus*

Common name Bigeye Tresher Shark

ชื่อสามัญ ฉลามหางยาวหน้าหนู



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Carcharhinus falciformis*

Common name Silky Shark

ชื่อสามัญ ฉลาม Silky



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus albacares*

Common name Yellowfin tuna

ชื่อสามัญ ทูน่าครีบน้ำเงิน



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name Sword fish

ชื่อสามัญ กระโทงแทงดาบ



รูปที่ ข-1 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับโดยใช้เบ็ดรายนํ้าลึก (Pelagic longline)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Auxis thazard*

Common name Frigate mackerel

ชื่อสามัญ โอเกลบ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caranx tille*

Common name Tille trevally

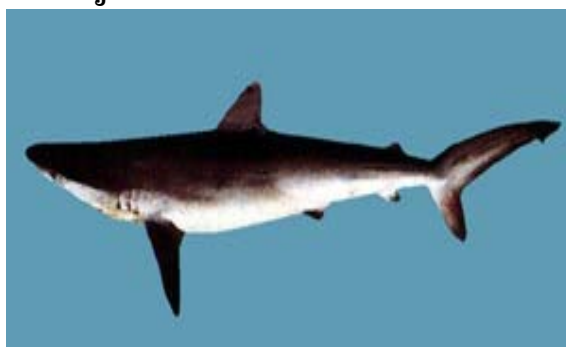
ชื่อสามัญ กระมง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Carcharhinus brachyurus*

Common name Copper shark

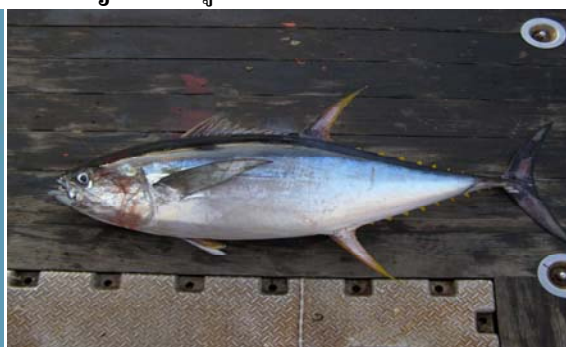
ชื่อสามัญ ฉลามครีบดำ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus albacares*

Common name yellowfin tuna

ชื่อสามัญ ทูน่าครีบกเหลือง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Euthynnus affinis*

Common name Mackerel tuna

ชื่อสามัญ โอลาย



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Kasuwonis pelamis*

Common name Skipjack tuna

ชื่อสามัญ ทูน่าทองแถบ



รูปที่ ข-2 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับโดยใช้วนลอย (Drift gillnet)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus obesus*

Common name Bigeye tuna

ชื่อสามัญ ทูน่าตาโต



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name swordfish

ชื่อสามัญ กระโทงแทงดาบ



รูปที่ ข-2 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alepes djedaba*

Common name Shrimp scad

ชื่อสามัญ ตี๋กุน



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysochir aureus*

Common name Reeve's croaker

ชื่อสามัญ จวดเขียว



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cynoglossus cynoglossus*

Common name Bengal tongue sole

ชื่อสามัญ ถิ่นหมา



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Decapterus russelli*

Common name Indian scad

ชื่อสามัญ ทูแขก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Drepane punctata*

Common name African sicklefish

ชื่อสามัญ ไบโพธิ์จุด



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ephippus orbis*

Common name Orbfish

ชื่อสามัญ ไบปอ



รูป ข-3 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ซึ่งจับโดยใช้อวนลากหน้าดิน (bottom trawl)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus coioides*

Common name Orange spotted grouper

ชื่อสามัญ กระรังกอกแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus bipunctatus*

Common name Delagoa threadfin bream

ชื่อสามัญ ทรายแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus japonicus*

Common name Japanese threadfin bream

ชื่อสามัญ ทรายแดงญี่ปุ่น



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus peronii*

Common name Notchedfin threadfin bream

ชื่อสามัญ ทรายแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Parupeneus* sp.

Common name Goatfish

ชื่อสามัญ แพะ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennahia macrocephalus*

Common name Big head pennah croaker

ชื่อสามัญ จวด



รูปที่ ข-3 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennahia anea*

Common name Greyfin croaker

ชื่อสามัญ จวดขาว



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Priacanthus macracanthus*

Common name Red bigeye

ชื่อสามัญ ตาหวานจุดน้ำตาล



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pseudorhombus* sp.

Common name Largetooth flounder

ชื่อสามัญ ตาเดียว



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Rastrelliger kanagurta*

Common name Indian mackerel

ชื่อสามัญ ถัง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saurida elongata*

Common name Slender lizardfish

ชื่อสามัญ ปากคม



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saurida undosquamis*

Common name Brushtooth lizardfish

ชื่อสามัญ ปากคมหางจุด



รูปที่ ข-3 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyraena forsteri*

Common name Bigeye barracuda

ชื่อสามัญ สาก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyraena jello*

Common name Pickhandle barracuda

ชื่อสามัญ สาก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trachinocephalus myops*

Common name Snakefish

ชื่อสามัญ ปากคมหูดำ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trichiurus lepturus*

Common name Largehead hairtail

ชื่อสามัญ คาบ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Upeneus moluccensis*

Common name Goldband goatfish

ชื่อสามัญ หนวดถายี่



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Loligo devaulei*

Common name Splendid squid

ชื่อสามัญ หมึกกล้วย



รูปที่ ข-3 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alopias Superciliosus*

Common name Bigeye Thresher Shark

ชื่อสามัญ ฉลามหางยาวหน้าหนู



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Istiophorus platypterus*

Common name Indo-Pacific sailfish

ชื่อสามัญ กระโทงร่ม



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyrna barracuda*

Common name Great barracuda

ชื่อสามัญ น้ำดอกไม้



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name swordfish

ชื่อสามัญ กระโทงแทงดาบ



รูปที่ ข-4 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) จับ โดยเบ็ดรายนํ้าลึก (Pelagic longline)

ภาคผนวก ค

ขนาด (น้ำหนักและความยาว) ลักษณะการกินอาหาร และถิ่นที่อยู่ของสัตว์ทะเลแต่ละชนิด
จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

- ตารางที่ ค-1 แสดงลักษณะของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดที่จับได้จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)
- ตารางที่ ค-2 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)
- ตารางที่ ค-3 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)
- ตารางที่ ค-4 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยอวนลากหน้าดิน (Bottom Trawl)
- ตารางที่ ค-5 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)

อักษรย่อในตาราง

- FL = Fork length
 SL = Standard length
 HL = Head length
 BD = Body depth
 EFL = Eye to fork length
 BL = Body length
 TL = Total length

ตารางที่ ค-1 แสดงลักษณะทางชีววิทยาของสัตว์ทะเลแต่ละชนิดที่จับได้จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด*		สภาพแวดล้อม*	อาหาร*
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
1. <i>Alepes djedaba</i>	40	0.124	reef-associated; oceanodromous; marine	ปลาขนาดเล็ก copepods และ crustaceans ขนาดเล็ก
2. <i>Alopias superciliosus</i>	488	363.8	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine	ปลาที่อาศัยอยู่กลางน้ำ (lancefishes, herring, mackerel และ small billfishes) และปลาหน้าดิน รวมถึงหมึก
3. <i>Auxis thazard</i>	65	1.72	pelagic-neritic; oceanodromous; marine	สัตว์น้ำขนาดเล็ก เช่น ปลา หมึก และ planktonic crustaceans (megaloops) และตัวอ่อนของ stomatopod
4. <i>Caranx tille</i>	80	7.2	reef-associated; marine	ปลา และ crustaceans
5. <i>Carcharhinus brachyurus</i>	325	304.6	reef-associated; oceanodromous; brackish; marine	ปลาขนาดเล็กและปลาหน้าดิน รวมทั้ง cephalopods ปลาหมึกขนาดเล็ก และกระเบน
6. <i>Carcharhinus falciformis</i>	350	346	reef-associated; oceanodromous; marine	ส่วนใหญ่เป็นปลาแต่บางครั้งกินหมึก แมงกะพรุน รวมทั้งปูที่อาศัยกลางน้ำ
7. <i>Chrysochir aureus</i>	30 (SL)	-	benthopelagic; brackish; marine	crustaceans ขนาดเล็ก
8. <i>Cynoglossus cynoglossus</i>	20	-	demersal; brackish; marine	สัตว์หน้าดิน ไม่มีกระดูกสันหลัง
9. <i>Decapterus russelli</i>	45	45	benthopelagic; marine	ส่วนใหญ่จะเป็นแพลงก์ตอนขนาดเล็กที่ไม่มีกระดูกสันหลัง
10. <i>Drepane punctata</i>	50	-	reef-associated; amphidromous; brackish; marine	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและปลาที่อ้วนหน้าขนาดเล็ก
11. <i>Ephippus orbis</i>	25	-	reef-associated; amphidromous; marine	ไข่ปลา สัตว์หน้าดินที่ไม่มีกระดูกสันหลังและเศษสารอินทรีย์ที่เน่าสลาย (Detritus)
12. <i>Epinephelus coioides</i>	120	15	reef-associated; brackish; marine	สัตว์น้ำขนาดเล็ก เช่น ปลา กุ้ง และปู
13. <i>Euthymus affinis</i>	100	14	pelagic-neritic; oceanodromous; marine	ปลาขนาดเล็กทุกชนิด โดยเฉพาะ clupeoids, atherinids ส่วนใหญ่เป็นหมึก crustaceans และแพลงก์ตอนสัตว์

* (Froese and Pauly, 2009)

