



ระดับของปรอทที่ปนเปื้อนในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน
(น่านน้ำพม่า) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

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

จิณณธรรม หารเทา

Jinnathum Hantow

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 ระดับของปรอทที่ปนเปื้อนในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอลและทะเล
อันดามัน (น่านน้ำพม่า) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ
ผู้เขียน นายจิณฉัตรธรรม หารเทา
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นสพ.บรรจง วิทย์วิวิศักดิ์)

..... กรรมการ
(ดร.สมเกียรติ ขอเกียรติวงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุพดี ชัยสุขสันต์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ
สิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ระดับของปรอทที่ปนเปื้อนในทรัพยากรประมงจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ
ผู้เขียน	นายจิณฉัตรธรรม ทารเทา
สาขาวิชา	การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

จากการวิเคราะห์ปรอทที่ปนเปื้อนในตัวอย่างสัตว์ทะเล 11 ชนิด 78 ตัวอย่าง จากอ่าวเบงกอล และ 32 ชนิด 229 ตัวอย่าง จากน่านน้ำพม่า ที่สุ่มระหว่างการสำรวจทรัพยากรประมงในอ่าวเบงกอล ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550 และในทะเลอันดามันเขตน่านน้ำพม่า ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม พ.ศ. 2550 พบว่าปรอทปนเปื้อนในปลาจากอ่าวเบงกอลและจากน่านน้ำพม่า อยู่ในช่วง 0.005 – 1.245 และ 0.010 – 1.125 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ และเฉลี่ย 0.213 ± 0.277 และ 0.108 ± 0.151 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ และพบว่าปรอทสะสมในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นตามขนาดของสัตว์น้ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ EU (2006) ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 0.5 มก./กก. ในปลาทั่วไป ยกเว้นปลานักล่าที่มีได้ไม่เกิน 1 มก./กก. พบว่าปลาอ่าวเบงกอลส่วนใหญ่มีปรอทไม่เกินเกณฑ์ ยกเว้นปลากระมง (*Caranx tille*) ที่มีปรอทเฉลี่ย 0.886 ± 0.147 มก./กก. นน.เปียก ส่วนปลาจากน่านน้ำพม่าที่มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยมาก คือ ปลาน้ำดอกไม้ (*Sphyraena barracuda*) ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*Alopias superciliosus*) และปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) มีค่าเฉลี่ย 0.942, 0.527 ± 0.247 และ 0.431 ± 0.352 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ แต่ทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นปลานักล่า ปลาที่มีค่าเกินเกณฑ์ คือ ปลากระรังดอกแดง (*Epinephelus coioides*) 0.519 ± 0.027 มก./กก. นน.เปียก จากการประเมินสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) และปริมาณปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์ (PTWI) พบว่ามีปลาอ่าวเบงกอล 5 ชนิด ที่มีค่า HQ > 1 คือ ปลากระมง ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระโทงแทงดาบ ปลาฉลามครีบดำ และปลาทูนตาโต (*Thunnus obesus*) โดยมีค่า HQ เท่ากับ 4.76, 2.76, 2.57, 1.35 และ 1.08 ตามลำดับ และมีค่า PTWI ที่ 0.12, 0.21, 0.22, 0.42 และ 0.53 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับคนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก. และมีปลาจากน่านน้ำพม่า 5 ชนิด ที่มีค่า HQ > 1 ได้แก่ ปลาน้ำดอกไม้ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระรังดอกแดง ปลากระโทงร่วม (*Istiophorus platypterus*) และปลากระโทงแทงดาบ โดยมีค่า HQ เท่ากับ 5.06, 2.83, 2.79, 2.49 และ 2.32 ตามลำดับ และมีค่า PTWI ที่ 0.11, 0.20, 0.21, 0.23 และ 0.25 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับคนที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก.

Thesis Title	Level of Mercury Contaminated in Fishery Resources from the Bay of Bengal and the Andaman Sea (Myanmar Waters) and Its Health Risk Assessment
Author	Mr. Jinnathum Hantow
Major Program	Environmental Management
Academic Year	2008

Abstract

From fishery resource surveys, 78 fish samples of 11 species from Bay of Bengal (November to December 2007) and 229 samples of 32 species from Myanmar Waters (February to March 2007) were collected to determine for mercury (Hg) contamination. Total Hg in fish flesh from Bay of Bengal and Myanmar Waters ranged from 0.005 to 1.245 and 0.010 to 1.125 mg/kg wet wt., respectively, with the average of 0.213 ± 0.277 and 0.108 ± 0.151 mg/kg wet wt., respectively. Mercury in fish flesh increased as size increased. The Hg content in flesh was not yet exceeded EU (2006) guidelines' maximum level of 0.5 and 1 mg/kg for most fishes and predatory fish, respectively, except tille trevally (*Caranx tille*) which had Hg at 0.886 ± 0.147 mg/kg wet wt. High Hg fishes of Myanmar Waters were great barracuda (*Sphyraena barracuda*), bigeye tresher shark (*Alopias superciliosus*) and swordfish (*Xiphias gladius*) with the average of 0.942 , 0.527 ± 0.247 and 0.431 ± 0.352 mg/kg wet wt., respectively, however, those species were predatory fish. Only orange spotted grouper (*Epinephelus coioides*) had Hg, average 0.519 ± 0.027 mg/kg wet wt., exceeded the maximum limit. Health risk was evaluated by Hazard Quotient (HQ) and Provisional Tolerate-Weekly Intake (PTWI). Five species from Bay of Bengal having HQ > 1 were tille trevally, bigeye tresher shark, swordfish, copper shark and bigeye tuna (*Thunnus obesus*) with the HQ values of 4.76, 2.76, 2.57, 1.35 and 1.08, respectively, and the PTWI values of 0.12, 0.21, 0.22, 0.42 and 0.53 kg/week, respectively, for consumer weighed 60 kg. Five species from Myanmar Waters having HQ > 1 were great barracuda, bigeye tresher shark, orange spotted grouper, Indo-Pacific sailfish (*Istiophorus platypterus*) and swordfish with the HQ values of 5.06, 2.83, 2.79, 2.49 and 2.32, respectively, and the PTWI values of 0.11, 0.20, 0.21, 0.23 and 0.25 kg/week, respectively, for consumer weighed 60 kg.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เป็นอย่างสูงที่ให้คำปรึกษา แนวทางในการทำวิจัย ตรวจสอบข้อมูล ตลอดจนแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร. สมเกียรติ ขอเกียรติวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุพดี ชัยสุขสันต์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นสพ. บรรจง วิทยวิรัชศักดิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำแนะนำและขอควรปรับปรุงในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง ศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และทีมงานของเรือ M.V. SEAFDEC1 และ M.V. SEAFDEC2 ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่าง

ขอบคุณ คุณยุทธนา บัวแก้ว และคุณปิยวรรณ นาคินชาติ สำหรับความช่วยเหลือระหว่างการเตรียมตัวอย่าง ขอขอบคุณคุณพัฒนจิตา ทัพพัธวงศ์คุณ คุณสุชาดา บัวแก้ว และคุณหฤทัย อภัยรัตน์ ที่ช่วยเหลือระหว่างการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ หน่วยวิจัยชีวธรณีเคมีและการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

และขอขอบคุณเพื่อนคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจตลอดมา จนสำเร็จกลายเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้

จิณณธรรม หารเทา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญรูป	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 พรอท	2
1.2.1 รูปแบบทางเคมีของพรอท	3
1.2.2 แหล่งกำเนิดของพรอทในสิ่งแวดล้อม	3
1.2.3 วัฏจักรของพรอทในธรรมชาติและการแพร่กระจายของพรอทเข้าสู่แหล่งน้ำ	4
1.2.4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีของพรอทในสิ่งแวดล้อม	7
1.2.5 การสะสมของพรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ	15
1.2.6 ความเป็นพิษและอันตรายของพรอทต่อมนุษย์	16
1.3 พื้นที่ในการศึกษา	17
1.4 การทำประมงในประเทศไทย	19
1.5 การวิเคราะห์พรอท	20
1.6 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ	21
1.6.1 ความหมายและประเภทของการประเมินความเสี่ยง	21
1.6.2 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง	23
1.7 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	24
2.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง	24
2.2 พื้นที่การเก็บตัวอย่าง	24
2.2.1 อ่าวเบงกอล	24
2.2.2 น่านน้ำพม่า (ทะเลอันดามัน)	26
2.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี	28
2.4 วิธีการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์	29
2.4.1 การทำความสะอาดอุปกรณ์ และภาชนะ	29
2.4.2 วิธีการเตรียมตัวอย่าง	29
2.5 การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล	30
2.6 การตรวจวัดปริมาณปรอทในสารละลาย	31
2.7 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	32
2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	32
2.9 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการบริโภค	32
2.9.1 ความเสี่ยงเบื้องต้น (Risk screening)	32
2.9.2 การประเมินความเสี่ยงในการได้รับปรอทในปริมาณน้อย เป็นเวลานาน	33
2.9.3 การประเมินปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค	34
บทที่ 3 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	35
3.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์น้ำ	35
3.1.1 ชนิดพันธุ์และขนาดสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล	35
3.1.2 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	35
3.2 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	35
3.2.1 ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงที่รับรอง	35
3.2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 (ต่อ)	
3.3 ผลการศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล	40
3.3.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด	40
3.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับค่ามาตรฐาน	43
3.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับพื้นที่อื่น	46
3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำ	46
3.3.4.1 ความสัมพันธ์ในสัตว์น้ำแต่ละชนิด	46
3.3.4.2 ความสัมพันธ์ในภาพรวม	48
3.4 ผลการศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	48
3.4.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด	48
3.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับค่ามาตรฐาน	56
3.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับพื้นที่อื่นๆ	56
3.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำ	57
3.4.4.1 ความสัมพันธ์ในสัตว์น้ำแต่ละชนิด	57
3.4.4.2 ความสัมพันธ์ในภาพรวม	58
3.5 การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยในการบริโภค	58
3.5.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล	62
3.5.2 ความเสี่ยงในการบริโภคสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	63
3.6 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน	65
3.6.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ	65
3.6.2 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดสัตว์น้ำ	66
3.6.3 ความเสี่ยงและปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน	69

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	70
4.1 ปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)	70
4.2 ปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	71
4.3 การประเมินความเสี่ยง	71
4.3.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)	71
4.3.2 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	71
4.4 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์	72
4.4.1 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)	72
4.4.2 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	72
4.5 เปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน (พื้นที่ C) ของอ่าวเบงกอล และน่านน้ำพม่า)	72
4.6 ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	86
ภาคผนวก ก เครื่องมือประมงที่ใช้ในการสุ่มจับตัวอย่างสัตว์น้ำ	87
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ	89
ภาคผนวก ค ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปสัตว์ทะเลแต่ละชนิดจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	92
ภาคผนวก ง ขนาด (น้ำหนักและความยาว) ของสัตว์น้ำแต่ละชนิดจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	100
ภาคผนวก จ ผลการทดสอบ T-Test และ การทดสอบ One-way ANOVA	127
ภาคผนวก ฉ ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลที่ศึกษา	136
ภาคผนวก ช ค่า HQ และ PTWI ของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิด พร้อมตัวอย่างการหาค่า HQ และ PTWI	140
ประวัติผู้เขียน	146