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด*		สภาพแวดล้อม*	อาหาร*
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
14. <i>Istiophorus platypterus</i>	348	100.2	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine	ปลาชนิดต่างๆ รวมทั้ง crustaceans และ cephalopods
15. <i>Kasuwonis pelamis</i>	110	34.5	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine	ปลา crustaceans, cephalopods และ mollusks บางครั้งกินปลาชนิดเดียวกันเอง
16. <i>Loligo duvauceli</i>	20-35	-	pelagic; marine - neritic	ปลา crustaceans และ หมึกชนิดอื่น
17. <i>Loligo</i> sp.	20-35	-	pelagic; marine - neritic	ปลา crustaceans และ หมึกชนิดอื่น
18. <i>Nemipterus bipunctatus</i>	30	-	demersal, non-migratory; marine	ส่วนใหญ่จะเป็น crustaceans, cephalopods (หมึก), ปลาขนาดเล็ก และ polychaetes
19. <i>Nemipterus japonicus</i>	32	0.596	demersal; non-migratory; marine	ปลาขนาดเล็ก crustaceans, mollusks (ส่วนใหญ่เป็น cephalopods), polychaetes และ echinoderms
20. <i>Nemipterus peronii</i>	29	-	demersal; non-migratory; brackish; marine	ปลา crustaceans, mollusks และ polychaetes
21. <i>Nemipterus</i> spp.	23	-	demersal; marine	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กและปลาชนิดอื่นๆ
22. <i>Parupeneus</i> spp.	23-30	-	demersal; marine	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก
23. <i>Pennahia macrocephalus</i>	23	-	demersal; marine	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก
24. <i>Pennahia anea</i>	30	-	demersal; marine	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก
25. <i>Priacanthus macracanthus</i>	30	-	reef-associated; oceanodromous; marine	ปลา
26. <i>Pseudorhombus</i> sp.	45	-	demersal; marine	สัตว์หน้าดิน
27. <i>Restrelliger karnagurta</i>	35 (FL)	-	pelagic-neritic; oceanodromous; marine	phytoplankton (พวก ไดอะตอม) zooplankton (cladocerans, ostracods, larval polychaetes) ไข่ของ <i>Cheilodactylus</i> และ แพลงก์ตอนขนาดใหญ่ เช่น ตัวอ่อนของกุ้งและปลา
28. <i>Saurida elongata</i>	50	-	demersal; marine	ปลา (ปลา anchovy และ ปลากระบอกแดง <i>Mullus surmuletus</i>) crustaceans และ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ

* (Froese and Pauly, 2009)

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด*		สภาพแวดล้อม*	อาหาร*
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
30. <i>Saurida undosquamis</i>	23 ¹ , 50 ²	-	reef-associated; amphidromous; marine	ปลา (ปลา anchovy และ ปลากระบอกแดง <i>Mullus surmuletus</i>) crustaceans และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ
31. <i>Sphyraena barracuda</i>	200	50	reef-associated; brackish; marine	ปลา cephalopods และบางครั้งก็อาจจะกินกุ้งเป็นอาหาร
32. <i>Sphyraena forsteri</i>	75	-	reef-associated; marine	ส่วนใหญ่จะเป็นปลาแต่บางครั้งก็อาจจะกินกุ้งและหมีก
33. <i>Sphyraena jello</i>	150	11.5	reef-associated; oceanodromous; brackish; marine	ส่วนใหญ่เป็นปลาชนิดต่างๆ แต่บางครั้งก็อาจจะกินหมีก
34. <i>Thunnus albacares</i>	239	200	pelagic-oceanic; oceanodromous; brackish; marine	ปลา crustaceans และหมีก
35. <i>Thunnus obesus</i>	250	210	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine	ปลาชนิดต่างๆ cephalopods และ crustaceans โดยจะหา กินทั้ง กลางวันและกลางคืน
36. <i>Trachinocephalus myops</i>	40	-	reef-associated; marine	ปลา และ crustaceans ขนาดเล็ก
37. <i>Trichiurus lepturus</i>	234	5	benthopelagic; amphidromous; brackish; marine	euphausiids, planktonic crustaceans และปลาขนาดเล็ก
38. <i>Upeneus moluccensis</i>	20	-	reef-associated; brackish; marine	ปลา crustaceans และหมีก
39. <i>Xiphias gladius</i>	455	650	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine	กินปลาเป็นอาหารหลัก ส่วนใหญ่เป็น Atlantic mackerel, barracudinas, silver shark, redfish, herring และ lanternfishes แต่ บางครั้งก็อาจจะกินพวกครัสเตเชีย (crustaceans) และหมีก (squids)

¹ เพศเมีย ² เพศผู้

* (Froese and Pauly, 2009)

ตารางที่ ค-2 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยมีตราสัญลักษณ์ (Pelagic longline)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
B-2	<i>Xiphias gladius</i>	14	17-Nov-07	203	191	47	31	102	51	78	-	-	215	30.00	
B-4	<i>Xiphias gladius</i>	23	23-Nov-07	197	185	36	27	95	36	71	-	-	210	26.00	
B-6	<i>Xiphias gladius</i>	12	15-Nov-07	194	175	98	27	96	50	80	-	120	207	27.00	
B-40	<i>Xiphias gladius</i>	34	3-Dec-07	120	112	27	16	67	25	41	-	-	129	5.00	
B-42	<i>Xiphias gladius</i>	34	3-Dec-07	210	194	41	30	119	43	72	22	-	225	29.00	
B-58	<i>Xiphias gladius</i>	7	11-Nov-07	231	224	48	36	114	-	-	-	159	253	60.00	
B-59	<i>Xiphias gladius</i>	7	11-Nov-07	235	219	47	34	107	-	-	-	161	242	40.00	
B-60	<i>Xiphias gladius</i>	7	11-Nov-07	234	216	46	37	173	60	-	-	127	255	61.00	
B-71	<i>Xiphias gladius</i>	7	11-Nov-07	243	242	46	35	-	-	-	-	110	262	60.00	
B-74	<i>Xiphias gladius</i>	12	15-Nov-07	185	173	38	44	92	50	71	-	-	202	21.00	
B-75	<i>Xiphias gladius</i>	32	1-Dec-07	149	139	35	23	86.6	30.4	53	-	-	160	10.00	
B-76	<i>Xiphias gladius</i>	12	15-Nov-07	232	214	114	30	118	45	106	-	-	250	51.00	
B-78	<i>Xiphias gladius</i>	32	1-Dec-07	-	145	34	23.6	-	49	56	-	-	-	14.00	
B-79	<i>Xiphias gladius</i>	33	2-Dec-07	134	123	27	17	72	27	45	-	-	137	5.50	
B-80	<i>Xiphias gladius</i>	33	2-Dec-07	150	139	34	22	92	33	55	-	-	160	12.00	
B-37	<i>Carcharhinus falciformis</i>	17	19-Nov-07	84	75	25.8	14.5	-	-	-	-	-	101	6.50	
B-44	<i>Carcharhinus falciformis</i>	34	3-Dec-07	75	68	22	12	-	-	-	-	-	93.6	3.70	
B-72	<i>Carcharhinus falciformis</i>	17	19-Nov-07	90	81.5	29.5	14.2	-	-	-	-	-	111	7.20	

ตารางที่ ค-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
B-1	<i>Alopias superciliosus</i>	32	1-Dec-07	160	148	53	30	-	-	-	-	-	-	-	254	49.00
B-3	<i>Alopias superciliosus</i>	34	3-Dec-07	189	175	63	42	67	-	-	-	-	-	-	319	90.00
B-5	<i>Alopias superciliosus</i>	10	13-Nov-07	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	252	42.00
B-61	<i>Alopias superciliosus</i>	33	2-Dec-07	175	157	57	42	-	-	-	-	-	-	-	277	70.00
B-62	<i>Alopias superciliosus</i>	33	2-Dec-07	192	169	64	42	-	-	-	-	-	-	-	293	80.00
B-77	<i>Alopias superciliosus</i>	33	2-Dec-07	125	123	46	30	-	-	-	-	-	-	-	205	31.00
B-81	<i>Alopias superciliosus</i>	7	11-Nov-07	-	-	53	-	-	-	-	-	-	-	-	276	53.00
B-82	<i>Alopias superciliosus</i>	29	28-Nov-07	159	137	50	29	-	-	-	-	-	-	-	250	35.00
B-33	<i>Thunnus albacares</i>	14	17-Nov-07	126	115	31	31	-	-	-	-	-	-	-	137	35.00
B-73	<i>Thunnus albacares</i>	14	17-Nov-07	129	119	32	35	-	-	-	-	-	-	-	140	38.00

ตารางที่ ค-3 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวแม่กลองที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
B-46	<i>Xiphias gladius</i>	30	29-Nov-07	140	130	31	20	-	-	-	-	-	-	-	151	8.90
B-43	Unidentified shark	26	26-Nov-07	69	64	21.2	14.5	-	-	-	-	-	-	-	87.6	3.22
B-64	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	3	7-Nov-07	106.2	96.6	30	21.2	-	-	-	-	-	-	-	131.1	12.20
B-65	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	3	7-Nov-08	106.2	96.6	30	21.2	-	-	-	-	-	-	-	131.1	12.20
B-67	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	3	7-Nov-09	106.2	96.6	30	21.2	-	-	-	-	-	-	-	131.1	12.20
B-68	<i>Caranx Tille</i>	3	7-Nov-10	60.5	54.2	16.5	16.9	-	-	-	-	-	-	-	66.8	3.30
B-70	<i>Caranx Tille</i>	3	7-Nov-11	60.5	54.2	16.5	16.9	-	-	-	-	-	-	-	66.8	3.30
B-69	<i>Thunnus obesus</i>	9	7-Nov-12	46	42	13	15	-	-	-	-	-	-	-	52	2.00
B-50	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	39.4	37	11	13	-	-	-	-	-	-	-	41	1.20
B-14	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	36	34	11	9	-	-	-	-	-	-	-	37.5	0.75
B-7	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	41	38	12	9.5	-	-	-	-	-	-	-	43	1.20
B-11	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	36	33	10	8.5	-	-	-	-	-	-	-	38.5	0.80
B-15	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	41	38	12	11	-	-	-	-	-	-	-	43.5	1.26
B-18	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	38	35.5	10	9	-	-	-	-	-	-	-	40	1.10
B-19	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	37	34.5	10	9	-	-	-	-	-	-	-	39	0.85
B-20	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	40	38	11.5	11.5	-	-	-	-	-	-	-	43	1.40
B-23	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	39.5	36.5	11	11	-	-	-	-	-	-	-	41.5	1.10
B-27	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	40	37	11	10	-	-	-	-	-	-	-	42	1.15
B-28	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	39	36.5	11	9	-	-	-	-	-	-	-	40.1	1.10
B-30	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	18-Nov-07	42	39	12	12	-	-	-	-	-	-	-	44	1.40

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันที่เก็บ	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
B-34	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	51.4	48.2	14.4	17	-	-	-	-	-	-	-	55	2.60
B-35	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	49	46	14	13.4	-	-	-	-	-	-	-	52	2.00
B-36	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	50	47	14.4	14	-	-	-	-	-	-	-	52	2.32
B-38	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	88	35.5	11.4	10.5	-	-	-	-	-	-	-	41	0.90
B-39	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	37.8	37	10	9.6	-	-	-	-	-	-	-	40	0.86
B-41	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	43.8	41	12.5	11.4	-	-	-	-	-	-	-	46.4	1.40
B-45	<i>Kasuwonis pelamis</i>	30	29-Nov-07	66	61	18	18	-	-	-	-	-	-	-	69	5.50
B-47	<i>Kasuwonis pelamis</i>	30	29-Nov-07	70	65	20	20	-	-	-	-	-	-	-	73	6.15
B-48	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	40.8	38.1	12	11.8	-	-	-	-	-	-	-	43	1.20
B-49	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	41.8	39.1	12.2	12	-	-	-	-	-	-	-	44.2	1.30
B-51	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	39.8	37	11	11	-	-	-	-	-	-	-	42	1.10
B-52	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	41.8	39	12.1	12	-	-	-	-	-	-	-	43.2	1.24
B-54	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	35.8	33.6	9.8	11.4	-	-	-	-	-	-	-	37.4	0.82
B-55	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	43	40	11.9	13	-	-	-	-	-	-	-	45	1.45
B-56	<i>Kasuwonis pelamis</i>	18	20-Nov-07	40.2	37.8	11	11.8	-	-	-	-	-	-	-	42	1.14
B-63	<i>Kasuwonis pelamis</i>	3	7-Nov-07	68	63.5	19	18.5	-	-	-	-	-	-	-	77.5	6.35
B-66	<i>Kasuwonis pelamis</i>	3	7-Nov-07	68	63.5	19	18.5	-	-	-	-	-	-	-	77.5	6.35

ตารางที่ ค-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันที่เก็บ	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL				
B-9	<i>Kastownia pelamis</i>	16	18-Nov-07	40	37.5	11.5	9.5	-	-	-	-	-	-	-	-	42.5	1.05
B-10	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	37.5	35.5	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	39.5	0.98
B-13	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	36	34	9	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	38.5	0.80
B-16	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	36	34.5	9.5	9	-	-	-	-	-	-	-	-	38	0.70
B-17	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	30.5	28.5	8.5	7	-	-	-	-	-	-	-	-	31.5	0.40
B-21	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70
B-22	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	37	34.5	9.5	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	39	0.80
B-26	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	37	34.5	9.5	9	-	-	-	-	-	-	-	-	38	0.80
B-29	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	34	36.5	9	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	35.5	0.65
B-31	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	34	32	9	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	35.5	0.68
B-32	<i>Auxis thazard</i>	16	18-Nov-07	35.5	33.5	8	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	37.5	0.85
B-53	<i>Auxis thazard</i>	18	20-Nov-07	38.5	36	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	40	0.94
B-57	<i>Auxis thazard</i>	18	20-Nov-07	37.5	35	9.8	11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	39	0.90
B-8	<i>Euthynnus affinis</i>	16	18-Nov-07	38.5	36	10.5	11	-	-	-	-	-	-	-	-	40.5	1.05
B-12	<i>Euthynnus affinis</i>	16	18-Nov-07	35.5	33	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	37	0.75
B-24	<i>Euthynnus affinis</i>	16	18-Nov-07	35	32.2	8	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	37	0.80
B-25	<i>Euthynnus affinis</i>	16	18-Nov-07	41	38.5	13.2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	42	0.83

ตารางที่ ค-4 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยอวนลาก (Bottom Trawling)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
A-29	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.3	0.051
A-30	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.067
A-31	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.4	0.069
A-41	<i>Chrysochir aureus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.9	0.175
A-42	<i>Chrysochir aureus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.0	0.193
A-43	<i>Chrysochir aureus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5	0.137
A-35	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.5	0.086
A-36	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.058
A-37	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.035
A-56	<i>Decapterus russelli</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.067
A-57	<i>Decapterus russelli</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	0.050
A-58	<i>Decapterus russelli</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	0.069
A-20	<i>Drepane punctata</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	0.126
A-21	<i>Drepane punctata</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.9	0.105
A-22	<i>Drepane punctata</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.5	0.109
A-26	<i>Ephippus orbis</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.5	0.077
A-29	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.3	0.051
A-30	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.067
A-31	<i>Alepes djedaba</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.4	0.069
A-41	<i>Chrysochir aureus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.9	0.175

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL				
A-27	<i>Ephippus orbis</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	0.090
A-28	<i>Ephippus orbis</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	0.083
A-229	<i>Epinephelus coioides</i>	67	27-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.5	0.812
A-230	<i>Epinephelus coioides</i>	67	27-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.5	0.780
A-92	<i>Loligo devauceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.4	0.110
A-93	<i>Loligo devauceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.0	0.044
A-94	<i>Loligo devauceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.7	0.030
A-32	<i>Loligo dinvauceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	0.061
A-33	<i>Loligo dinvauceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	0.062
A-34	<i>Loligo dinvauceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.0	0.062
A-181	<i>Loligo dinvauceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.2	0.043
A-182	<i>Loligo dinvauceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.9	0.066
A-183	<i>Loligo dinvauceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.4	0.041
A-107	<i>Loligo sp.</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.5	0.121
A-108	<i>Loligo sp.</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.3	0.103
A-109	<i>Loligo sp.</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.5	0.110
A-169	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	0.137
A-170	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.1	0.130
A-171	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.055
A-193	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.4	0.184
A-194	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.1	0.135

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
A-195	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.090
A-223	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	0.225
A-224	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.141
A-225	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.3	0.096
A-44	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.8	0.083
A-45	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.6	0.060
A-46	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.2	0.061
A-62	<i>Nemipterus japonicus</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2	0.075
A-63	<i>Nemipterus japonicus</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.088
A-64	<i>Nemipterus japonicus</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4	0.057
A-71	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.082
A-72	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.2	0.093
A-73	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.3	0.054
A-86	<i>Nemipterus japonicus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.066
A-87	<i>Nemipterus japonicus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.074
A-88	<i>Nemipterus japonicus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.064
A-95	<i>Nemipterus japonicus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.135
A-96	<i>Nemipterus japonicus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.6	0.099
A-97	<i>Nemipterus japonicus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.2	0.107
A-101	<i>Nemipterus japonicus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	0.098
A-102	<i>Nemipterus japonicus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.4	0.095

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL				
A-103	<i>Nemipterus japonicus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.3	0.095
A-116	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.9	0.145
A-117	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.9	0.128
A-118	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.081
A-130	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.8	0.163
A-131	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.2	0.200
A-132	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	0.091
A-154	<i>Nemipterus peronii</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.9	0.206
A-155	<i>Nemipterus peronii</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.135
A-156	<i>Nemipterus peronii</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.090
A-142	<i>Nemipterus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2	0.130
A-143	<i>Nemipterus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.4	0.118
A-144	<i>Nemipterus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.114
A-184	<i>Nemipterus spp.</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.125
A-185	<i>Nemipterus spp.</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.107
A-186	<i>Nemipterus spp.</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	0.168
A-199	<i>Parupeneus sp.</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	0.051
A-200	<i>Parupeneus sp.</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2	0.047
A-201	<i>Parupeneus sp.</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.050
A-148	<i>Parupeneus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.9	0.055
A-149	<i>Parupeneus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7	0.040
A-150	<i>Parupeneus spp.</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.035
A-157	<i>Parupeneus spp.</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.9	0.051

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
A-158	<i>Parupeneus</i> spp.	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.050
A-159	<i>Parupeneus</i> spp.	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2	0.041
A-166	<i>Parupeneus</i> spp.	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7	0.036
A-167	<i>Parupeneus</i> spp.	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.9	0.033
A-168	<i>Parupeneus</i> spp.	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.3	0.034
A-202	<i>Parupeneus</i> spp.	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	0.190
A-203	<i>Parupeneus</i> spp.	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.197
A-204	<i>Parupeneus</i> spp.	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.5	0.109
A-214	<i>Parupeneus</i> spp.	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.0	0.234
A-215	<i>Parupeneus</i> spp.	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.5	0.194
A-216	<i>Parupeneus</i> spp.	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.166
A-23	<i>Pennahia macrocephalus</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.4	0.096
A-24	<i>Pennahia macrocephalus</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.1	0.090
A-25	<i>Pennahia macrocephalus</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.4	0.083
A-38	<i>Pennahia anea</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.143
A-39	<i>Pennahia anea</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.7	0.167
A-40	<i>Pennahia anea</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.155
A-65	<i>Priacanthus macracanthus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.180
A-66	<i>Priacanthus macracanthus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	0.083
A-67	<i>Priacanthus macracanthus</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.079
A-83	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.142
A-84	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.075
A-85	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.8	0.049