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1-1	ปริมาณปรอทในน้ำทะเลในบางพื้นที่ของโลก	6
ตาราง 1-2	ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในดิน ตะกอนดินในประเทศและพื้นที่ต่างๆ	8
ตาราง 1-3	ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในสัตว์น้ำในประเทศต่างๆ	10
ตาราง 1-4	ปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในสัตว์ทะเล (UNEP, 2002)	12
ตาราง 2-1	ตำแหน่งสถานีสำรวจและวันที่ทำการสำรวจในอ่าวเบงกอล	26
ตาราง 2-2	ตำแหน่งสถานีสำรวจและวันที่ทำการสำรวจในทะเลอันดามัน	28
ตาราง 3-1	น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนัก) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาว) ของตัวอย่างปลาที่สุ่มจากตัวอย่างที่จับจากอ่าวเบงกอล (โดยเครื่องมือประมงประเภทอวนลอยและเบ็ดรavnน้ำลึก)	36
ตาราง 3-2	น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนัก) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาว) ของตัวอย่างปลาที่สุ่มจากตัวอย่างที่ได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	37
ตาราง 3-3	ผลการวิเคราะห์ปรอทในสารอ้างอิงที่รับรอง DORM-2 และ DOLT-2	40
ตาราง 3-4	ปริมาณปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่จับจากอ่าวเบงกอล	41
ตาราง 3-5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0	47
ตาราง 3-6	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่สุ่มจากอ่าวเบงกอล	47
ตาราง 3-7	ความเข้มข้นปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่จับจากทะเลอันดามัน	50
ตาราง 3-8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0	57
ตาราง 3-9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่สุ่มจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	59
ตาราง ง-1	ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longine)	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง ง-2	ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)	103
ตาราง ง-3	ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยอวนลาก (Bottom Trawling)	106
ตาราง ง-4	ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)	116
ตาราง ง-5	ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่าง ซ้ำ 10% ของตัวอย่างทั้งหมด	117
ตาราง ง-6	ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง	118
ตาราง ง-7	ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง	121
ตาราง จ-1	ผลการทดสอบ One – Way ANOVA ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อปลาทูน่าทองแถบ (<i>K. pelamis</i>) ในแต่ละพื้นที่	127
ตาราง จ-2	Multiple Comparisons ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อปลาทูน่าทองแถบ (<i>K. pelamis</i>) ในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD)	127
ตาราง จ-3	ผลการทดสอบ One – Way ANOVA ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. gladius</i>) ในแต่ละพื้นที่	128
ตาราง จ-4	Multiple Comparisons ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. gladius</i>) ในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD)	128
ตาราง จ-5	ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	130
ตาราง จ-6	ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (<i>A. superciliosus</i>) ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง จ-7	ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอท ในปลากระโทงแทงดาบ (<i>Xiphias gladius</i>) ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	132
ตาราง จ-8	ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอท ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับโดยเบ็ดรายน้ำลึก ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	134
ตาราง จ-9	ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอท ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับโดยอวนลอย ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	135
ตาราง ฉ-1	ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลแต่ละชนิด	136
ตาราง ช-1	ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ ค่าAverage mercury daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า PTWI (กก./สัปดาห์) ของสัตว์น้ำทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล โดยใช้น้ำหนักตัวผู้บริโภค 50 กก. และ 60 กก.	140
ตาราง ช-2	ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ ค่าAverage mercury daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า PTWI (กก./สัปดาห์) ของสัตว์น้ำทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยใช้น้ำหนักตัว ผู้บริโภค 50 กก.และ 60 กก.	141

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1-1	แผนภูมิแสดงปริมาณการผลิตสารปรอทโดยเฉลี่ยทั่วโลกในปี ค.ศ. 1990-2007	5
รูปที่ 1-2	วัฏจักรของปรอทในสิ่งแวดล้อม	5
รูปที่ 1-3	แผนที่อ่าวเบงกอล	18
รูปที่ 2-1	สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลใน 3 พื้นที่ของอ่าวเบงกอล พื้นที่ A – บริเวณทะเลที่ระดับลึก 2,000 ถึง 2,600 เมตร ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศบังกลาเทศและอินเดีย และในน่านน้ำสากล; พื้นที่ B – ฟังตะวันตกของอ่าวเบงกอล ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศอินเดียและศรีลังกา และในน่านน้ำสากล; และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามันที่ระดับความลึก 1,128 ถึง 2,841 เมตร ครอบคลุมน่านน้ำอินเดีย พม่า และไทย จุดสีดำแสดงสถานีที่ใช้เบ็ดรavnน้ำลึก และจุดสีขาวแสดงตำแหน่งที่ใช้อวนลอย	25
รูปที่ 2-2	สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลโดยอวนลากหน้าดินแสดงโดยจุดสีดำและแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก 2 แนว แนวซ้าย: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ระดับความลึก 400 – 1500 เมตร และแนวขวา: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ระดับความลึก 2,000 – 2,700 เมตร ในทะเลอันดามันน่านน้ำพม่า	27
รูปที่ 2-3	การสุ่มตัวอย่างสัตว์ทะเลที่นำมาวิเคราะห์หาปรอทในเนื้อเยื่อ : รูป (ก) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดเล็ก สุ่มตัวอย่างทั้งตัว และรูป (ข) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดใหญ่ (เช่น ทูน่า ปลาตาบ กระโทงแทง ฉลาม เป็นต้น) สุ่มแล้มาเฉพาะเนื้อเยื่อ	29
รูปที่ 2-4	การแล้และเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อ เก็บใส่ถุงพลาสติก เพื่อเตรียมวิเคราะห์ทางเคมีทุกขั้นตอนดำเนินการในตู้ปราศจากฝุ่น (Laminar flow cabinet) Class 100: รูป (ก) การแล้และเตรียมตัวอย่าง และรูป (ข) ตัวอย่างที่ชำแหละเสร็จแล้ว	30

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 2-5	รูป (ก) การชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำเพื่อย่อยตัวอย่าง, รูป (ข) ย่อยตัวอย่างในเตาให้ความร้อนแบบ block heater, รูป (ค) เครื่องเขย่าผสมสารละลาย และรูป (ง) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณปรอท Perkin Elmer FIMS 400 ซึ่งใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันแบบไอเย็น (cold vapor atomic absorption spectrophotometry; CVAAS)	31
รูปที่ 3-1	รูป (ก) แสดงช่วงน้ำหนักของสัตว์น้ำ และรูป (ข) แสดงช่วงปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จากอ่าวเบงกอล ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ปลาฉลาม (ซ้าย) ปลาหูน้ำ (กลาง) และปลาชนิดอื่นๆ (ขวา)	42
รูปที่ 3-2	ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาแต่ละชนิดเปรียบเทียบตามพื้นที่เก็บตัวอย่างในอ่าวเบงกอล	44
รูปที่ 3-3	เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล กับพื้นที่อื่น	46
รูปที่ 3-4	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับน้ำหนักสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล	48
รูปที่ 3-5	รูป (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนกับน้ำหนัก และรูป (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนกับความยาวเฉลี่ย (ข) ของตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล	49
รูปที่ 3-6	รูป (ก) ช่วงน้ำหนัก และรูป (ข) ช่วงปริมาณปรอท ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยที่หมึก (squid) และปลาหน้าดิน (demersal fish) ได้จากอวนลากหน้าดิน และปลากลางน้ำ (pelagic fish) ได้จากเบ็ดร่อนน้ำลึก	52
รูปที่ 3-7	เปรียบเทียบปริมาณปรอทและน้ำหนักในสัตว์น้ำแต่ละชนิดในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำในทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยที่สถานีที่มีวงกลมเป็นสถานีที่อยู่ใกล้ชายฝั่งและมีปริมาณปรอทปนเปื้อนสูงในสัตว์น้ำชนิดนั้น	53
รูปที่ 3-8	เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) กับพื้นที่อื่น	57
รูปที่ 3-9	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาณปรอทเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	60

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวทั้งหมดเฉลี่ยกับความเข้มข้นของปรอทเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	61
รูปที่ 3-11 (ก) ค่าความเสี่ยง (HQ) และ (ข) ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค (PTWI) สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. และ 60 กก. สำหรับปลาจากอ่าวเบงกอล 11 ชนิด	63
รูปที่ 3-12 (ก) ค่าความเสี่ยง (HQ) และ (ข) ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค (PTWI) สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. และ 60 กก. สำหรับปลาจากอ่าวเบงกอล 32 ชนิด	64
รูปที่ 3-13 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า	65
รูปที่ 3-14 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในปลาฉลามหางยาวหน้าหู (<i>A. superciliosus</i>) จากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า	67
รูปที่ 3-15 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในปลากระโทงแทงดาบ (<i>X. gladius</i>) จากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า	67
รูปที่ 3-16 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า ตามประเภทเครื่องมือประมง (GN = อวนลอย, PLL = เบ็ดร่อนน้ำลึก, BT = อวนลากหน้าดิน)	68
รูปที่ 3-17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยกับน้ำหนักเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดระหว่างพื้นที่ C ในอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	68
รูปที่ 3-18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยกับความยาวเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดระหว่างพื้นที่ C ในอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)	69
รูปที่ ก-1 เบ็ดร่อนน้ำลึก (pelagic longline)	87
รูปที่ ก-2 อวนลอย (drift gillnet)	88
รูปที่ ก-3 อวนลากหน้าดิน (bottom trawl)	88

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ ข-1	หลักการทํางานของเครื่อง Perkin-Elmer Flow Injection Mercury System – 400 (FIMS-400): ก) flow diagram และ ข) optical diagram	90
รูปที่ ค-1	สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล จับโดยใช้เบ็ดรายนํ้าลึก (Pelagic longline)	92
รูปที่ ค-2	สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับโดยใช้วนลอย (Drift gillnet)	93
รูปที่ ค-3	สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านนํ้าพม่า) ซึ่งจับโดยใช้วนลาก (Bottom trawling)	95
รูปที่ ค-4	สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านนํ้าพม่า) จับโดยใช้เบ็ดรายนํ้าลึก (Pelagic longline)	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

การนำปรอท (mercury) มาใช้ประโยชน์ มีมาตั้งแต่ยุคแรกของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ทั้งในรูปสารบริสุทธิ์และสารประกอบ โดยใช้ทั้งในการอุตสาหกรรม การแพทย์ การเกษตรกรรม และด้านอื่นๆ สาเหตุการปนเปื้อนของปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากการนำมาใช้ประโยชน์ในกิจกรรมของมนุษย์แล้ว ปรอทยังมีแหล่งที่มาจากรธรรมชาติด้วย เช่น จากการระเบิดของภูเขาไฟ การเกิดไฟฟ้า และการระเหยจากมหาสมุทร อย่างไรก็ตาม การพัฒนาอุตสาหกรรมและความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ก่อให้เกิดการสะสมของปรอทในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น (Deocadiz *et al.*, 1999; Berlin *et al.*, 2007)

ปรอทเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงเช่นเดียวกับโลหะหนักชนิดอื่น ซึ่งจะไม่สลายตัว แต่รูปแบบโครงสร้างทางเคมีอาจเปลี่ยนแปลงไป รูปแบบโครงสร้างทางเคมีนี้ส่งผลต่อระดับความเป็นพิษของปรอท ปรอทเป็นโลหะที่เป็นของเหลว ณ อุณหภูมิห้อง ระเหยเป็นไอง่าย จึงสามารถแพร่กระจายไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิด ทำให้ยากต่อการควบคุม ไอปรอทที่เข้าสู่บรรยากาศ (ทั้งที่อยู่ในรูปไอหรือจับตัวอยู่กับอนุภาคขนาดเล็กที่ลอยลอยอยู่ในบรรยากาศ) จะถูกกระแสลมพัดพาไปไกลจากแหล่งกำเนิด ตกลงสู่พื้นดิน แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร และสุดท้ายจะสะสมในสิ่งมีชีวิตทั้งบนบกและในน้ำ การสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation) นอกจากจะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตนั้นแล้ว ระดับความเข้มข้นของปรอทที่สะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตในระดับขั้นการบริโภค (trophic level) ที่สูงขึ้น จะยิ่งเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้น (biomagnification) ดังนั้นมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคในระดับขั้นการบริโภคสูงสุดจึงได้รับผลกระทบมากที่สุด (Kuwabara *et al.*, 2005)

ปรอทในรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นกลุ่มที่มีความเป็นพิษที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทิลเมอร์คิวรี (methylmercury) ร่างกายมนุษย์สามารถดูดซึมเมทิลเมอร์คิวรีในทางเดินอาหารได้สูงถึง 95-98% แต่ขับออกมาในรูปของเสียได้น้อยมาก โดยเมทิลเมอร์คิวรีจะยึดติดกับเม็ดเลือดแดง และแพร่กระจายไปยังทุกส่วนของร่างกาย ประมาณ 15% จะสะสมอยู่ในสมอง (NOAA, 1996) ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบหลักกับระบบประสาทส่วนกลาง คือ ทำให้ระบบประสาทเกี่ยวกับการได้ยิน การมองเห็น สูญเสียไป ความจำเสื่อม กล้ามเนื้อกระตุก การทรงตัวไม่ดี ไซอาอ่อนเพลีย (Hutton,

1987) นอกจากนี้ปรอทในเลือดยังสามารถผ่านสู่ทารกในครรภ์มารดา และทำให้พัฒนาการของเด็กผิดปกติ (Marsh *et al.*, 1979) โรคจากพิษปรอทต่อมนุษย์ที่รู้จักกันดี คือ โรคมินามาตะ (Minamata disease) ซึ่งเกิดขึ้นที่อ่าวมินามาตะประเทศญี่ปุ่น โดยที่น้ำเสียโรงงานที่มีปรอทปนเปื้อนถูกปล่อยลงสู่อ่าว ทำให้สารปรอทปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งมีชีวิต เมื่อชาวบ้านรับประทานอาหารจำพวกปลาและหอยในอ่าวที่มีปรอทปนเปื้อนสูง ทำให้เกิดอาการป่วย มีอาการชาตามมือ เท้า แขน ขา และริมฝีปาก ม่านตาหรี่เล็ก อารมณ์หงุดหงิด กระวนกระวาย พูดช้าและไม่เป็นภาษา การใช้มือและเท้าหรือกล้ามเนื้อแขนขาไม่สัมพันธ์กัน ในรายที่มีอาการหนักมากจะควบคุมตนเองไม่ได้ และทำให้เกิดเป็นอัมพาตได้ในที่สุด จากการศึกษาพบว่าปรอทที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อปลา มากกว่า 90% ของปรอทอยู่ในรูปของเมทิลเมอร์คิวรี ซึ่งมีความเป็นพิษสูง รวมถึงปลาจากอ่าวไทย (Windom and Cranmer, 1998)