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
A-89	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2	0.050
A-90	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.3	0.048
A-91	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.8	0.046
A-113	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.3	0.055
A-114	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.3	0.051
A-115	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.6	0.055
A-122	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	0.025
A-123	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.5	0.022
A-124	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.8	0.025
A-125	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	0.025
A-126	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.7	0.026
A-127	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.9	0.248
A-128	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.2	0.258
A-129	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.8	0.302
A-139	<i>Priacanthus macracanthus</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.5	0.415
A-140	<i>Priacanthus macracanthus</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.1	0.101
A-141	<i>Priacanthus macracanthus</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	0.059
A-151	<i>Priacanthus macracanthus</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.3	0.157
A-152	<i>Priacanthus macracanthus</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.4	0.059
A-153	<i>Priacanthus macracanthus</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.063
A-178	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.055

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก			
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL	(กก.)	(กรัม)		
A-179	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.7	0.057
A-180	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.8	0.058
A-190	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.1	0.047
A-191	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.4	0.058
A-192	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.055
A-205	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.2	0.060
A-206	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.9	0.056
A-207	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	0.063
A-226	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.8	0.062
A-227	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.7	0.057
A-228	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.061
A-133	<i>Pseudohombus</i> sp.	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.2	0.264
A-134	<i>Pseudohombus</i> sp.	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	0.145
A-135	<i>Pseudohombus</i> sp.	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.6	0.121
A-50	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.1	0.065
A-51	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.1	0.048
A-52	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	0.064
A-47	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.068
A-48	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.8	0.032
A-49	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	0.039
A-74	<i>Saurida</i> sp.	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.0	0.129

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)			
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL				
A-75	<i>Saurida</i> sp.	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	0.100
A-76	<i>Saurida</i> sp.	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	0.067
A-53	<i>Saurida undosquamis</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.055
A-54	<i>Saurida undosquamis</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	0.046
A-55	<i>Saurida undosquamis</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	0.033
A-77	<i>Saurida undosquamis</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.3	0.112
A-78	<i>Saurida undosquamis</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.5	0.042
A-79	<i>Saurida undosquamis</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4	0.051
A-98	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.066
A-99	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.8	0.041
A-100	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.0	0.050
A-110	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	0.096
A-111	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.8	0.084
A-112	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	0.085
A-119	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.8	0.158
A-120	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.3	0.144
A-121	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.5	0.187
A-145	<i>Saurida undosquamis</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5	0.126
A-146	<i>Saurida undosquamis</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.088
A-147	<i>Saurida undosquamis</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.7	0.082
A-163	<i>Saurida undosquamis</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6	0.098

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL	TL	(กก.)	
A-164	<i>Saurida undosquamis</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.2	0.062
A-165	<i>Saurida undosquamis</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.064
A-175	<i>Saurida undosquamis</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.9	0.172
A-176	<i>Saurida undosquamis</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	0.048
A-177	<i>Saurida undosquamis</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4	0.048
A-187	<i>Saurida undosquamis</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.0	0.172
A-188	<i>Saurida undosquamis</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.3	0.067
A-189	<i>Saurida undosquamis</i>	54	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4	0.059
A-208	<i>Saurida undosquamis</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.088
A-209	<i>Saurida undosquamis</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.052
A-210	<i>Saurida undosquamis</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.8	0.057
A-217	<i>Saurida undosquamis</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.7	0.093
A-218	<i>Saurida undosquamis</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.1	0.092
A-219	<i>Saurida undosquamis</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.103
A-81	<i>Sphyaena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.059
A-82	<i>Sphyaena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.4	0.055
A-19	<i>Sphyaena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.068
A-59	<i>Sphyaena jello</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	0.077
A-60	<i>Sphyaena jello</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	0.061
A-61	<i>Sphyaena jello</i>	18	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6	0.073
A-136	<i>Trachinocephalus myops</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.120

ตารางที่ ค-4 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วันเดือนปี	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL			
A-137	<i>Trachinocephalus myops</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9	0.092
A-138	<i>Trachinocephalus myops</i>	38	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.102
A-160	<i>Trachinocephalus myops</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.107
A-161	<i>Trachinocephalus myops</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.089
A-162	<i>Trachinocephalus myops</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4	0.091
A-172	<i>Trachinocephalus myops</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	0.141
A-173	<i>Trachinocephalus myops</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.8	0.131
A-174	<i>Trachinocephalus myops</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.077
A-196	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.3	0.172
A-197	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.134
A-198	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	0.123
A-220	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.143
A-221	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.083
A-222	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.098
A-104	<i>Trichiurus lepturus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.4	0.368
A-105	<i>Trichiurus lepturus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66.5	0.355
A-106	<i>Trichiurus lepturus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65.6	0.353
A-68	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.035
A-69	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.4	0.025
A-70	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	18-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.0	0.027
A-211	<i>Upeneus sp.</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0	0.037
A-212	<i>Upeneus sp.</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.036
A-213	<i>Upeneus sp.</i>	57	28-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.5	0.036

ตารางที่ ค-5 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดราวน้ำลึก (Pelagic longline)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)											น้ำหนัก (กก.)		
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL				
A-6	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	6-Mar-07	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-	288	70
A-8	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	6-Mar-07	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	290	90
A-12	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	8-Mar-07	-	-	49	32	-	-	-	-	-	-	-	-	230	33
A-13	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	8-Mar-07	-	-	54	40	-	-	-	-	-	-	-	-	296	90
A-9	<i>Istiophorus platypterus</i>	-	7-Mar-07	227	211	46	35	152	-	-	-	-	-	195	252	252	28
A-10	<i>Istiophorus platypterus</i>	-	7-Mar-07	227	211	46	35	152	-	-	-	-	-	195	252	252	28
A-19	<i>Sphyaena barracuda</i>	-	4-Mar-07	108	66	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	114	7
A-2	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-Mar-07	221	205	45	37	110	50	87	-	-	-	154	240	240	40
A-3	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-Mar-07	150	101	33	27	70	35	54	-	-	-	136	160	160	10
A-4	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-Mar-07	171	155	38	28	84	40	62	-	-	-	120	186	186	16
A-5	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-Mar-07	209	191	42	37	109	51	82	-	-	-	149	230	230	35
A-7	<i>Xiphias gladius</i>	-	6-Mar-07	215	198	46	36	110	54	82	-	-	-	154	240	240	47
A-11	<i>Xiphias gladius</i>	-	7-Mar-07	231	213	42	38	115	51	68	-	-	-	155	240	240	45
A-14	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-Mar-07	133	123	31	23	85	32	49	-	-	-	92	142	142	8
A-15	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-Mar-07	141	92	34	23	68	41	51	-	-	-	91	148	148	9.5
A-16	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-Mar-07	168	91	44	27	82	41	67	-	-	-	113	173	173	15
A-17	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-Mar-07	168	113	39	29	85	42	63	-	-	-	120	189	189	18
A-18	<i>Xiphias gladius</i>	-	4-Mar-07	94	120	24	14.5	47	21	37	-	-	-	66	100	100	2.2
A-1	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-Mar-07	156	143	35	25	74	34	55	-	-	-	109	172	172	13

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในตัวอย่างซ้ำ 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ ง-1 ผลการวิเคราะห์แคดเมียมในตัวอย่างซ้ำ 10 % ของตัวอย่างทั้งหมด

CODE	ปรอท (มก./กก.)					% (SD/mean)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	SE	
A-2	0.136	0.113	0.124	0.012	0.008	9.4
A-31	0.017	0.019	0.018	0.001	0.001	5.5
A-34	0.200	0.187	0.193	0.006	0.005	3.3
A-39	0.009	0.013	0.011	0.002	0.001	15.3
A-43	0.008	0.009	0.009	0.000	0.000	2.5
A-47	0.019	0.013	0.016	0.003	0.002	18.5
A-58	0.153	0.132	0.143	0.011	0.008	7.7
A-69	0.088	0.081	0.085	0.004	0.003	4.3
A-84	0.023	0.028	0.026	0.002	0.002	9.6
A-98	0.018	0.013	0.016	0.003	0.002	18.0
A-108	0.224	0.143	0.184	0.041	0.029	22.1
A-114	0.013	0.011	0.012	0.001	0.001	7.5
A-121	0.035	0.043	0.039	0.004	0.003	9.9
A-129	0.012	0.015	0.014	0.001	0.001	10.9
A-133	0.011	0.016	0.013	0.003	0.002	19.3
A-136	0.009	0.013	0.011	0.002	0.002	19.0
A-173	0.007	0.004	0.006	0.002	0.001	27.2
A-177	0.042	0.027	0.034	0.007	0.005	20.8
A-205	0.004	0.004	0.004	0.000	0.000	0.8
A-219	0.031	0.023	0.027	0.004	0.003	13.9
A-225	0.015	0.020	0.018	0.002	0.002	14.0
A-230	0.027	0.025	0.026	0.001	0.001	3.0
B-11	0.025	0.023	0.024	0.001	0.001	5.0
B-18	0.010	0.011	0.010	0.001	0.000	5.9
B-19	0.026	0.028	0.027	0.001	0.001	3.6
B-20	0.023	0.026	0.025	0.001	0.001	4.8
B-24	0.020	0.020	0.020	0.000	0.000	1.6
B-30	0.024	0.025	0.024	0.000	0.000	1.8
B-31	0.010	0.011	0.010	0.001	0.001	8.5
B-58	0.238	0.222	0.230	0.008	0.006	3.4
B-62	0.020	0.017	0.019	0.001	0.001	6.4
B-69	0.026	0.028	0.027	0.001	0.001	4.1
B-80	0.025	0.030	0.028	0.002	0.002	8.8
B-82	0.034	0.036	0.035	0.001	0.001	2.5
B-9	0.049	0.050	0.050	0.000	0.000	1.0
รวม 35 ตัวอย่างจากทั้งหมด 312 ตัวอย่าง			เฉลี่ย			9.1
			SD			7.1

หมายเหตุ: SD = Standard deviation; SE = Standard error

ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (coefficient of variatioin) = SD/mean

ถ้า SD/mean มีค่าน้อยกว่า 10% แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์มีความแม่นยำ

ภาคผนวก จ

ปริมาณของแคคเมียมในสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

อักษรย่อในตาราง

PLL = Pelagic longine
 GN = Drift gillnet
 BT = Bottom Trawling

ตารางที่ จ-1 ปริมาณของแคคเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) ในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคคเมียม (มก./กก.)
B-1	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	254	49.00	0.010
B-3	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	319	90.00	0.029
B-5	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	252	42.00	0.022
B-61	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	277	70.00	0.021
B-62	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	293	80.00	0.019
B-77	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	205	31.00	0.012
B-81	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	276	53.00	0.014
B-82	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	250	35.00	0.036
B-10	<i>Auxis thazard</i>	GN	39.5	0.98	0.031
B-13	<i>Auxis thazard</i>	GN	38.5	0.80	0.020
B-16	<i>Auxis thazard</i>	GN	38	0.70	0.035
B-17	<i>Auxis thazard</i>	GN	31.5	0.40	0.031
B-21	<i>Auxis thazard</i>	GN	-	0.70	0.024
B-22	<i>Auxis thazard</i>	GN	39	0.80	0.021
B-26	<i>Auxis thazard</i>	GN	38	0.80	0.021
B-29	<i>Auxis thazard</i>	GN	35.5	0.65	0.019
B-31	<i>Auxis thazard</i>	GN	35.5	0.68	0.010
B-32	<i>Auxis thazard</i>	GN	37.5	0.85	0.012
B-53	<i>Auxis thazard</i>	GN	40	0.94	0.022
B-57	<i>Auxis thazard</i>	GN	39	0.90	0.019
B-68	<i>Caranx Tille</i>	GN	66.8	3.30	0.029
B-70	<i>Caranx Tille</i>	GN	66.8	3.30	0.035
B-64	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	GN	131.1	12.20	0.023
B-65	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	GN	131.1	12.20	0.072
B-67	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	GN	131.1	12.20	0.023
B-37	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	101	6.50	0.106

ตารางที่ จ-1 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
B-44	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	93.6	3.70	0.016
B-72	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	111	7.20	0.040
B-8	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	40.5	1.05	0.036
B-12	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	37	0.75	0.029
B-24	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	37	0.80	0.020
B-25	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	42	0.83	0.020
B-50	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41	1.20	0.025
B-14	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	37.5	0.75	0.017
B-7	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.20	0.023
B-11	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	38.5	0.80	0.024
B-15	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43.5	1.26	0.026
B-18	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40	1.10	0.010
B-19	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	39	0.85	0.027
B-20	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.40	0.025
B-23	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41.5	1.10	0.027
B-27	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.15	0.025
B-28	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40.1	1.10	0.020
B-30	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	44	1.40	0.024
B-34	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	55	2.60	0.007
B-35	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	52	2.00	0.023
B-36	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	52	2.32	0.025
B-38	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41	0.90	0.007
B-39	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40	0.86	0.030
B-41	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	46.4	1.40	0.025
B-45	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	69	5.50	0.023
B-47	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	73	6.15	0.027
B-48	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.20	0.036
B-49	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	44.2	1.30	0.039
B-51	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.10	0.014
B-52	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43.2	1.24	0.022
B-54	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	37.4	0.82	0.022
B-55	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	45	1.45	0.034
B-56	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.14	0.036
B-63	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	77.5	6.35	0.020
B-66	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	77.5	6.35	0.039
B-9	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42.5	1.05	0.050
B-33	<i>Thunnus albacares</i>	PLL	137	35.00	0.027
B-73	<i>Thunnus albacares</i>	PLL	140	38.00	0.011
B-69	<i>Thunnus obesus</i>	GN	52	2.00	0.027
B-43	Unidentified shark	GN	87.6	3.22	0.029

ตารางที่ จ-1 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
B-2	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	215	30.00	0.048
B-4	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	210	26.00	0.017
B-6	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	207	27.00	0.080
B-40	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	129	5.00	0.028
B-42	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	225	29.00	0.041
B-58	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	253	60.00	0.230
B-59	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	242	40.00	0.123
B-60	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	255	61.00	0.178
B-71	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	262	60.00	0.009
B-74	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	202	21.00	0.098
B-75	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	10.00	0.033
B-76	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	250	51.00	0.049
B-78	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	-	14.00	0.023
B-79	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	137	5.50	0.028
B-80	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	12.00	0.028
B-46	<i>Xiphias gladius</i>	GN	151	8.90	0.037

ตารางที่ จ-2 ปริมาณของแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักเปียก) ในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-29	<i>Alepes djedaba</i>	BT	15.3	0.051	0.013
A-30	<i>Alepes djedaba</i>	BT	17.0	0.067	0.014
A-31	<i>Alepes djedaba</i>	BT	17.4	0.069	0.018
A-6	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	288	70	0.144
A-8	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	290	90	0.019
A-12	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	230	33	0.015
A-13	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	296	90	0.011
A-41	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	26.9	0.175	0.017
A-42	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	28.0	0.193	0.011
A-43	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	25.5	0.137	0.009
A-35	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	28.5	0.086	0.015
A-36	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	25.0	0.058	0.014
A-37	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	21.5	0.035	0.012
A-56	<i>Decapterus russelli</i>	BT	19.1	0.067	0.132
A-57	<i>Decapterus russelli</i>	BT	18.5	0.050	0.108
A-58	<i>Decapterus russelli</i>	BT	20.0	0.069	0.143
A-20	<i>Drepane punctata</i>	BT	20.0	0.126	0.020
A-21	<i>Drepane punctata</i>	BT	17.9	0.105	0.018
A-22	<i>Drepane punctata</i>	BT	18.5	0.109	0.013
A-26	<i>Ephippus orbis</i>	BT	14.5	0.077	0.011
A-27	<i>Ephippus orbis</i>	BT	18.0	0.090	0.004
A-28	<i>Ephippus orbis</i>	BT	15.1	0.083	0.012
A-229	<i>Epinephelus coioides</i>	BT	36.5	0.812	0.014
A-230	<i>Epinephelus coioides</i>	BT	35.5	0.780	0.026
A-9	<i>Istiophorus platypterus</i>	PLL	252	28	0.055
A-10	<i>Istiophorus platypterus</i>	PLL	252	28	0.074
A-92	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	36.4	0.110	0.250
A-93	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	28.0	0.044	0.290
A-94	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	25.7	0.030	0.247
A-32	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	24.3	0.061	0.143
A-33	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	25.2	0.062	0.188
A-34	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	26.0	0.062	0.193
A-181	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	33.2	0.043	0.132
A-182	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	33.9	0.066	0.208
A-183	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	32.4	0.041	0.279
A-107	<i>Loligo sp.</i>	BT	39.5	0.121	0.175
A-108	<i>Loligo sp.</i>	BT	32.3	0.103	0.184
A-109	<i>Loligo sp.</i>	BT	35.5	0.110	0.182

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-169	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.6	0.137	0.005
A-170	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	23.1	0.130	0.001
A-171	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	17.0	0.055	0.010
A-193	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	24.4	0.184	0.008
A-194	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.1	0.135	0.025
A-195	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	21.0	0.090	0.014
A-223	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	27.5	0.225	0.016
A-224	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.0	0.141	0.017
A-225	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	21.3	0.096	0.018
A-44	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	19.8	0.083	0.004
A-45	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	17.6	0.060	0.007
A-46	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	18.2	0.061	0.006
A-62	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.2	0.075	0.015
A-63	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.0	0.088	0.004
A-64	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.4	0.057	0.005
A-71	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.0	0.082	0.012
A-72	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.2	0.093	0.005
A-73	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.3	0.054	0.021
A-86	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.5	0.066	0.020
A-87	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	21.0	0.074	0.001
A-88	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.5	0.064	0.012
A-95	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.0	0.135	0.017
A-96	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.6	0.099	0.009
A-97	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	21.2	0.107	0.006
A-101	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.9	0.098	0.031
A-102	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.4	0.095	0.028
A-103	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.3	0.095	0.014
A-116	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	29.9	0.145	0.003
A-117	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.9	0.128	0.005
A-118	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	19.1	0.081	0.052
A-130	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.8	0.163	0.009
A-131	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	26.2	0.200	0.012
A-132	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.4	0.091	0.012
A-154	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	25.9	0.206	0.008
A-155	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	22.5	0.135	0.010
A-156	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	19.1	0.090	0.004

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-142	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	22.2	0.130	0.004
A-143	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	21.4	0.118	0.009
A-144	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	21.0	0.114	0.015
A-184	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	21.0	0.125	0.020
A-185	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	21.0	0.107	0.013
A-186	<i>Nemipterus</i> spp.	BT	24.1	0.168	0.005
A-199	<i>Parupeneus</i> sp.	BT	17.3	0.051	0.036
A-200	<i>Parupeneus</i> sp.	BT	17.2	0.047	0.034
A-201	<i>Parupeneus</i> sp.	BT	17.0	0.050	0.008
A-148	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	18.9	0.055	0.011
A-149	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	15.7	0.040	0.054
A-150	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	15.0	0.035	0.022
A-157	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	16.9	0.051	0.011
A-158	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	17.0	0.050	0.008
A-159	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	15.2	0.041	0.016
A-166	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	15.7	0.036	0.007
A-167	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	14.9	0.033	0.007
A-168	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	15.3	0.034	0.013
A-202	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	24.9	0.190	0.005
A-203	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	25.0	0.197	0.004
A-204	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	20.5	0.109	0.005
A-214	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	26.0	0.234	0.007
A-215	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	24.5	0.194	0.008
A-216	<i>Parupeneus</i> spp.	BT	22.5	0.166	0.002
A-23	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	23.4	0.096	0.014
A-24	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	20.1	0.090	0.005
A-25	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	18.4	0.083	0.007
A-38	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.0	0.143	0.017
A-39	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.7	0.167	0.011
A-40	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.0	0.155	0.013
A-65	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	22.5	0.180	0.035
A-66	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	20.0	0.083	0.030
A-67	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.079	0.024
A-83	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	23.0	0.142	0.015
A-84	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	19.1	0.075	0.026
A-85	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.8	0.049	0.025
A-89	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	15.2	0.050	0.003
A-90	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.048	0.004
A-91	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	15.8	0.046	0.007