เนื่องจากทรัพยากรประมงในน่านน้ำไทยร่อยหรอลงมาก สาเหตุมาจากการทำประมงที่เกินศักยภาพ พื้นที่น่านน้ำประเทศเพื่อนบ้านโดยเฉพาะอย่างยิ่งทะเลอันดามันน่านน้ำพม่าและอ่าวเบงกอล จึงเป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่สำคัญของไทย จากข้อมูลการประมงของไทยพบว่าเป็นปี พ.ศ. 2547 กองเรือไทยจับสัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันได้ถึง 829,891 ตัน (กรมประมง, 2550)

การปนเปื้อนของสารปรอทสู่สิ่งแวดล้อมในทะเลอันดามันและอ่าวเบงกอล โดยเฉพาะเมื่อเข้าไปอยู่ในสิ่งมีชีวิต จึงมีผลกระทบต่อผู้บริโภคและอุตสาหกรรมการส่งออกอาหารทะเลที่ใช้วัตถุดิบจากพื้นที่ดังกล่าว ปัจจุบันประชาชนนิยมบริโภคเนื้อปลามากขึ้น เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีน เป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้ใหญ่ และอาหารบำรุงสมองสำหรับเด็กที่กำลังเจริญเติบโต การปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำจึงทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงที่จะได้รับสารปรอทจากการบริโภค ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารปรอทในปลาและทรัพยากรสัตว์น้ำจะทำให้การปนเปื้อนและเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการทั้งในเรื่องความเสี่ยงต่อผู้บริโภคภายในประเทศ และการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของปรอทในทรัพยากรประมงที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารทะเลส่งออก

1.2 ปรอท

ปรอทเป็นโลหะธาตุชนิดเดียวในธรรมชาติที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีสูตรทางเคมี คือ Hg เป็นธาตุอันดับที่ 80 ในตารางธาตุ มีมวลอะตอม 200.59 ความถ่วงจำเพาะ 13.46

จุดเดือด 356.58°C จุดหลอมเหลว -38.90°C และความดันไอที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 0.16 Pa (Gessner, 1981)

1.2.1 รูปแบบทางเคมีของปรอท

ในธรรมชาติสารปรอทปรากฏอยู่ในหลายรูปแบบโครงสร้างทางเคมี แบ่งตามสมบัติทางกายภาพและเคมี ออกเป็น 3 กลุ่ม UNEP (2002) คือ

1) ปรอทในรูปธาตุ (elemental mercury) เป็นของเหลว มีสีเงิน มีน้ำหนักเบา จึงเรียกว่า liquid silver หรือ quick silver ใช้เป็นส่วนประกอบหลักในเทอร์โมมิเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่อุณหภูมิห้อง ธาตุปรอทบางส่วนจะระเหยไปอยู่ในรูปของไอปรอท และอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นปรอทจะระเหยมากขึ้น ไอปรอทไม่มีสี และไม่มีการกลั่น ทำให้มนุษย์สูดเอาไอปรอทเข้าสู่ร่างกายโดยไม่รู้ตัว

2) สารประกอบปรอทอนินทรีย์ (inorganic mercury compound) หรือเกลือปรอท เป็นปรอทที่รวมตัวกับธาตุอื่น เช่น คลอรีน (chlorine), ซัลเฟอร์ (sulfur) และออกซิเจน (oxygen) ปรอทอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแป้งสีขาวหรือเป็นผลึก ยกเว้นเมอร์คิวริกซัลไฟด์ (mercuric sulfide, HgS) หรือ cinnabar ore จะมีสีแดงและเป็นสีดำเมื่อโดนแสงไฟ

3) สารประกอบปรอทอินทรีย์ (organic mercury compound) เป็นปรอทที่สร้างพันธะกับสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอัลคิลเมอร์คิวรี (alkyl mercury) เช่น เมทิลเมอร์คิวรี (methylmercury) และไดเมทิลเมอร์คิวรี (di-methylmercury) ปรอทอินทรีย์เป็นรูปแบบโครงสร้างทางเคมีที่มีความเป็นพิษสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทิลเมอร์คิวรี

1.2.2 แหล่งกำเนิดของปรอทในสิ่งแวดล้อม

ตั้งแต่ยุคแรกของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ปรอทเป็นโลหะที่มีการใช้ ทั้งในรูปสารบริสุทธิ์และสารประกอบ โดยนำธาตุปรอทมาทำเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ (เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์) และใช้เป็น catalyst ในกระบวนการทางเคมี ทางการแพทย์ใช้เป็นส่วนผสมของยารักษาโรคหลายชนิด ใช้ในการอุดฟัน และเป็นองค์ประกอบในเครื่องมือแพทย์ เช่น เครื่องมือที่ใช้วัดความดันโลหิต เป็นต้น ทางด้านอุตสาหกรรม ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ได้แก่ เครื่องมือและอุปกรณ์ไฟฟ้า กระจก สี น้ำยาซักแห้ง คลอรีนและโซดาไฟ และการทำขนเฟอร์ เป็นต้น (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530) ด้านเกษตรกรรมมีใช้ทั้งในรูปสารประกอบปรอทอินทรีย์และอนินทรีย์เป็นสารฆ่าเชื้อรา (fungicides) เพื่อป้องกันเมล็ดพืชจากแมลงและเชื้อรา เมื่อนำเมล็ดไปเพาะก็จะมีสารปรอทบางส่วนกระจายลงสู่พื้นดินและบางส่วนก็ถูกพืชดูดซึมเข้าไป

ดังนั้นจึงมีโอกาที่สารปรอทจะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม (จินตนา ศิริวิราชัย และสมิง เก้าเจริญ, 2545) นอกจากนี้ ปรอทยังถูกใช้ทางการทหาร คือ เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในการทำระเบิด (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530; Joseph and Jerald, 1994) ปรอทที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม บางส่วนมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม ทั้งน้ำมันและถ่านหิน (UNEP, 2002) ดังนั้นปรอทที่ปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจึงอยู่ในทุกรูปแบบทางเคมี อาจอยู่ในรูปไอของปรอทหรือเป็นของเสี้ยวที่ปนเปื้อนกับน้ำทิ้ง นอกจากนี้ในงานวิจัยของห้องปฏิบัติการของหน่วยงานวิจัยต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนก็มีการใช้สารปรอท ซึ่งถ้าขาดการกำจัดที่ถูกต้องวิธีจะทำให้เกิดการปนเปื้อนออกมากับน้ำทิ้ง

ปรอทมีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่นเดียวกับโลหะหนักชนิดอื่น ปรอทไม่สลายตัวแต่รูปแบบโครงสร้างทางเคมีอาจเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากปรอทระเหยเป็นไอได้ง่าย จึงแพร่กระจายไปได้ไกล โดยมีกระแสลมเป็นตัวการในการพัดพาออกไปไกลจากแหล่งกำเนิด ไปตกลงสู่พื้นดิน แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร ทั้งในรูปของฝน (wet precipitation) และฝืนละออง (dry precipitation) (Lindqvist *et al.*, 1991)

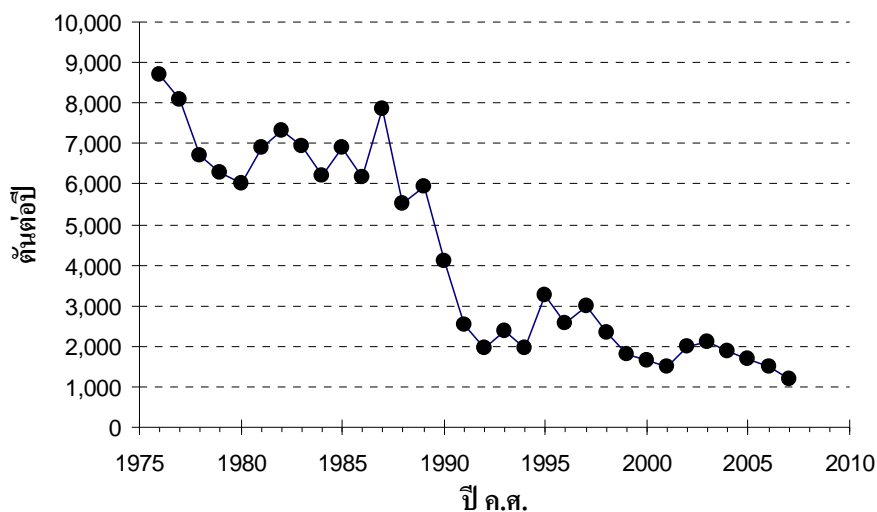
ในธรรมชาติจะมีการปลดปล่อยปรอทออกสู่บรรยากาศ ทั้งจากการระเบิดของภูเขาไฟ ไฟป่า หรือระเหยจากมหาสมุทร โดยแต่ละปีเปลือกโลกและมหาสมุทร จะปลดปล่อยไอปรอทออกสู่บรรยากาศประมาณ 30,000 ถึง 50,000 ตันต่อปี ส่วนกิจกรรมของมนุษย์ อาทิ การเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมและอุตสาหกรรม จะปลดปล่อยไอปรอทออกสู่บรรยากาศอีกประมาณ 20,000 ตันต่อปี (Berlin *et al.*, 2007) ในแต่ละปี ทั่วโลกมีการผลิตสารปรอทขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมประมาณ 2,000 ตันต่อปี อย่างไรก็ตาม ในช่วง 20 ปี ที่ผ่านมา การใช้สารปรอทในอุตสาหกรรมลดลงมาก จากรูปที่ 1-1 จะเห็นแนวโน้มการลดลงของการใช้สารปรอทจากเกือบ 9,000 ตัน ในปี ค.ศ. 1976 (พ.ศ. 2519) เหลือเพียงประมาณ 1,000 - 2,000 ตันต่อปี ในปัจจุบัน

1.2.3 วัฏจักรของปรอทในธรรมชาติและการแพร่กระจายของปรอทเข้าสู่แหล่งน้ำ

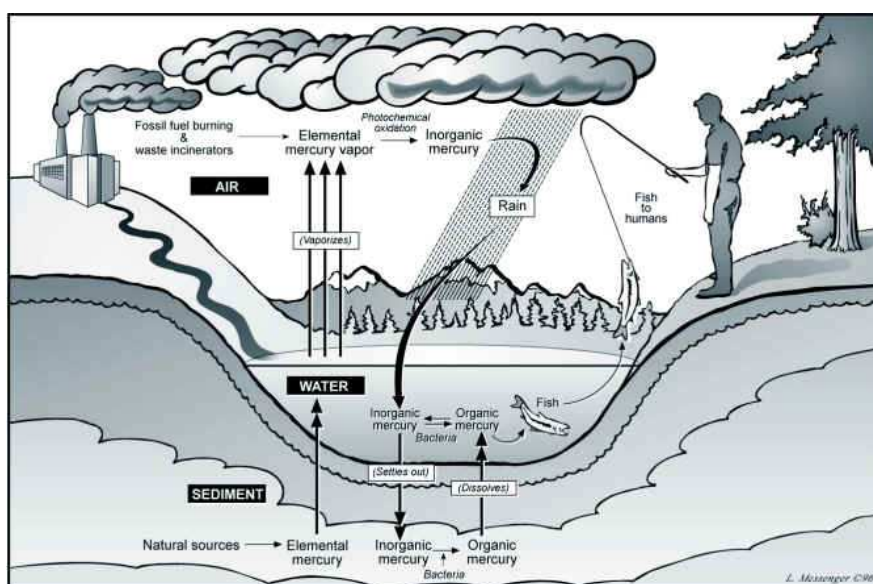
ในวัฏจักรตามธรรมชาติ ปรอทพบอยู่ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ อากาศ และสิ่งมีชีวิต (Hylander and Meili, 2003) ในธรรมชาติปรอทจะเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างทางเคมีจากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้ ทั้งโดยจุลชีพและโดยกระบวนการทางธรรมชาติ (UNEP, 2002)

ในแหล่งน้ำปรอทจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมี ดังรูปที่ 1-2 บางส่วนจะตกตะกอนและสะสมอยู่ในตะกอน บางส่วนจะแพร่กระจายและถ่ายเทไปสู่สิ่งมีชีวิตในน้ำ ปรอทอนินทรีย์ถูกเปลี่ยนไปเป็นปรอทอนินทรีย์โดยจุลชีพ ได้แก่ ไดเมทิลเมอร์คิวรีและเมทิลเมอร์คิวรี เมทิลเมอร์คิวรีละลายน้ำได้ดี สิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับผ่านทางเหงือก โดยน้ำผ่านช่อง

เหงือกเกิดการแพร่ของเมทิลเมอร์คิวรีเข้าไปในร่างกาย และมีการสะสมในสิ่งมีชีวิตนั้น และถ่ายทอดสู่สิ่งมีชีวิตตามระดับขั้นการบริโภคในห่วงโซ่อาหาร (PCD, 2001)