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-113	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.055	0.012
A-114	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.051	0.012
A-115	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.6	0.055	0.008
A-122	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	13.0	0.025	0.028
A-123	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.5	0.022	0.002
A-124	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.8	0.025	0.006
A-125	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	13.0	0.025	0.008
A-126	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.7	0.026	0.008
A-127	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	28.9	0.248	0.008
A-128	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	28.2	0.258	0.011
A-129	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	29.8	0.302	0.014
A-139	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	30.5	0.415	0.006
A-140	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	21.1	0.101	0.001
A-141	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.3	0.059	0.012
A-151	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	22.3	0.157	0.005
A-152	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.4	0.059	0.001
A-153	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.063	0.005
A-178	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.055	0.006
A-179	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.7	0.057	0.002
A-180	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.8	0.058	0.005
A-190	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.1	0.047	0.008
A-191	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	18.4	0.058	0.012
A-192	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.055	0.015
A-205	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	18.2	0.060	0.004
A-206	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.9	0.056	0.006
A-207	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.3	0.063	0.007
A-226	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.8	0.062	0.026
A-227	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.7	0.057	0.022
A-228	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.0	0.061	0.011
A-133	<i>Pseudorhombus</i> sp.	BT	30.2	0.264	0.013
A-134	<i>Pseudorhombus</i> sp.	BT	22.4	0.145	0.014
A-135	<i>Pseudorhombus</i> sp.	BT	21.6	0.121	0.014
A-50	<i>Restrelliger karnagurta</i>	BT	18.1	0.065	0.044
A-51	<i>Restrelliger karnagurta</i>	BT	17.1	0.048	0.056
A-52	<i>Restrelliger karnagurta</i>	BT	19.0	0.064	0.028
A-47	<i>Saurida elongata</i>	BT	22.0	0.068	0.016
A-48	<i>Saurida elongata</i>	BT	17.8	0.032	0.033
A-49	<i>Saurida elongata</i>	BT	18.0	0.039	0.063

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-74	<i>Saurida</i> sp.	BT	27.0	0.129	0.060
A-75	<i>Saurida</i> sp.	BT	24.9	0.100	0.055
A-76	<i>Saurida</i> sp.	BT	22.6	0.067	0.077
A-53	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.0	0.055	0.051
A-54	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.0	0.046	0.024
A-55	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.0	0.033	0.043
A-77	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	25.3	0.112	0.012
A-78	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.5	0.042	0.070
A-79	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.4	0.051	0.075
A-98	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.5	0.066	0.016
A-99	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.8	0.041	0.014
A-100	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.0	0.050	0.023
A-110	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.1	0.096	0.014
A-111	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.8	0.084	0.016
A-112	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.4	0.085	0.019
A-119	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	28.8	0.158	0.013
A-120	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	27.3	0.144	0.009
A-121	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	29.5	0.187	0.039
A-145	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	25.5	0.126	0.002
A-146	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.0	0.088	0.010
A-147	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.7	0.082	0.032
A-163	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.6	0.098	0.004
A-164	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.2	0.062	0.004
A-165	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.5	0.064	0.006
A-175	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	27.9	0.172	0.012
A-176	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.0	0.048	0.003
A-177	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.4	0.048	0.034
A-187	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	28.0	0.172	0.019
A-188	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.3	0.067	0.019
A-189	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.4	0.059	0.015
A-208	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.5	0.088	0.019
A-209	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.1	0.052	0.017
A-210	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.8	0.057	0.013
A-217	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.7	0.093	0.013
A-218	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.1	0.092	0.003
A-219	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.0	0.103	0.027
A-80	<i>Sphyraena barracuda</i>	PLL	114	7	0.142
A-81	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	22.0	0.059	0.040
A-82	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	21.4	0.055	0.021
A-19	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	23.0	0.068	0.060

ตารางที่ จ-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)
A-59	<i>Sphyraena jello</i>	BT	25.2	0.077	0.029
A-60	<i>Sphyraena jello</i>	BT	24.1	0.061	0.012
A-61	<i>Sphyraena jello</i>	BT	24.6	0.073	0.018
A-136	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.5	0.120	0.011
A-137	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	20.9	0.092	0.024
A-138	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.5	0.102	0.021
A-160	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.0	0.107	0.007
A-161	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.089	0.001
A-162	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	20.4	0.091	0.023
A-172	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	24.3	0.141	0.008
A-173	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.8	0.131	0.006
A-174	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.077	0.007
A-196	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	25.3	0.172	0.010
A-197	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.5	0.134	0.011
A-198	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	24.3	0.123	0.039
A-220	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	22.5	0.143	0.025
A-221	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.083	0.027
A-222	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.098	0.040
A-104	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	71.4	0.368	0.008
A-105	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	66.5	0.355	0.004
A-106	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	65.6	0.353	0.038
A-68	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	15.0	0.035	0.112
A-69	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	13.4	0.025	0.085
A-70	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	14.0	0.027	0.131
A-211	<i>Upeneus</i> sp.	BT	16.0	0.037	0.051
A-212	<i>Upeneus</i> sp.	BT	15.0	0.036	0.037
A-213	<i>Upeneus</i> sp.	BT	14.5	0.036	0.009
A-2	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	40	0.124
A-3	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	10	0.110
A-4	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	186	16	0.121
A-5	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	230	35	0.103
A-7	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	47	0.120
A-11	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	45	0.102
A-14	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	142	8	0.140
A-15	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	148	9.5	0.120
A-16	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	173	15	0.101
A-17	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	189	18	0.113
A-18	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	100	2.2	0.081
A-1	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	172	13	0.097

ภาคผนวก จ

การทดสอบทางสถิติ

1. ปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลทั้ง 3 พื้นที่

1.1 ปริมาณแคดเมียมในปลาทูน่าท้องแถบ (*Katsuwonus pelamis*)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือแคดเมียมในเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ ทั้ง 3 พื้นที่ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq \mu_{ji}$ อย่างน้อย 1 คู่; $I \neq j$; $I, j = 1, 2, 3$ หรือแคดเมียมในเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ ทั้ง 3 พื้นที่แตกต่างกัน

นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีคู่ใดคู่หนึ่ง อย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ-1 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ (*K. Pelamis*) จากอ่าวเบงกอลในพื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C ด้วย One – Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11

Cd	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0	2	0	0.23	0.796
Within Groups	0.002	27	0		
Total	0.003	29			

สรุปผลการทดสอบ

ค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d = 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลาทูน่าท้องแถบ (*K. Pelamis*) จากในพื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.2 ปริมาณแคดเมียมในปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ จากทั้ง 3 พื้นที่ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq \mu_{ji}$ อย่างน้อย 1 คู่; $I \neq j$; $I, j = 1, 2, 3$ หรือ แคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ ทั้ง 3 พื้นที่แตกต่างกัน

นั่นคือ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีค่าใดคู่หนึ่ง อย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตารางที่ จ-2 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (*X. Gladius*) จากอ่าวเบงกอลในพื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C ด้วย One – Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11

Cd	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.024	2	0.012	4.481	0.033
Within Groups	0.035	13	0.003		
Total	0.059	15			

สรุปผลการทดสอบ

ค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณแคดเมียมในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. Gladius*) จากพื้นที่ A พื้นที่ B และ พื้นที่ C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

2. การทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

2.1 ขนาดของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย

สมมติฐาน

H_0 : $\mu_d = 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอยไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_d \neq 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย แตกต่างกัน โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของขนาดสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ที่จับ โดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย

ตารางที่ ข-3 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอยจากอ่าวเบงกอล ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
7.583	63	0.00	28.8612	3.80581	21.25589	36.466513
4.837	18.0	0.00	28.8612	5.96719	16.327278	41.395125

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า ขนาดของสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลแตกต่างกันและค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 : $\mu_d = 0$ ดังนั้นขนาดของสัตว์ทะเลแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2 ขนาดของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน โดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอยและอวนลาก

สมมติฐาน

H_0 : $\mu_d = 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน ไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_d \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่; $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลแตกต่างกัน นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ จ-4 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดของสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavn น้ำลึก อวนลอย และอวนลากจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย One - Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11

Cd	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	32662.828	2	16331.414	249.623	0
Within Groups	15963.521	244	65.424		
Total	48626.349	246			

สรุปผลการทดสอบ

ค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ สรุปได้ว่าขนาดของสัตว์ทะเล ที่จับโดยใช้เครื่องมือทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 ขนาดของสัตว์ทะเลที่จับด้วยเบ็ดรavn น้ำลึกจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของขนาดสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ตารางที่ จ-5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavn น้ำลึก จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
-0.817	45	0.418	-6.0547	7.41255	-20.98434	8.87494
-0.806	36.91	0.426	-6.0547	7.51601	-21.28486	9.17546

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางตรงกันข้ามกัน แสดงว่า ขนาดของสัตว์ทะเลไม่แตกต่างกันและค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d = 0$ ดังนั้นขนาดของสัตว์ทะเลไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.4 ขนาดสัตว์ทะเลที่จับด้วยอวนลอยจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของขนาดสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