รูปที่ 1-1 แผนภูมิแสดงปริมาณการผลิตสารปรอทโดยเฉลี่ยทั่วโลกในปี ค.ศ. 1990-2007 [ที่มาของข้อมูล: Jasinski (1994), Plachy (1995, 1996), Reese (1997, 1998, 1999, 2000, 2001), Brooks (2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007) และ Berlin *et al.* (2007)]



ที่มา : www.wsn.org/issues/mercurypollutioncycle.html

รูปที่ 1-2 วัฏจักรของปรอทในสิ่งแวดล้อม

ปรอทที่มีอยู่ในบรรยากาศตามแหล่งต่างๆ มีความเข้มข้นแตกต่างกัน ในสภาวะปกติ เขตชนบทจะมีปรอทในบรรยากาศน้อยกว่าในเขตเมือง เนื่องจากมีแหล่งกำเนิดน้อยกว่า อย่างไรก็ตามหากเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ในเขตภูเขาไฟที่ยังคุกรุ่นอยู่ จะพบว่าปรอทในบรรยากาศมีค่าสูง หรือหากบริเวณชุมชนนั้นมีการทำเหมืองแร่ก็อาจมีปริมาณปรอทในบรรยากาศสูงได้เช่นกัน สำหรับบรรยากาศเหนือมหาสมุทรและแถบขั้วโลกจะพบว่ามีความเข้มข้นของปรอทอยู่ในระดับต่ำ โดยทั่วไปมีค่าไม่เกิน 1 นาโนกรัม/ลบ.ม. (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530)

ความเข้มข้นของปรอทในแหล่งน้ำต่างๆ จะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ แหล่งน้ำจืดและทะเลที่รับน้ำเสียจากอุตสาหกรรม จะมีปรอทในปริมาณที่สูงกว่าแหล่งน้ำที่ห่างไกลจากอุตสาหกรรม น้ำเสียจากการเกษตรและชุมชน ก็เป็นแหล่งกำเนิดของสารปรอทที่เข้าสู่แหล่งน้ำ นอกจากนี้ทะเลที่อยู่ในเขตภูเขาไฟอาจจะมีปริมาณปรอทในน้ำทะเลสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่มีภูเขาไฟ (ตาราง 1-1) ทั้งนี้ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2537) ของประเทศไทยได้กำหนดค่ามาตรฐานความเข้มข้นของปรอททั้งหมดในน้ำทะเลชายฝั่งให้มีได้ไม่เกิน 0.1 มกค./ล. (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

ตาราง 1-1 ปริมาณปรอทในน้ำทะเลในบางพื้นที่ของโลก

ประเทศ/พื้นที่	ค่าปรอท (มกค./ล.)	เอกสารอ้างอิง
Open ocean (general)	0.0005 – 0.003	IPCS/WHO (1989)
Coastal seawater (general)	0.002 – 0.015	IPCS/WHO (1989)
Tokyo Bay, Japan	0.003 – 0.005	GESAMP (1990)
Japan Sea	0.0059 ± 0.0018	GESAMP (1990)
East and South China Seas	0.0057 ± 0.0023	GESAMP (1990)
Marine water (polluted)	0.02 – 0.4	Magos (1990)
Marine water (unpolluted)	<0.003	Magos (1990)
Marunda estuary, Jakarta Bay, Indonesia	3.0 – 7.0	Yulianda and Nurjaya (1994)
Semarang, Indonesia	1.883	Sunoko (1995)
Honda Bay, Philippines	<0.242	Kapauan <i>et al.</i> (1982)
Singapore coastal waters	<2.7	Makjanic <i>et al.</i> (1995)
Tamil Nadu, India	0.076	Rajathy (1997)
Bay of Bengal	0.05 – 0.3	Qasim and Sengupta (1983)
Bay of Bengal	0.082 – 5.58	Selvaraj (1999)
Gulf of Thailand and Andaman Sea	<0.01 – 0.54	PCD (1997)
Coastline of Thailand	0.032	Chongprasith and Wilairatanadilok (1999)

สำหรับในดินและในตะกอนดินโดยทั่วไปมีปรอทอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ แต่บางพื้นที่ อาทิ ดินในบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ ดินและตะกอนดินบริเวณภูเขาไฟ หรือดินที่มีการปนเปื้อน ก็จะมีระดับปรอทสูง (ตาราง 1-2) ปรอทมีระยะเวลาพัก (residence time) ในดินนานถึง 1,000 ปี (UNEP, 1984; กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

การปนเปื้อนของปรอทในสัตว์ ได้แก่ การปนเปื้อนในปลาและนกกินปลา โดยทั่วไปจะพบระดับความเข้มข้นของปรอทในปลาแตกต่างกันไปตามชนิด อายุ ขนาด สถานที่อยู่อาศัย และลักษณะการดำรงชีวิต การสะสมปรอทจะมีเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับชั้นในห่วงโซ่อาหาร ปลาทะเลขนาดใหญ่บางชนิดและปลาน้ำจืด ได้แก่ ปลาในกลุ่มกระโทงแทงดาบ (swordfish), ทูน่า (tuna) และฉลาม (shark) พบว่ามีค่าความเข้มข้นของปรอทสูง (ตาราง 1-3) ประเทศและองค์กรต่างๆ ส่วนใหญ่กำหนดให้มีปรอทในเนื้อปลาไม่เกิน 0.5 มก./กก. นน.เปียก (ตาราง 1-4) (UNEP, 2002)

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีของปรอทในสิ่งแวดล้อม

ปรอทมีรูปแบบโครงสร้างทางเคมีหลายรูปแบบ กระบวนการทางธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีของปรอทได้ ซึ่งส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีของปรอทในธรรมชาติส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษมากขึ้น เนื่องจากเกิดจากปรอทในรูปสารประกอบปรอทอนินทรีย์จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของปรอทอินทรีย์ซึ่งมีพิษสูง (Morel *et al.*, 1998)

กระบวนการเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างทางเคมีของปรอทเรียกว่า “Methylation” โดยจุลชีพเป็นตัวการเปลี่ยนปรอทอนินทรีย์ไปเป็นปรอทอินทรีย์ในรูปของเมทิลเมอร์คิวรี (Mason and Sullivan, 1999) กระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นในบริเวณที่สภาวะไร้อากาศ (anoxic zone) (Mason and Fitzgerald, 1993) โดยเฉพาะตะกอนดินตื้นน้ำที่อยู่ลึกจากผิวน้ำของทะเลสาบ และแม่น้ำ (Jensen and Jerneiov, 1967)

ปรอทที่สะสมอยู่ในปลาอยู่ในรูปเมทิลเมอร์คิวรีมากกว่า 90% (Windom and Cranmer, 1998; Clark *et al.*, 2001; Burger and Gochfeld, 2005; Dusek *et al.*, 2005; Voegborlo and Akagi, 2007) เนื่องจากความไวต่อปฏิกิริยาของปรอทต่อกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ (sulfur-containing amino acids) จึงทำให้ปรอทถูกเก็บสะสมอยู่ในเมทริกซ์ที่เป็นโปรตีนในปลา (fish protein matrices) มากกว่าเนื้อเยื่อไขมัน (fatty tissues) (Harris *et al.*, 2003) นอกจากนี้การเกิด methylation ยังพบในส่วนของลำไส้ปลา ซึ่งมี sulfate-reducing bacteria (SRB) เป็นตัวเปลี่ยน Hg^{2+} ไปเป็น CH_3Hg^+ ในลำไส้ แล้วส่งไปสะสมในกล้ามเนื้อและอวัยวะต่างๆ ของปลา (Armstrong and Scott, 1979; Rudd *et al.*, 1980; Ekstrom *et al.*, 2003)

ตาราง 1-2 ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในดิน ตะกอนดินในประเทศและพื้นที่ต่างๆ

ประเทศ/พื้นที่	ค่าปรอทที่ตรวจพบ (มก./กก.)		เอกสารอ้างอิง
	นน.เปียก	นน.แห้ง	
ดิน			
Soil from the Sakurajima Volcano	0.0065		Tomiyasu <i>et al.</i> (2003)
Soil from the Takatoge Volcano	0.029		Tomiyasu <i>et al.</i> (2003)
Soil from the Suzuyama Volcano	0.229		Tomiyasu <i>et al.</i> (2003)
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา			จิรวัดน์ ขวัญแก้ว (2549)
พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ		0.034 (0.019 – 0.057)	
พื้นที่เกษตรกรรม		0.050 (0.016 – 0.101)	
พื้นที่อยู่อาศัย		0.089 (0.012 – 0.484)	
พื้นที่อุตสาหกรรม		0.041 (0.011 – 0.094)	
พื้นที่ธรรมชาติ		0.044 (0.013 – 0.094)	
ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ทั้งลุ่มน้ำ ยกเว้นพื้นที่เมือง) ปี พ.ศ.2547		0.065 ± 0.321 (<0.002 – 4.683)	เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมเกียรติ ขอเกียรติวงศ์ (ข้อมูลยังไม่ได้ตีพิมพ์)
ตะกอนดิน			
Marine sediments (unpolluted)		<0.08	Magos (1990)
Marine sediments (polluted)		0.4 – 350	Magos (1990)
Semarang, Indonesia		0.024 – 0.046	Sunoko (1995)
Honda Bay, Philippines		0.001 – 2.433	Kapauan <i>et al.</i> (1982)
Kara sea, Russia		0.03	Loring <i>et al.</i> (1998)
Ob Estuary, Russia		0.035	Loring <i>et al.</i> (1998)
Yenisey Estuary, Russia		0.05	Loring <i>et al.</i> (1998)
Enid Lake, North Mississippi, USA		0.034	Huggett <i>et al.</i> (2001)
Sardis, Lake, North Mississippi, USA		0.031	Huggett <i>et al.</i> (2001)

ตาราง 1-2 (ต่อ)

ประเทศ/พื้นที่	ค่าปรอทที่ตรวจพบ (มก./กก.)		เอกสารอ้างอิง
	นน.เปียก	นน.แห้ง	
ตะกอนดิน (ต่อ)			
ทะเลสาบสงขลา		0.28 – 1.08	ประดิษฐ์ มีสุข (2542)
ทะเลสาบสงขลา			Sompongchaiyakul <i>et al.</i> (2005)
ทะเลน้อย		0.089 (0.063 – 0.113)	
ทะเลสาบสงขลาตอนบน		0.036 (0.024 – 0.049)	
ทะเลสาบสงขลาตอนกลาง		0.040 (0.032 – 0.062)	
ทะเลสาบสงขลาตอนล่าง		0.048 (0.027 – 0.063)	
อ่าวไทยตอนบน (4 ปากแม่น้ำหลัก)		0.07 – 3.20	Menasveta and Cheevaparanapiwat (1981)
แหลมฉบัง		0.1 – 1.4	PCD (1992)
ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามัน		0.136 (0.047 – 2.135)	Chongprasith and Wilairatanadilok (1999)
ชายฝั่งและปากแม่น้ำของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2541		0.11 (0.005 – 1.05)	PCD (2001)
ชายฝั่งและปากแม่น้ำของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2542		0.059 (0.001 – 0.872)	PCD (2001)
อ่าวไทยตอนบน		0.034 (<0.002 – 0.092)	Buakaew (2008)
อ่าวไทยตอนล่าง		0.024 (0.007 – 0.050)	Buakaew (2008)

ตาราง 1-3 ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในสัตว์น้ำในประเทศต่างๆ

ชนิดสัตว์น้ำ	ประเทศ/พื้นที่	ค่าปรอทที่ตรวจพบ (มก./กก.)		เอกสารอ้างอิง
		นน.เปียก	นน.แห้ง	
<i>Alloteuthis subulata</i>	Bay of Biscay	0.196 ± 0.040 (muscle)		Bustamante <i>et al.</i> (2006)
<i>Alloteuthis</i> sp.	UK waters		0.017±0.005 (Muscle)	Pierce <i>et al.</i> (2008)
Bigeye tuna		0.64 – 0.74		US-FDA (2004)
Bigeye tuna	Andaman sea	0.03 – 0.23		Menasveta and Siriyong (1977)
Fishes	Madras, southeast coast	< 0.10		Bhattacharya and Sarkar (1996)
Fishes	Madras, southeast coast	0.08 – 0.14		Bhattacharya and Sarkar (1996)
Fishes	Karwar, west coast	0.003 – 0.03		Bhattacharya and Sarkar (1996)
Fishes	Bombay, west coast		0.03 – 0.82	Bhattacharya and Sarkar (1996)
Fishes	Arabian Sea and Bay of Bengal	< 0.21		Bhattacharya and Sarkar (1996)
Fishes	Indian Ocean	< 0.004 – 0.36		Bhattacharya and Sarkar (1996)
<i>Illex coindetii</i>	Adriatic Sea	17.980 ± 0.906 (muscle)		Storelli and Marcotrigiano (1999)
Indian mackerel	Indonesia		0.12	Agusa <i>et al.</i> (2007)
Indian mackerel	Malaysia		< 0.05	Agusa <i>et al.</i> (2007)
Indian mackerel	Thailand		0.08	Agusa <i>et al.</i> (2007)
Japanese threadfin	Indonesia		0.11	Agusa <i>et al.</i> (2007)
Lizard fish	Thailand	0.49		Windom and Cranmer (1998)
<i>Loligo forbesi</i>	Faroe Islands	0.136 ± 0.027 (muscle)		Bustamante <i>et al.</i> (2006)
<i>Loligo forbesi</i>	Celtic Sea	0.260 ± 0.068 (muscle)		Bustamante <i>et al.</i> (2006)
<i>Loligo forbesi</i>	Bay of Biscay	0.179 ± 0.053 (muscle)		Bustamante <i>et al.</i> (2006)
<i>Loligo forbesi</i>	Azores	0.648 ± 0.396 (muscle)		Monteiro <i>et al.</i> (1992)
<i>Loligo forbesi</i>	UK waters		0.035 ± 0.019 (muscle)	Pierce <i>et al.</i> (2008)
<i>Loligo vulgaris</i>	Bay of Biscay	0.264 ± 0.086 (muscle)		Bustamante <i>et al.</i> (2006)
<i>Loligo vulgaris</i>	Adriatic Sea	0.534 ± 0.042 (edible parts)		Plessi <i>et al.</i> (2001)
Red bigeye	Indonesia		0.29	Agusa <i>et al.</i> (2007)