ตารางที่ จ-6 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของขนาดสัตว์ทะเลที่จับโดยอวนลอยจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
-6.911	52	0	-5.7355	0.82989	-7.40084	-4.07025
-3.669	7.315	0.007	-5.7355	1.56339	-9.40038	-2.0707

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า ขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่ แตกต่างกันและค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ ดังนั้นขนาดของสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่ แยกตามเครื่องมือประมง

3.1 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลด้วยเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ แคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับด้วยเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ แคดเมียมในสัตว์ทะเล ที่จับด้วยเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับ โดยใช้เครื่องมือประมงทั้ง 2 ชนิด

ตารางที่ จ-7 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกและอวนลอย จากพื้นที่อ่าวเบงกอล ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
1.529	63	0.131	0.00561	0.003673	-0.001725	0.012954
1.117	20.501	0.277	0.00561	0.005026	-0.004854	0.016083

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางตรงกันข้ามกัน แสดงว่าแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเล ไม่แตกต่างกัน และค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d = 0$ ดังนั้นแคดเมียมในเนื้อสัตว์ทะเล ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอย และอวนลาก

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ แคดเมียมในสัตว์ทะเลไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq \mu_{ji}$ อย่างน้อย 1 คู่; $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$ แคดเมียมในสัตว์ทะเลแตกต่างกัน

นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีคู่ใดคู่หนึ่งอย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ น-8 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก อวนลอย และอวนลากจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย One - Way ANOVA โดยใช้ โปรแกรม SPSS for Windows Versions 11

Cd	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.096	2	0.048	19.277	0
Within Groups	0.604	244	0.002		
Total	0.7	246			

สรุปผลการทดสอบ

ค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ จึงสรุปได้ว่าปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยใช้เครื่องมือทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 ปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเล ทั้ง 2 พื้นที่ ที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณแคดเมียมที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึกไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณแคดเมียม ที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก แตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลทั้ง 2 พื้นที่ ที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก

ตารางที่ น-9 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยใช้เบ็ดรavnน้ำลึก จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
-4.783	45	0	-0.06252	0.013072	-0.08885	-0.036191
-5.524	37.712	0	-0.06252	0.011318	-0.085438	-0.039603

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า แคลเมียมในสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกันและค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ ดังนั้นแคลเมียมในสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 ปริมาณแคลเมียมในสัตว์ทะเล ทั้ง 2 พื้นที่ ที่จับโดยใช้อวนลอย

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ แคลเมียมในสัตว์ทะเลทั้ง 2 พื้นที่ ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ แคลเมียมในสัตว์ทะเลทั้ง 2 พื้นที่ แตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณแคลเมียมในสัตว์ทะเลทั้ง 2 พื้นที่ ที่จับโดยใช้อวนลอย

ตารางที่ จ-10 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคลเมียมในสัตว์ทะเลที่จับโดยอวนลอย จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Versions 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
-2.312	52	0.025	-0.009	0.00387	-0.01673	-0.00118
-1.473	7.651	0.181	-0.009	0.00608	-0.02309	0.00518

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า แคลเมียมในสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่แตกต่างกันและค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ ดังนั้นแคลเมียมในสัตว์ทะเลจาก 2 พื้นที่ แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.5 แคลเมียมในปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*Alopias superciliosus*) ที่จับจาก 2 พื้นที่

สมมติฐาน

H_0 : $\mu_d = 0$ หรือ แคลเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาวหน้าหนุจาก 2 พื้นที่ที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_d \neq 0$ หรือ แคลเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ จาก 2 พื้นที่แตกต่างกัน

โดยที่ μ_d = ผลต่างของแคลเมียมในปลาจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ตารางที่ จ-11 การทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคลเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Version 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Upper	Lower
1.031	9	0.329	0.00497	0.004817	-0.00593	0.015864
1.104	7.07	0.306	0.00497	0.004498	-0.00564	0.015582

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d พบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางตรงกันข้ามกัน แสดงว่าแคลเมียมในเนื้อปลาไม่แตกต่างกันและค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H_1 : $\mu_d = 0$ ดังนั้นแคลเมียมในเนื้อปลาฉลามหางยาวหน้าหนุไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.6 ปริมาณแคลเมียมในปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) ที่จับจาก 2 พื้นที่

สมมติฐาน

H_0 : $\mu_d = 0$ หรือ แคลเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ จาก 2 พื้นที่ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_d \neq 0$ หรือแคลเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบจาก 2 พื้นที่แตกต่างกัน

โดยที่ μ_d = ผลต่างของปริมาณแคลเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบจาก 2 พื้นที่

ตารางที่ จ-12 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (*X. Gladius*) จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ด้วย Independent Samples T-test จากโปรแกรม SPSS for Windows Version 15

t-test for Equality of Means						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Upper	Lower
-5.14	26	0.00	-0.0790	0.015368	-0.11061	-0.04744
-7.29	21	0.00	-0.0790	0.010839	-0.10156	-0.05649

สรุปผลการทดสอบ

จาก 95% ของค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า แคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จาก 2 พื้นที่ มีความแตกต่างกันและค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ ดังนั้นแคดเมียมในเนื้อปลากระโทงแทงดาบจาก 2 พื้นที่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาคผนวก ข

ค่า HQ และ PTWI ของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิด
พร้อมตัวอย่างการหาค่า HQ และ PTWI

ตารางที่ ข-1 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเล ค่า Average cadmium daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า Provisional Tolerance Weekly Intake (PTWI) สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัว 50 และ 60 กก.ของสัตว์ทะเลทั้ง 11 ชนิด จากอ่าวเบงกอล

ชื่อวิทยาศาสตร์	แคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. นน. เปียก □)	ADI (มก./กก./วัน □)	Hazard Quotient	PTWI (กก./สัปดาห์ □)	
				50 กก.	60 กก.
<i>Alopias superciliosus</i>	0.020	0.011	0.011	17.5	21.0
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	0.067	0.036	0.036	5.2	6.3
<i>Carcharhinus falciformis</i>	0.031	0.017	0.017	11.3	13.5
Unidentified shark	0.029	0.016	0.016	12.1	14.5
<i>Auxis thazard</i>	0.023	0.012	0.012	15.2	18.3
<i>Euthynnus affinis</i>	0.022	0.012	0.012	15.9	19.1
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0.025	0.013	0.013	14.0	16.8
<i>Thunnus albacares</i>	0.030	0.016	0.016	11.7	14.0
<i>Thunnus obesus</i>	0.027	0.014	0.014	13.0	15.6
<i>Caranx Tille</i>	0.029	0.016	0.016	12.1	14.5
<i>Xiphias gladius</i>	0.065	0.035	0.035	5.4	6.5

* 50 กก. ปริมาณที่แนะนำในการบริโภคสำหรับคนในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

* 60 กก. ปริมาณที่แนะนำในการบริโภคสำหรับคนทั่วไปที่แนะนำโดย JECFA

ตารางที่ ข-2 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ทะเล ค่า Average cadmium daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า Provisional Tolerance Weekly Intake (PTWI) สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัว 50 และ 60 กก. ของสัตว์ทะเลทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์	แคดเมียมเฉลี่ย (มก./กก. นน. เปียก □	ADI (มก./กก./วัน □	Hazard Quotient	PTWI (กก./สัปดาห์ □	
				50 กก.	60 กก.
<i>Loligo duvauceli</i>	0.214	0.115	0.115	1.6	2.0
<i>Loligo sp.</i>	0.180	0.097	0.097	1.9	2.3
<i>Alepes djedaba</i>	0.015	0.008	0.008	23.5	28.2
<i>Chrysochir aureus</i>	0.012	0.007	0.007	28.9	34.7
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	0.014	0.007	0.007	25.6	30.7
<i>Drepane punctata</i>	0.017	0.009	0.009	20.6	24.7
<i>Decapterus russelli</i>	0.127	0.068	0.068	2.7	3.3
<i>Epinephelus coioides</i>	0.020	0.011	0.011	17.4	20.8
<i>Ephippus orbis</i>	0.009	0.005	0.005	38.3	45.9
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	0.012	0.007	0.007	28.1	33.7
<i>Nemipterus spp.</i>	0.011	0.006	0.006	32.4	38.9
<i>Nemipterus japonicus</i>	0.013	0.007	0.007	27.2	32.6
<i>Nemipterus peronii</i>	0.007	0.004	0.004	47.9	57.5
<i>Pennahia anea</i>	0.014	0.007	0.007	25.9	31.0
<i>Parupeneus spp.</i>	0.014	0.008	0.008	24.4	29.2
<i>Pennahia macrocephalus</i>	0.009	0.005	0.005	41.0	49.2
<i>Priacanthus macracanthus</i>	0.012	0.006	0.006	30.2	36.2
<i>Pseudorhombus sp.</i>	0.014	0.007	0.007	25.6	30.7
<i>Restrelliger karnagurta</i>	0.043	0.023	0.023	8.2	9.9
<i>Saurida sp.</i>	0.064	0.034	0.034	5.5	6.6
<i>Saurida elongata</i>	0.037	0.020	0.020	9.4	11.3
<i>Sphyraena forsteri</i>	0.040	0.022	0.022	8.7	10.4
<i>Sphyraena jello</i>	0.020	0.011	0.011	17.7	21.3
<i>Saurida undosquamis</i>	0.021	0.011	0.011	16.7	20.0
<i>Trichiurus lepturus</i>	0.017	0.009	0.009	20.8	25.0
<i>Trachinocephalus myops</i>	0.017	0.009	0.009	20.2	24.3
<i>Upeneus moluccensis</i>	0.032	0.017	0.017	10.9	13.1
<i>Upeneus sp.</i>	0.109	0.059	0.059	3.2	3.8
<i>Alopias Supercilius</i>	0.047	0.025	0.025	7.4	8.9
<i>Istiophorus platypterus</i>	0.065	0.035	0.035	5.4	6.5
<i>Sphyraena barracuda</i>	0.142	0.076	0.076	2.5	3.0
<i>Xiphias gladius</i>	0.111	0.060	0.060	3.2	3.8