ตาราง 1-3 (ต่อ)

ชนิดสัตว์น้ำ	ประเทศ/พื้นที่	ค่าปรอทที่ตรวจพบ (มก./กก.)		เอกสารอ้างอิง
		นน.เปียก	นน.แห้ง	
Shark		0.54 – 1.50		Dabeka <i>et al.</i> (2004)
Shark	Andaman sea	0.06 – 0.48		Menasveta and Siriyong (1977)
Skipjack tuna		0.04 – 0.47		HKSAR (2008)
Skipjack tuna		0.17 – 0.21		US-FDA (2004)
Swordfish		0.97 – 1.82		US-FDA (2004)
Threadfin bream	Thailand	0.14		Windom and Cranmer (1998)
<i>Todaropsis eblanae</i>	UK waters		0.035 ± 0.035 (muscle)	Pierce <i>et al.</i> (2008)
<i>Todarodes pacificus</i>	Japan	0.510 (muscle)		Ichihashi <i>et al.</i> (2001)
<i>Todarodes pacificus</i>	Japan	0.149 (digestive gland)		Ichihashi <i>et al.</i> (2001)
<i>Todarodes sagittatus</i>	UK waters		0.080 ± 0.054 (muscle)	Pierce <i>et al.</i> (2008)
Yellowfin tuna		0.23 – 0.33		US-FDA (2004)
Yellowfin tuna		0.04 – 0.20		HKSAR (2008)
Yellowfin tuna	Andaman sea	0.03 – 0.23		Menasveta and Siriyong (1977)

อัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักเปียก : น้ำหนักแห้ง เท่ากับ 10 : 1 โดยประมาณ (Currie, 1997)

ตาราง 1-4 ปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ในสัตว์ทะเล (UNEP, 2002)

ประเทศ/ องค์กร	ประเภทของปลา	ค่าสูงสุดที่กำหนด (มก./กก. นน.เปียก)	ประเภทของมาตรการ	ความสามารถในการรับได้
ออสเตรเลีย	ปลาที่ทราบว่ามีระดับปรอทสูง เช่น swordfish, southern bluefin tuna, shark, barramundi, ling, orange roughy, rays,	1.0 Hg	The Australian Food Standards Code	ปริมาณปรอทที่รับได้ สำหรับสตรีมีครรภ์ไม่เกิน 2.8 มก./กก. น้ำหนักตัวต่อสัปดาห์
	ปลาอื่นๆทุกชนิดรวมทั้งกุ้ง ปูและหอย	0.5 Hg		
แคนาดา	ปลาทุกชนิดยกเว้น ฉลาม ปลาดาบ และปลาหูฉลามหรือปลาหูฉลามที่แช่แข็ง (โดยเฉพาะปรอททั้งหมดที่อยู่ในเนื้อปลา)	0.5 Hg	Guidelines/Tolerances of Various Chemical Contaminants in Canada	ปริมาณปรอทที่ได้รับ 0.47 มก./กก. น้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับคนทั่วไป และ 0.2 มก./กก. น้ำหนักตัวต่อวัน สำหรับสตรีมีครรภ์ และเด็ก
	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้บริโภคได้สำหรับคนที่บริโภคปลาในปริมาณมากเช่น คนพื้นเมือง	0.2 Hg		
จีน	ปลาน้ำจืด	0.3 Hg	Sanitation Standards for Food	
โครเอเชีย	ปลาสด		Rules on Quantities of Pesticides, Toxins, Mycotoxins, Metals and Histamines and similar substances that can be found in the food	
	ปลาผู้ล่า (ทูน่า กระโทงแทง หอย กุ้ง ปู) ปลาชนิดอื่นๆ	1.0 Hg หรือ 0.8 methyl Hg		
	ปลากระป๋อง (กระป๋องทำจากดีบุก)	0.5 Hg หรือ 0.4 methyl Hg		
	ปลาผู้ล่า (ทูน่า กระโทงแทง หอย กุ้ง ปู) ปลาชนิดอื่นๆ	1.5 Hg หรือ 1.0 methyl Hg		
		0.8 Hg หรือ 0.5 methyl Hg		

ตาราง 1-4 (ต่อ)

ประเทศ/ องค์กร	ประเภทของปลา	ค่าสูงสุดที่กำหนด (มก./กก. นน.เปียก)	ประเภทของมาตรการ	ความสามารถในการรับได้
ประชาคม ยุโรป	ผลิตภัณฑ์จากปลา ยกเว้นที่ปรากฏชื่อด้านล่าง	0.5 Hg	Various Commission Decisions, Regulations and Directives	
	Anglerfish, atlantic catfish, bass, blue ling, bonito, eel, halibut, little tuna, marlin, pike, plain bonito, ortuguese dogfish, rays, redfish, sail fish, scabbard fish, shark, snake mackerel, sturgeon, swordfish และ tuna	1.0 Hg		
จอร์เจีย	ปลา (น้ำจืด) และผลิตภัณฑ์จากปลา	0.3 Hg	Georgian Food Quality Standards 2001	
	ปลา (จาก Black Sea)	0.5 Hg		
	ไข่ปลาคาเวีย	0.2 Hg		
อินเดีย	ปลา	0.5 Hg	Tolerance Guidelines	
ญี่ปุ่น	ปลา	0.4 Hg	Food Sanitation Law – Provisional Regulatory Standard for Fish and Shellfish	ปริมาณ methyl Hg ที่ได้รับต่อสัปดาห์ อยู่ที่ 0.17 มก. (0.4 มก./กก. น้ำหนักตัว ต่อวัน (Nakagawa <i>et al.</i> , 1997).
		0.3 Hg		
สาธารณรัฐ เกาหลี	ปลา	0.5 Hg	Food Act 2000	
เกาะ มอริเชียส	ปลา	1.0 Hg	Food Act 2000	
ฟิลิปปินส์	ปลา (ยกเว้นปลาผู้ล่า)	0.5 methyl Hg	Codex Alimentarius	
	ปลาผู้ล่า (ฉลาม ปลาหูฉลาม ปลาตาบ)	1.0 methyl Hg		

ตาราง 1-4 (ต่อ)

ประเทศ/ องค์กร	ประเภทของปลา	ค่าสูงสุดที่กำหนด (มก./กก. น.เปียก)	ประเภทของมาตรการ	ความสามารถในการรับได้
สาธารณรัฐ สโลวัก	ปลาน้ำจืดยกเว้นปลาผู้ล่าและผลิตภัณฑ์จากปลา	0.1 Hg	Slovak Food Code	
	ปลาน้ำจืดที่เป็นปลาผู้ล่า	0.5 Hg		
	ปลาทะเลยกเว้นปลาผู้ล่าและผลิตภัณฑ์จากปลา	0.5 Hg		
	ปลาทะเลที่เป็นปลาผู้ล่า	1.0 Hg		
ไทย	อาหารทะเล	0.5 Hg	Food Containing Contaminant	
	อาหารอื่นๆ	0.02 Hg	Standard	
อังกฤษ	ปลา	0.3 Hg	European Statutory Standard	
สหรัฐ อเมริกา	ปลา หอย และสัตว์น้ำอื่นๆ (FDA)	1.0 methyl Hg	FDA Action Level	US EPA กำหนดค่า methyl Hg ที่ได้รับต่อ วัน อยู่ที่ 0.1 มก./กก. น้ำหนักตัวต่อวัน
	พื้นที่บนเขาและพื้นที่ที่มีการบริโภคปลาและจับ ปลา	0.5 methyl Hg	Local Trigger Level	
WHO/FAO	ปลาทุกชนิดยกเว้นปลาผู้ล่า	0.5 methyl Hg	FAO/WHO Codex Alimentarius	JECFA กำหนดค่า methyl Hg ที่ได้รับต่อ สัปดาห์ อยู่ที่ 1.6 มก./กก. น้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์
	ปลาผู้ล่า เช่น shark, swordfish, tuna, Pike และ ปลาผู้ล่าอื่นๆ	1.0 mg methyl Hg/kg	Guideline Level	

1.2.5 การสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ

ปรอทที่ปนเปื้อนเข้าสู่แหล่งน้ำอาจอยู่ในรูปแบบโครงสร้างทางเคมี 3 รูปแบบ คือ ธาตุปรอท ปรอทอนินทรีย์ และปรอทอินทรีย์ และเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีไปมาผ่านกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ภายในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างทางเคมีทำให้รูปของปรอทในแหล่งน้ำมีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายหรืออยู่ในสภาพของแข็งซึ่งตกตะกอนสะสมในตะกอนดินท้องน้ำ กระบวนการทางธรรมชาติในแหล่งน้ำและในสิ่งมีชีวิต ทำให้สัตว์น้ำรับเอาปรอทเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกาย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเมทิลเมอร์คิวรี ซึ่งมีความเป็นพิษสูง ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น การสะสมของสารพิษเข้าสู่สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับวิถีทางเคมีของสาร ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ปัจจัยชีวภาพ และรูปแบบโครงสร้างทางเคมีที่เข้าสู่สิ่งมีชีวิตได้ (Lee *et al.*, 2000)

การสะสมสารพิษ (รวมถึงปรอท) จะสูงในผู้บริโภคลำดับสูงๆ ในห่วงโซ่อาหาร เช่น สัตว์ทะเลเลี้ยงลูกด้วยนม เป็นต้น โดยกระบวนการสะสมของปรอทในสิ่งมีชีวิตเกิดจาก 3 กระบวนการหลัก คือ bioconcentration, bioaccumulation และ biomagnification (Hudson *et al.*, 1992; Hall, 2002)

“Bioconcentration” คือ การที่ระดับของสารพิษในสิ่งมีชีวิตเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากการดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อ (tissue absorption) ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามอัตราของกระบวนการสร้างและสลาย (metabolism) และกระบวนการขับถ่าย (excretion) ในสัตว์น้ำกระบวนการนี้เกิดขึ้นโดยผ่านเยื่อเหงือก (gill membranes) หรือพื้นผิวส่วนอื่นของร่างกาย “Bioaccumulation” เกิดขึ้นเมื่อสิ่งมีชีวิตดูดซึมหรือรับเอาสารพิษเข้าไปในอัตราที่เร็วกว่าการขับออกหรือกำจัดสารพิษนั้น ทำให้ระดับของสารพิษในร่างกายเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นสิ่งมีชีวิตที่มีอายุมากก็จะสะสมสารพิษอยู่ในปริมาณมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีอายุน้อยกว่า ซึ่งการรับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในสัตว์น้ำเกิดขึ้นผ่านทางอาหารและผ่านกระบวนการหายใจ ส่วน “Biomagnification” เป็นการเพิ่มขึ้นของระดับสารพิษในสิ่งมีชีวิตผ่านห่วงโซ่อาหารตามลำดับขั้นผู้บริโภค ในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในลำดับสูง (IUPAC, 1993)

จากกระบวนการทั้งสาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการ bioaccumulation ที่มีประสิทธิภาพของปรอทในสัตว์น้ำ (Armstrong and Scott, 1979; Rudd *et al.*, 1980; Ekstrom *et al.*, 2003; Harris *et al.*, 2003) จึงพบว่าปลาที่มีอายุมากสะสมปรอทสูงกว่าปลาที่มีอายุน้อย และปลาผู้ล่ามีระดับปรอทในเนื้อเยื่อสูงกว่าผู้ที่ถูกล่า (Hudson *et al.*, 1992; Hall, 2002)

1.2.6 ความเป็นพิษและอันตรายของปรอทต่อมนุษย์

มนุษย์รับปรอทเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ผิวหนัง จมูก และปาก (อาหาร ยา หรือการอุดฟัน) อย่างไรก็ตาม ความเป็นพิษของปรอทจะผันแปรตามรูปแบบโครงสร้างทางเคมี เส้นทางที่เข้าสู่ร่างกาย และปัจจัยร่วมอื่น ปรอทอินทรีย์เป็นกลุ่มที่มีความเป็นพิษสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทิลเมอร์คิวรี นอกจากรูปแบบโครงสร้างเคมีแล้ว ความเป็นพิษของปรอทยังขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ อัตราการดูดซึม และการขับออกจากร่างกาย ความต้านทานและการตอบสนองต่อร่างกาย ร่างกายมนุษย์สามารถดูดซึมเมทิลเมอร์คิวรีในทางเดินอาหารได้สูงถึง 95-98% โดยเมทิลเมอร์คิวรีสามารถยึดติดกับเม็ดเลือดแดงและแพร่กระจายไปยังทุกส่วนของร่างกาย เนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ อวัยวะที่มีการสะสมมาก คือ ไต ตับ ม้าม ผนังลำไส้เล็ก หัวใจ ปอด และประมาณ 15% จะสะสมอยู่ในสมอง สารปรอทบางส่วนจะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายโดยผ่านทางไตและลำไส้ใหญ่ และมีจำนวนเล็กน้อยถูกขับออกผ่านทางน้ำดี เหงื่อและน้ำลาย (กรมควบคุมมลพิษ, 2542; NOAA, 1996; UNEP, 2002)

ความเป็นพิษของปรอทเกิดได้ทั้งแบบเฉียบพลัน (acute) และแบบเรื้อรัง (chronic) พิษเฉียบพลันเกิดจากการได้รับสารปรอทในปริมาณมาก ในกรณีที่ได้รับสารปรอทเข้าทางปากจะทำให้เกิดแผลพุพอง อักเสบ และมีเลือดออก ระบบทางเดินอาหารถูกทำลาย อูจจาระเป็นเลือด อาเจียน เป็นลมหมดสติ และอาจทำให้เสียชีวิตได้ ขณะที่ความเป็นพิษเรื้อรัง คือ การได้รับสารปรอทเข้าสู่ร่างกายในปริมาณน้อยอย่างต่อเนื่อง เมื่อปรอทเข้าสู่กระแสโลหิตจะกระจายไปยังสมองและส่วนอื่นของร่างกายได้รวดเร็วมาก และไปสะสมอยู่ตามอวัยวะต่างๆ ปรอทส่วนที่สะสมอยู่ในสมองจะทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ระบบประสาทเกี่ยวกับการได้ยิน การมองเห็น สูญเสียไป และยังสามารถทำลายเนื้อเยื่อของอวัยวะต่างๆ ที่กระจายไปถึง เช่น ทำลายเนื้อเยื่อตับ เส้นใยของกล้ามเนื้อ หัวใจ หลอดไต กระเพาะ และลำไส้ส่วนดูโอดินัม (duodenum) และทำให้การผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงของไขกระดูกลดลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจ ความจำเสื่อม ความเชื่อมั่นในตนเองลดลง กล้ามเนื้อกระตุก การทรงตัวไม่ดี ชา อ่อนเพลีย บางรายจะมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรมและบุคลิกลักษณะ โดยจะมีอาการตกใจง่าย มีความรู้สึกเศร้า และชอบทะเลาะวิวาท อีกทั้งปรอทที่สะสมในร่างกายจะมีผลต่อไต ต่อมไทรอยด์ ถ้าได้รับมากๆ อาจทำให้เป็นอัมพาตและเสียชีวิตได้ (WHO, 1976; Hutton, 1987; กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530; UNEP, 2002) นอกจากนี้ปรอทในเลือดยังสามารถผ่านสู่ทารกในครรภ์มารดา และทำให้พัฒนาการของเด็กผิดปกติ (Marsh *et al.*, 1979)

โรคจากพิษปรอทต่อมนุษย์ที่รู้จักกันดี คือ “โรคมินามาตะ (Minamata disease)” ซึ่งเกิดจากการรับประทานอาหารจำพวกปลาและหอยที่มีปรอทปนเปื้อนสูง ชื่อโรสดังกล่าวเรียกตามอ่าวที่เกิดเหตุ ในประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากบริษัทชิสโตสะ ซึ่งมีฐานการผลิตอยู่ที่เมืองมินามาตะ ปล่อยน้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อนลงในอ่าว ในช่วง พ.ศ. 2475 – 2511 (ค.ศ. 1932 – 1968) โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2475 บริษัทมีการใช้สารเคมีที่ชื่อว่า “อะเซทาลดีไฮด์ (acetaldehyde)” ในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก ยา และน้ำหอม ซึ่งในการผลิตอะเซทาลดีไฮด์มีการใช้ปรอทในกระบวนการผลิตบริษัทชิสโตสะ ทิ้งน้ำเสียลงในอ่าวมินามาตะโดยตรง ต่อมาในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษ 1950 ชุมชนชาวมินามาตะเริ่มพบว่ามิโรคแปลกๆ เกี่ยวกับระบบประสาทเกิดขึ้นกับคนในชุมชน โดยมีอาการชาตามมือ เท้า แขน ขา และริมฝีปาก ม่านตาหรี่เล็ก อารมณ์หงุดหงิด ภาวะกระดูกพรุน พูดซ้า และไม่เป็นภาษา การใช้มือและเท้าหรือกล้ามเนื้อแขนขาไม่สัมพันธ์กัน ในรายที่มีอาการหนักมากจะควบคุมตนเองไม่ได้ เป็นอัมพาต และเสียชีวิต นอกจากนี้คนที่บินอยู่ก็ตกลงมาตาย ในที่สุดเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2502 (ค.ศ. 1959) นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยคูมาโมโตะ (Kumamoto University) สรุปว่าโรคมินามาตะนั้นมีสาเหตุมาจากปรอทอินทรีย์ ในปี พ.ศ. 2511 (ค.ศ. 1968) บริษัทชิสโตสะ จึงได้หยุดปล่อยน้ำเสียที่มีปรอทลงสู่อ่าวมินามาตะ (American University, 2008; ExttoxNet, 2008) นอกจากนี้ยังมีเหตุการณ์เนื่องจากพิษของปรอทเกิดขึ้นในประเทศอิรักในปี พ.ศ. 2514 – 2515 (ค.ศ. 1971 – 1972) โดยมีผู้ที่กินขนมปังซึ่งทำจากเมล็ดข้าวสาลีซึ่งมียาฆ่าเชื้อราที่มีอัลคิลเมอร์คิวรี (alkylmercury) เป็นองค์ประกอบตกค้างอยู่ ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 500 คน (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530)

1.3 พื้นที่ในการศึกษา

อ่าวเบงกอล (Bay of Bengal) เป็นอ่าวที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของมหาสมุทรอินเดีย ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 5 และ 22 องศาเหนือ และลองจิจูด 80 และ 100 องศาตะวันออก มีพรมแดนด้านทิศตะวันตกติดกับประเทศศรีลังกาและอินเดีย ทิศเหนือติดกับประเทศบังกลาเทศ และทิศตะวันออกติดกับประเทศพม่าและประเทศไทย (รูปที่ 1-3) มีขนาด 2,090 × 1,600 กม. ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2.172 ล้านตารางกิโลเมตร ลึกเฉลี่ยมากกว่า 2,600 เมตร อ่าวเบงกอลรองรับน้ำจากแม่น้ำใหญ่ๆ หลายสาย ก่อให้เกิดสามเหลี่ยมปากแม่น้ำคงคา-พรหมบุตร (Ganges-Brahmaputra) พื้นที่โดยรอบบริเวณชายฝั่งทะเลมีการทำฟาร์มเลี้ยงกุ้ง และพื้นที่ป่าชายเลน (Islam, 2003) มีทั้งแหล่งอุตสาหกรรม โดยในบริเวณชายฝั่งประเทศอินเดียในเมือง Tamil Nadu และเขตปกครองพิเศษของเมือง Pondicherry ซึ่ง 2 เมืองนี้ มีโรงงานอุตสาหกรรมรวมกันถึง 12,150 แห่ง (Joseph and Jerald, 1994) นอกจากนี้ยังมีการทำเกษตรกรรม และแหล่งที่อยู่อาศัย (Satpathy *et al.*, 2008)

พื้นที่ดังกล่าว มีความมั่งคั่งในทรัพยากรประมง มีเพลงตอมากกว่า 165 ชนิด และปลา 475 ชนิดใน 133 วงศ์ (Hussain, 1994) จึงเป็นแหล่งประมงที่สำคัญของชาวประมงที่อยู่แถบภูมิภาคนี้ เนื้อปลาเป็นแหล่งสารโปรตีนของประเทศที่อยู่โดยรอบอ่าวเบงกอล ในสัดส่วนที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ประเภทอื่น โดยประเทศบังกลาเทศ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ศรีลังกา และไทย บริโภคเนื้อปลาคิดเป็นร้อยละ 52, 68, 61, 65 และ 52 ตามลำดับ (Jungeling, 1993) นอกจากอ่าวเบงกอลจะเป็นแหล่งทรัพยากรสัตว์น้ำที่สำคัญ บริเวณรอบอ่าวเบงกอลมีท่าเรือหลักในประเทศอินเดีย คือ Vishakhapatnam, Paradip, Chennai (เดิมชื่อ Madras) และ Calcutta ท่าเรือในประเทศบังกลาเทศคือ จิตตะกอง (Chittagong) และท่าเรือในประเทศพม่า คือ Sittwe (Islam, 2003)

ทะเลอันดามันเป็นส่วนหนึ่งของมหาสมุทรอินเดีย ทิศเหนือติดกับประเทศพม่า ทิศตะวันออกติดกับประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันตกติดเป็นหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์ (Andaman–Nicobar Islands) ซึ่งเป็นแนวที่กั้นระหว่างทะเลอันดามันกับอ่าวเบงกอลส่วนที่เหลือ ทะเลอันดามันมีพื้นมีขนาด $1,200 \times 650$ กม. ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 797,700 ตร.กม. น้ำลึกเฉลี่ยประมาณ 1,100 ม. ทะเลอันดามันได้รับสารอาหารจากแม่น้ำสาละวิน (Salween), แม่น้ำอิระวดี (Ayeyarwady) และแม่น้ำคงคา-พรหมบุตร ซึ่งอยู่ทางทิศเหนือ (Dutta *et al.*, 2007) ทำให้ทะเลอันดามันตอนบนมีความอุดมสมบูรณ์ และมีทรัพยากรสัตว์น้ำหลากหลาย



ที่มา: <http://maps.google.com/maps>

รูปที่ 1-3 แผนที่อ่าวเบงกอล

1.4 การทำประมงในประเทศไทย

การทำประมงของประเทศไทยมีทั้งที่อยู่ในและนอกน่านน้ำ จากการทำประมงที่เกิดขึ้น ศักยภาพ ทำให้มีความจำเป็นต้องหาแหล่งประมงใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในน่านน้ำเพื่อนบ้านและน่านน้ำสากล ในปี 2547 ปริมาณการทำประมงนอกน่านน้ำมีถึงประมาณร้อยละ 44 ของผลผลิตสัตว์น้ำทะเลรวม ส่วนอีกร้อยละ 56 มาจากการทำประมงในน่านน้ำไทย (ฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน) (กรมประมง, มปป)

การประมงนอกน่านน้ำไทยในพื้นที่เขตเศรษฐกิจจำเพาะของรัฐชายฝั่งแบ่งตามภูมิภาคได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มภูมิภาคอาเซียน (อินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า บรูไน กัมพูชา และเวียดนาม) กลุ่มภูมิภาคเอเชียใต้ (อินเดีย และบังคลาเทศ) กลุ่มภูมิภาคแอฟริกาตะวันออก (มาดากัสการ์) และกลุ่มภูมิภาคตะวันออกกลาง (เยเมน และโอมาน) โดยมหาสมุทรอินเดียทั้งด้านตะวันออกและตะวันตกเป็นแหล่งประมงในน่านน้ำสากลที่สำคัญ ปัจจุบันมีเรือประมงไทยที่ไปทำการประมงนอกประเทศประมาณ 4,000 ลำ เครื่องมือประมงหลักที่ใช้ทำประมงนอกน่านน้ำ แบ่งได้ 3 กลุ่ม (กรมประมง, มปป) ดังนี้

1) กลุ่มเครื่องมือประมงอวนลาก ในปัจจุบันการทำประมงนอกน่านน้ำส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือประมงอวนลาก เนื่องจากชาวประมงไทยมีความชำนาญ การลงทุนต่ำกว่าเครื่องมือประเภทอื่น และประสิทธิภาพในการจับค่อนข้างสูง สามารถจับสัตว์น้ำได้หลากหลายชนิดและหลายขนาด

2) กลุ่มเครื่องมือประมงล้อมจับ เป็นเครื่องมือประมงที่ใช้สำหรับจับปลาผิวน้ำ อย่างไรก็ตาม จำนวนเรือประมงอวนล้อมจับที่ออกไปทำการประมงนอกน่านน้ำมีจำนวนไม่มากนัก เพราะมีการลงทุนสูงและใช้ลูกเรือจำนวนมาก