* 50 กก. ปริมาณที่แนะนำในการบริโภคสำหรับคนในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

* 60 กก. ปริมาณที่แนะนำในการบริโภคสำหรับคนทั่วไปโดย JECFA

ตัวอย่างการหาค่า HQ และ PTWI

1. ตัวอย่างการหาค่า HQ

ค่า HQ หรือค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic effect) หาได้จากสมการ ช-1 ซึ่งต้องทราบค่า ADI หรือค่าปริมาณที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายต่อวัน (Average Daily Intake) ซึ่งได้จากสมการ ช-2 (Kofi, 2002; พงษ์เทพ วิวรรณเดชะ, 2547)

$$HQ = \frac{\text{Average cadmium daily intake}}{Rfd} \quad (\text{ช-1})$$

โดยที่ ค่า Rfd (Reference dose for chronic oral exposure) สำหรับแคดเมียม เท่ากับ 0.001 มก./กก./วัน (US-EPA, 2008)

$$\text{Average cadmium daily intake via fish (mg/kg/day)} = \frac{(CF)(IR)(FI)(EF)(ED)}{(BW)(AT)} \quad (\text{ช-2})$$

โดยที่

- CF = ความเข้มข้นของแคดเมียมเฉลี่ยในปลา (มก./กก.)
- IR = อัตราการรับประทานเนื้อปลา ค่าเฉลี่ยสำหรับคนไทย = 0.028 กก./มือ (FAO, 2005)
- FI = สัดส่วนการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน เท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย)
- EF = ความถี่ของการรับสัมผัส = 350 มื้อ/ปี (US-EPA, 1989)
- ED = ระยะเวลาที่สัมผัส = 30 ปี (US-EPA, 1989)
- BW = น้ำหนักตัวเฉลี่ย น้ำหนักของคนไทยเฉลี่ย = 50 กก. (Agusa *et al.*, 2007)
- AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง = 10,950 วัน (US-EPA, 1989)

ที่มาของค่าต่างๆ ที่ใช้แทนค่าในสมการ

ในการคำนวณหาค่า HQ และ ADI สำหรับการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ในการศึกษาครั้งนี้ แทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ ช-1 และ ช-2 ดังนี้

- CF (Contaminant concentration of cadmium in fish)
 - หมายถึง ปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเล หน่วยเป็น มก./กก. น้ำหนักเปียก
 - ใช้ค่าเฉลี่ยของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในสัตว์ทะเลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้

- IR (Ingestion rate)
 - หมายถึง ปริมาณเนื้อปลาหรืออาหารทะเลที่รับประทานในแต่ละมื้อ หน่วยเป็น กก./มื้อ
 - FAO (2005) รายงานปริมาณการบริโภคเนื้อปลาหรืออาหารทะเลของคนไทยไว้เท่ากับ 85 กก./คน/วัน หรือ 0.028 กก./มื้อ
- FI (Fraction ingested from contaminated source)
 - หมายถึง สัดส่วนการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน
 - ในที่นี้ให้ค่า = 1.0 (ไม่มีหน่วย)
- EF (Exposure frequency)
 - หมายถึง ความถี่ของการรับสัมผัสมีหน่วยเป็น มื้อ/ปี
 - US-EPA (1989) กำหนดค่าความถี่ของการรับสัมผัสเป็น 350 มื้อ/ปี
- ED (Exposure duration)
 - หมายถึง ระยะเวลาที่สัมผัส มีหน่วยเป็นปี
 - สำหรับความเป็นพิษที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic effect) US-EPA (1989) กำหนดให้ใช้ระยะเวลา 30 ปี
- BW (Body weight)
 - หมายถึง น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยของคนไทย มีหน่วยเป็น กก.
 - สำหรับคนไทย กำหนดให้ใช้น้ำหนักตัวเท่ากับ 50 กก. (FAO, 2005)
- AT (Average time exposed)
 - หมายถึง อายุขัยเฉลี่ยของประชากรที่จะได้รับความเสี่ยง มีหน่วยเป็น วัน
 - สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง US-EPA (1989) กำหนดให้ใช้อายุเฉลี่ย 30 ปี คูณด้วย 365 วัน (30 × 365) ดังนั้น AT = 10,950 วัน
- Rfd (Reference dose for chronic oral exposure)
 - ค่า Rfd สำหรับแคดเมียม = 0.001 มก./กก./วัน (US-EPA, 2008)

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณค่า HQ ในการบริโภคปลาทุแขก (*Decapterus russelli*) จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

$$\begin{aligned}
 ADI &= \frac{(CF)(IR)(FI)(EF)(ED)}{(BW)(AT)} \\
 &= \frac{0.127 \times 0.028 \times 1 \times 350 \times 30}{50 \times 10,950}
 \end{aligned}$$

$$= 0.000068 \text{ มก./กก./วัน หรือ } 0.068 \text{ มคก./กก./วัน}$$

$$\begin{aligned} \text{HQ} &= \frac{\text{Average cadmium daily intake}}{\text{Rfd}} \\ &= \frac{0.000068}{0.001} \\ &= 0.068 \end{aligned}$$

หากค่า $\text{HQ} > 1$ แสดงว่า ปริมาณแคดเมียมที่ร่างกายได้รับอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคอาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ ซึ่งไม่ใช่โรคมะเร็ง ในที่นี้ $\text{HQ} < 1$ แสดงว่า การบริโภคเนื้อปลาแซลมอนจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่มีแคดเมียมปนเปื้อนไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

2. ตัวอย่างการหาค่า PTWI

ค่า PTWI หรือปริมาณที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อสัปดาห์ (Provisional Tolerable Weekly Intake) หาได้จากสมการ ช-3

$$\text{PTWI} = \left[\frac{\text{TRV} \times \text{BW}}{C_f} \right] \times 7 \quad (\text{ช-3})$$

โดยที่

PTWI = ปริมาณปลาที่ควรบริโภคต่อสัปดาห์ (กรัม/สัปดาห์)

TRV = ค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย JECFA (2005) ที่กำหนดให้ผู้บริโภคไม่ควรได้รับแคดเมียมเกินกว่า 7 มคก./กก. น้ำหนักตัว สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 60 กก. ดังนั้นใน 1 วัน จึงไม่ควรได้รับแคดเมียมเกิน 1 มคก./กก./วัน

BW = น้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม เนื่องจากค่า TRV กำหนดในคนที่น้ำหนักตัว 60 กก.

C_f = ค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในปลาแต่ละชนิดมีหน่วยเป็น มก./กก. ปลาแซลมอน มีค่า 0.127 มก./กก. น้ำหนักเปียก

ที่มาของค่าต่างๆ ที่ใช้แทนค่าในสมการ

ในการคำนวณหาค่า PTWI สำหรับการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามันในการศึกษาครั้งนี้ แทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ ช-3 (JECFA, 2005) ดังนี้

- TRV หมายถึง ปริมาณแคดเมียมที่มนุษย์จะรับได้ = ไม่เกินวันละ 1 มก./กก./วัน
- BW หมายถึง น้ำหนักตัวของผู้บริโภคโดยใช้น้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนทั่วไป 60 กก. (JECFA, 2005) และคำนวณโดยใช้ 50 กก. สำหรับคนไทย (Agusa *et al.*, 2007)
- C_f หมายถึง ค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในปลาแต่ละชนิด หน่วยเป็น มก./กก.

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณค่า PTWI ในการบริโภคปลาทูแขกจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

$$\begin{aligned} \text{PTWI} &= \frac{1 \times 60}{0.127} \times 7 \\ &= 3,298.98 \quad \text{กรัม/สัปดาห์ หรือ 3.3 กก./สัปดาห์} \end{aligned}$$

ดังนั้นผู้ที่มีน้ำหนักตัว 60 กก. ไม่ควรบริโภคปลาทูแขกเกินกว่า 3.3 กก./สัปดาห์

ในกรณีที่คนไทยหรือคนในแถบภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีน้ำหนักตัว 50 กก. สามารถคำนวณค่าที่ปลอดภัยในการบริโภคโดยใช้หลักการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ เช่น

ผู้บริโภคมีน้ำหนัก 60 กก. บริโภคปลาทูแขกได้ 3.3 กก./สัปดาห์

ผู้บริโภคมีน้ำหนัก 50 กก. บริโภคปลาทูแขกได้ $\frac{50 \times 3.3}{60} = 2.75$ กก./สัปดาห์

ดังนั้นผู้ที่มีน้ำหนัก 50 กก. บริโภคปลาทูแขกจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ได้ไม่เกิน 2.75 กก./สัปดาห์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล

นางสาวสุภาพร แก้วบุบผา

รหัสประจำตัวนักศึกษา

5010920030

วุฒิการศึกษา

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2545

(ศึกษาศาสตร์)

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สุภาพร แก้วบุบผา, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, ภัทริรา เลิศวิทยาประสิทธิ์, ณัฐินี สุกระมงคล, ฤทธิรงค์ พรหมมาศและสายัณห์ พรหมจินดา. 2551. “การสะสมทางชีวภาพของแคดเมียมในเนื้อเยื่อส่วนที่บริโกลคของปลากลางน้ำจากอ่าวเบงกอล”. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล 2551. 25-27 สิงหาคม 2551. ณ โรงแรมเมโทร โพล จังหวัด ภูเก็ต.