3) กลุ่มเครื่องมือประมงอวนลอยปลาอินทรี ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มชาวประมงในภาคใต้ ปลาอินทรีที่จับได้จะแปรรูปเป็นปลาเค็มและนำกลับประเทศไทย กลุ่มนี้มีจำนวนเรือค่อนข้างน้อย

การเข้าไปทำการประมงในน่านน้ำของต่างประเทศมีเกิดขึ้นในหลายลักษณะ ได้แก่ การขอสัมปทานทำการประมงสำหรับเรือต่างชาติ (Foreign Licensing), การลงทุนร่วม (Joint Venture), การเช่าเรือประมง (Charter Vessel), การทำการประมงของชาวประมงท้องถิ่น (Local Fishing Vessel) และ การลักลอบทำการประมง (Illegal Fishing) (กรมประมง, มปป)

พื้นที่อ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันตอนบนในเขตน่านน้ำพม่าเป็นหนึ่งในพื้นที่ทำประมงนอกน่านน้ำของไทย ตั้งแต่เมื่อ 30 ปีที่แล้วมา โดยส่วนใหญ่การทำประมงในอ่าวเบงกอลจะทำในรูปแบบการร่วมทุน (Jungeling, 1993) สำหรับการทำประมงในน่านน้ำพม่าเริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 ในรูปแบบสัมปทาน โดยการรับสิทธิการทำประมงและการเข้าไปทำประมงแบบร่วมทุนในปี พ.ศ. 2547 ทางรัฐบาลพม่าได้ให้สิทธิการทำประมงแก่ประเทศไทยเพียงประเทศเดียว และมีเพียงบริษัทเดียวที่ได้รับสิทธิในเบื้องต้น โดยบริษัทดังกล่าวได้รับสัมปทานการทำประมงในน่านน้ำประเทศพม่า จำนวน 500 ลำ แบ่งเป็นเรืออวนลาก 450 ลำ และเรืออวนล้อมจับ 50 ลำ เป็นเวลา 5 ปี ในพื้นที่ 3 เขต คือ เขตยะไข่ เขตอิระวดี และเขตตะนาวศรี ซึ่งอยู่ภายใต้เงื่อนไขสัญญาของรัฐบาลพม่าและรัฐบาลไทย (ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย, 2548)

1.5 การวิเคราะห์ปรอท

เทคนิควิธีการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างเนื้อเยื่อมีอยู่หลายวิธี การเลือกใช้วิธีการใด ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น วิถีมาตรฐานสากลที่ยอมรับ ชัดจำกัดการตรวจวัดต่ำสุดที่ต้องการ ประเภทของตัวอย่าง (น้ำ ตะกอนดิน สัตว์น้ำ) ข้อกำหนดมาตรฐานที่ควบคุม ความชำนาญของการวิเคราะห์ทดสอบที่มี ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องน่าเชื่อถือและเปรียบเทียบกันได้ การเลือกวิธีการวิเคราะห์จึงเป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากความเข้มข้นของปรอทที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งในสิ่งมีชีวิตต่างๆ อยู่ในระดับต่ำ (1-200 มก./กก.) การปนเปื้อนระหว่างการวิเคราะห์และการรบกวนขณะทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือจึงเป็นเรื่องที่ต้องคำนึงถึง (Berlin *et al.*, 2007)

วิธีการที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ได้แก่

1) Colorimetry ใช้หลักการในการเปลี่ยนปรอทในตัวอย่างไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนไดไธโซน (dithizone complex) จากนั้นสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ และตรวจวัดโดยเทคนิค Colorimetry วิธีนี้ใช้กันมากในอดีต แต่มีข้อจำกัดของระดับที่ตรวจวัดได้อยู่ที่ระดับ 2 – 3 ไมโครกรัม ดังนั้น หากต้องการตรวจวัดการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างที่ระดับ 0.05 มก./กก. จะต้องใช้ตัวอย่างในการวิเคราะห์ ถึง 10 ก. (Analytical Methods Committee, 1965) และวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างนาน (Berlin *et al.*, 2007)

2) Cold vapor atomic absorption spectrophotometry (CVAAS) และ Neutron activation analysis (NAA) ถูกนำมาใช้แทนที่ Colorimetry เพราะวิธี CVAAS ตรวจวัดปรอทในระดับ 1 – 5 นาโนกรัม มีความเที่ยงตรง แม่นอน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (variation

coefficient; SD/mean) โดยทั่วไปจะน้อยกว่า 20% (Burrows, 1973; Ertas and Tezel, 2004; Gill *et al.*, 2004) วิธี NAA ตรวจวัดปรอทได้ถึงระดับช่วง 0.1 – 0.3 มิลลิกรัม โดยใช้ตัวอย่าง 0.3 กรัม มีความถูกต้องและเที่ยงตรงสูง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนน้อยกว่า 10% (Westermark and Ljunggren, 1972) วิธี CVAAS เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นโดย Magos และคณะ (Magos, 1971; Magos and Clarkson, 1972) โดยเป็นการแยกสารประกอบปรอทอนินทรีย์ และสารประกอบปรอทอินทรีย์ เช่น เมทิลเมอร์คิวรีในเลือดหรือวัตถุอื่นๆ และต่อมาได้พัฒนาตัวรับสัญญาณเป็นระบบ fluorescence ซึ่งทำให้ระดับการตรวจวัดต่ำลงไปได้อีก (Bloom, 1989; Berglund *et al.*, 2005)

3) Hydride generation atomic absorption spectroscopy (HGAAS) การวิเคราะห์ธาตุบางชนิด เช่น As และ Se เป็นต้น โดยการทำให้โลหะที่ต้องการตรวจวัดเป็นโลหะไฮไดรด์ (metalloidol hydride) ซึ่งระเหยได้ ณ อุณหภูมิห้อง แล้วใส่ไอของโลหะไฮไดรด์ที่เกิดขึ้นเข้าไปใน optical cell เมื่อให้ความร้อนไอของไฮไดรด์จะสลายตัวเป็นอะตอมของโลหะ จากนั้นวัดการดูดกลืนแสง

4) Plasma atomic emission spectrometry วิธีการ AES ถูกนำมาใช้ในกรณีที่ต้องการตรวจค่าที่น้อยๆ ซึ่ง Brosset (1983) กล่าวว่าสามารถตรวจพบปรอทในพลาสมาโดยใช้วิธี AES ที่ค่ามากกว่า 0.005 นาโนกรัม

5) วิธีการวิเคราะห์ใหม่ๆ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์ปรอทในรูปแบบต่างๆ หรือหาองค์ประกอบของปรอทเฉพาะอย่าง เช่น วิธี capillary electrophoresis, ICP-MS และ GC-CVAAS เป็นต้น (Diez and Bayonna, 2002; Lee *et al.*, 2003)

1.6 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

1.6.1 ความหมายและประเภทของการประเมินความเสี่ยง

ความเสี่ยง หมายถึง ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์ได้มากกว่า 2 อย่าง ผลลัพธ์ที่ว่านี้ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่ และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้น ไม่พึงประสงค์ (พงศ์เทพ วิวรรณะเดช, 2547) ดังนั้น ความเสี่ยงประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ ความไม่แน่นอน และไม่พึงประสงค์ คำว่า “ไม่แน่นอน” คือ เราสามารถบอกได้ แต่เพียงโอกาสของการเกิด โดยบอกในรูปของความน่าจะเป็น (probability) แต่ไม่มั่นใจว่าจะเกิดหรือไม่ ซึ่งสามารถกำหนดในเชิงปริมาณได้ว่าเป็นค่าซึ่งอยู่ระหว่างศูนย์ (ไม่เกิดขึ้นแน่นอน) ถึงหนึ่ง (เกิดขึ้นแน่นอน)

การประเมินความเสี่ยง คือ กระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบ เพื่อพรรณนาและวัด ความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคาม กระบวนการ การกระทำหรือเหตุการณ์ใด ๆ (พงศ์เทพ วิวรรณะเดช, 2547) โดยครอบคลุมการประเมินความเสี่ยง ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ รวมถึงความไม่แน่นอนในการประเมินด้วย ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงเป็นกระบวนการที่นำ ความรู้ทางพิษวิทยา มาประเมินหาโอกาสที่จะเกิด และความรุนแรงของผลอันไม่พึงประสงค์ที่จะมี ต่อสุขภาพ และถือได้ว่าเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในทางการวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น โดยเฉพาะความเสี่ยงด้านสุขภาพมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและเสี่ยงมากน้อยเพียงใด โดยที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขและสามารถแปรค่าได้

การประเมินความเสี่ยงโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 สาขาวิชา คือ การประเมินความเสี่ยง ด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศ (Environmental or Ecological Risk Assessment) และการประเมิน ความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment) การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมเป็น การประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมต่อระบบนิเวศวิทยา ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน และต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก ส่วนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพเป็น การศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพมนุษย์ซึ่งทำได้ง่ายกว่า

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ หมายถึง การประเมินความเสี่ยงที่ศึกษาถึง ผลกระทบที่มาจากสิ่งแวดล้อมแล้วก่อให้เกิดผลต่อสุขภาพของมนุษย์ แบ่งลักษณะการศึกษาออก ได้เป็น 2 กลุ่ม (Kofı, 2002) คือ

1) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment) มุ่งเน้น การศึกษาที่อาศัยหลักทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การศึกษาที่เน้นกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ หรือการทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ สามารถอธิบายได้โดยใช้หลักเหตุและผล และสามารถทดลองซ้ำได้ โดยเป้าหมายสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณนี้จะได้ข้อมูล สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ

2) การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment) เป็นการศึกษา เพื่อมุ่งเน้นที่จะอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา โดยอาศัยข้อมูลที่ใช้วิธีการ สัมภาษณ์แบบเจาะลึก (in-depth interview) การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม (focus group interview) ร่วมกับเทคนิคการศึกษาอื่นๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม (participatory action research) เป็นต้น วิธีการเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล เพื่อเสนอผลให้เห็นใน หลายแง่มุม

การศึกษาทั้ง 2 วิธี ส่วนใหญ่ควรจะต้องทำควบคู่กันไป เพราะหลายครั้งที่ทั้ง 2 วิธีต่างเป็นข้อมูลนำเข้าและป้อนกลับซึ่งกันและกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 วิธีร่วมกันจะช่วยลดจุดด้อยที่มีในแต่ละวิธีให้หมดไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การศึกษาเพียงวิธีใดวิธีหนึ่งเท่านั้น

องค์การอนามัยโลกร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (WHO/FAO) ได้นำหลักการวิเคราะห์ความเสี่ยงมาปรับใช้ในกระบวนการพิจารณาดำเนินการ และกำหนดมาตรการต่างๆ ที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของมนุษย์จากการบริโภคอาหารในโครงการกำหนดมาตรฐานอาหาร FAO/WHO Codex (FAO/WHO, 1995)

1.6.2 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยงออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นการศึกษาเพื่อตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่เรากำลังสนใจจะมีความสัมพันธ์กับผลกระทบต่อด้านสุขภาพหรือไม่
- 2) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าจะก่อนหรือหลัง มาตรการควบคุมสิ่งคุกคาม
- 3) การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ผลลัพธ์สุดท้ายจะนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์
- 4) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) คือ การพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ซึ่งต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (uncertainties) เข้าด้วย โดยสรุปผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการ คือการตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามใดๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น

1.7 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อหาปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) และประเมินความเสี่ยงในการบริโภคสัตว์น้ำจากพื้นที่ศึกษา ตลอดจนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่สะสมกับขนาดและชนิดของสัตว์น้ำชนิดต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเพื่อการบริโภคอย่างความปลอดภัย

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

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

2.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างและช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

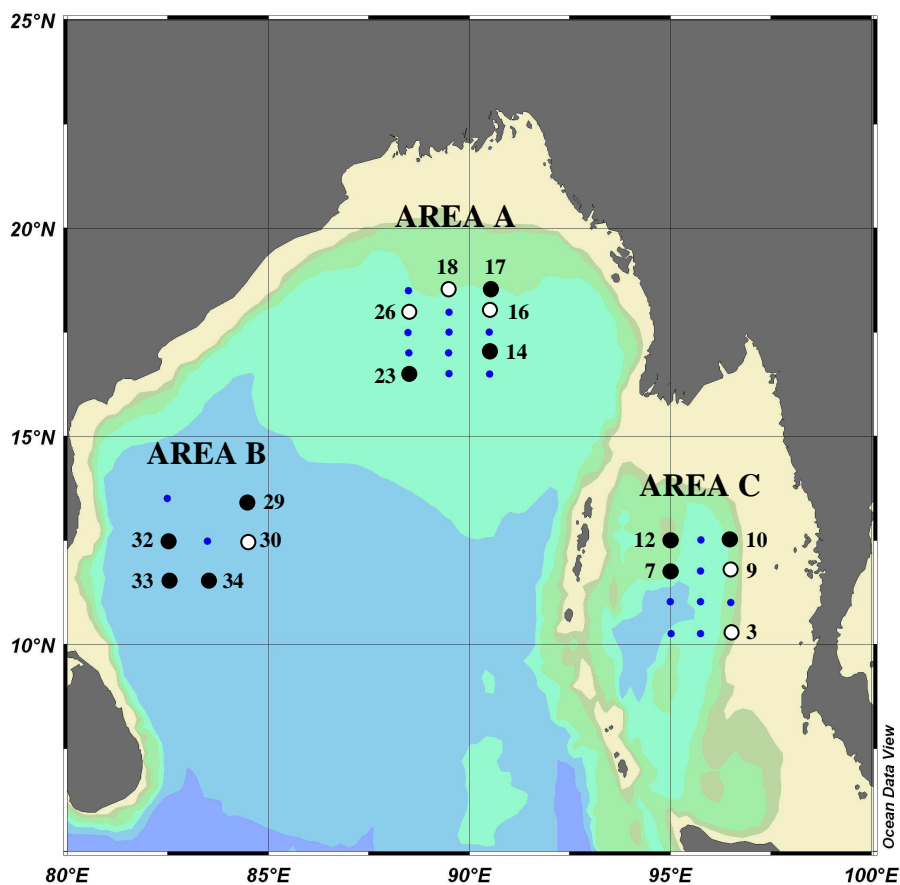
ตัวอย่างสัตว์ทะเลในงานวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากทีมสำรวจทรัพยากรจาก SEAFDEC (Southeast Asian Fisheries Development Center) และกรมประมง โดยเก็บตัวอย่างจาก

- อ่าวเบงกอล 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
- 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

2.2 พื้นที่การเก็บตัวอย่าง

2.2.1 อ่าวเบงกอล

ตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล สุ่มจากทรัพยากรสัตว์น้ำที่ได้จากการสำรวจโดยใช้เครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ อวนลอย (drift gillnet) และเบ็ดรavnน้ำลึก (pelagic longline) (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก) โดยมีพื้นที่เก็บตัวอย่างจาก 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ A พื้นที่ B และพื้นที่ C โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือประมง “เบ็ดรavnน้ำลึก” 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 2-1 และรายละเอียดสถานีสำรวจแสดงในตาราง 2-1



รูปที่ 2-1 สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลใน 3 พื้นที่ของอ่าวเบงกอล พื้นที่ A – บริเวณทะเลที่ระดับลึก 2,000 ถึง 2,600 เมตร ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศบังกลาเทศและอินเดีย และในน่านน้ำสากล; พื้นที่ B – ฝั่งตะวันตกของอ่าวเบงกอล ในเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศอินเดียและศรีลังกา และในน่านน้ำสากล; และพื้นที่ C – กลางทะเลอันดามันที่ระดับความลึก 1,128 ถึง 2,841 เมตร ครอบคลุมน่านน้ำอินเดีย พม่า และไทย จุดสีดำแสดงสถานีที่ใช้เบ็ดร่อนน้ำลึก และจุดสีขาวแสดงตำแหน่งที่ใช้อวนลอย

ตาราง 2-1 ตำแหน่งสถานีสำรวจและวันที่ทำการสำรวจในอ่าวเบงกอล

สถานี	วันที่	เครื่องมือ	เวลา (น)		แสดติจูด (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

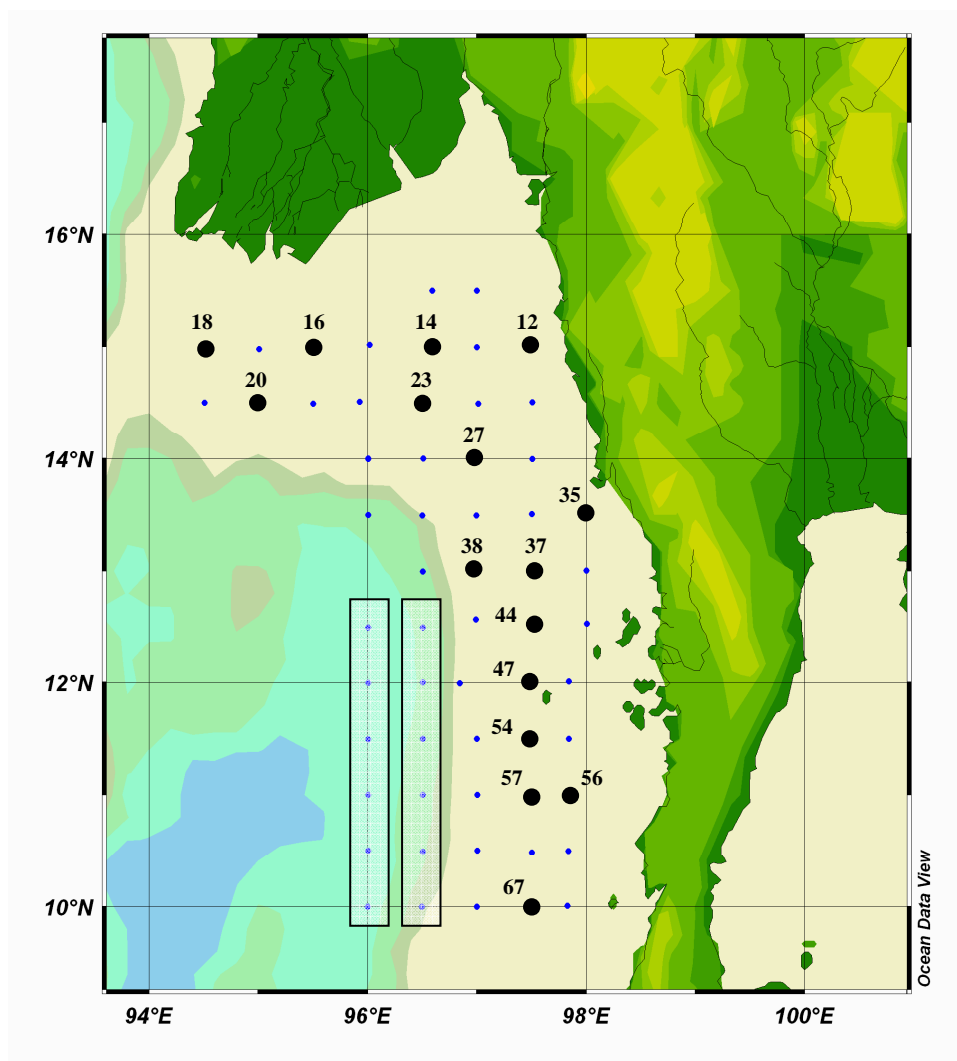
หมายเหตุ: DGN = อวนลอย (drift gillnet)
PLL = เบ็ดรavnน้ำลึก (pelagic longline)

2.2.2 น่านน้ำพม่า (ทะเลอันดามัน)

ตัวอย่างสัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน สุ่มจากทรัพยากรสัตว์น้ำที่ได้จากการสำรวจโดยใช้เครื่องมือประมง 2 ประเภท คือ อวนลากหน้าดิน (bottom trawl) และเบ็ดรavnน้ำลึก (pelagic longline) (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก) โดยดำเนินการ ดังนี้

- 1) พื้นที่ระดับความลึก 30 ถึง 100 เมตร เก็บตัวอย่างโดย “อวนลากหน้าดิน” ทางตอนเหนือของอ่าวมาร์ทาบัน (Gulf of Martaban) และตามแนวชายฝั่งทะเลอันดามันในแถบทานินตันยี (Tanintanyi Region) รวมทั้งสิ้น 16 สถานี
- 2) พื้นที่ระดับความลึก 400 ถึง 2,700 เมตร เก็บตัวอย่างโดย “เบ็ดรavnน้ำลึก” โดยวางเบ็ดราว 2 แนว คือ แนวเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ซึ่งความลึกของทะเลอยู่ที่ 400 ถึง 1,500 เมตร และแนวเหนือบริเวณที่เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ซึ่งความลึกของทะเลอยู่ระหว่าง 2,000 ถึง 2,700 เมตร

ตำแหน่งสถานีอวนลากหน้าดินและแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก แสดงในรูปที่ 2-2 และ รายละเอียดสถานีสำรวจแสดงในตาราง 2-2



รูปที่ 2-2 สถานีเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลโดยอวนลากหน้าดินแสดงโดยจุดสีดำและแนววางเบ็ดรavnน้ำลึก 2 แนว แนวซ้าย: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นลาดทวีป (continental slope) ระดับความลึก 400 – 1500 เมตร และแนวขวา: แนวเก็บตัวอย่างเหนือบริเวณที่เป็นพื้นสมุทร (abyssal plain) ระดับความลึก 2,000 – 2,700 เมตร ในทะเลอันดามันน่านน้ำพม่า

ตาราง 2-2 ตำแหน่งสถานีสำรวจและวันที่ทำการสำรวจในทะเลอันดามัน

สถานี	วันที่	เครื่องมือ	เวลา (น)		แลตติจูด (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)

2.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี

การจำแนกชนิดทางวิทยาศาสตร์ วัดขนาดความยาว และชั่งน้ำหนัก (สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ไม่ได้ชั่งน้ำหนักและวัดความยาวในแต่ละตัว) ดำเนินการทันทีหลังจากที่ได้ตัวอย่างสัตว์น้ำในแต่ละสถานี โดยทีมสำรวจทรัพยากรประมงของ SEAFDEC และกรมประมง

สุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อ โดยจะสุ่มทั้งตัวสำหรับสัตว์น้ำขนาดเล็ก และสุ่มเฉพาะเนื้อเยื่อส่วนที่บริโภคสำหรับปลาขนาดใหญ่ (รูปที่ 2-3) โดยบรรจุตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกสะอาดแยกตามชนิดและขนาด รัดปากถุงให้แน่น บันทึกชนิดสัตว์น้ำ เครื่องมือประมงที่ใช้ และวันที่เก็บ เก็บรักษาตัวอย่างด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการเคมี



(ก)



(ข)

รูปที่ 2-3 การสุ่มตัวอย่างสัตว์ทะเลที่นำมาวิเคราะห์หาปรอทในเนื้อเยื่อ : รูป (ก) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดเล็ก สุ่มตัวอย่างทั้งตัว และรูป (ข) ตัวอย่างสัตว์ทะเลที่มีขนาดใหญ่ (เช่น ทูน่า ปลาตาบ กระ โทงแทง ฉลาม เป็นต้น) สุ่มแล้มาเฉพาะเนื้อเยื่อ

2.4 วิธีการเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

2.4.1 การทำความสะอาดอุปกรณ์ และภาชนะ

อุปกรณ์ เครื่องแก้ว และภาชนะทุกชิ้นที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี เตรียมโดยทำความสะอาดด้วยดีเทอร์เจ็นต์ (detergent) และแช่ใน 10% HNO₃ ไม่นต่ำกว่า 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ (>18 MΩcm) 3 ครั้ง จนหมดฤทธิ์กรด ฝั่งให้แห้งในตู้ปลอดฝุ่น (Laminar flow cabinet) Class 100 เก็บใส่ถุงพลาสติกสะอาดและปิดผนึกจนกว่าจะใช้งาน

2.4.2 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างแช่แข็งมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องในตู้ปราศจากฝุ่น Class 100 จนกระทั่งน้ำแข็งละลายหมด สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ได้ชั่งน้ำหนักและวัดขนาดความยาวของแต่ละตัวขณะสุ่มตัวอย่าง นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 2 ตำแหน่ง วัดความยาว จากนั้นบันทึกภาพตัวอย่างสัตว์ทะเลก่อนทำการเตรียมตัวอย่างในขั้นต่อไป

การแล้และเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ ทำในตู้ปราศจากฝุ่น Class 100 และสวมถุงมือยางทุกครั้ง อุปกรณ์ที่ใช้แล้ปลาแต่ละตัวอย่าง ทำความสะอาดด้วยน้ำบริสุทธิ์ (>18 MΩcm) ทุกครั้งและซับให้แห้ง ก่อนจะแล้ตัวอย่างต่อไป

การแล่และเตรียมตัวอย่างดำเนินการโดยปูแผ่นพลาสติกสะอาดในตู้ปลอดฝุ่น Class 100 ทำความสะอาดตัวอย่างด้วยน้ำบริสุทธิ์ (>18 MΩcm) แล่เฉพาะส่วนเนื้อเยื่อด้วยมีดสแตนเลสตีล (Voegborlo and Akagi, 2007; Sivaperumal *et al.*, 2007) บดสับเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน (รูปที่ 2-4) ตัวอย่างที่เตรียมเสร็จแล้ว เก็บใส่ถุงซิปล็อคสะอาด เก็บรักษาด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะวิเคราะห์ทางเคมี



(ก)



(ข)

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

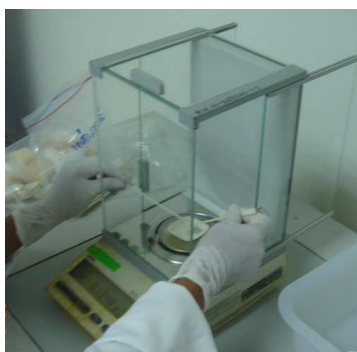
2.5 การย่อยตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์ทะเล

การย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี ใช้วิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีมาตรฐาน AOAC (1990) และ US-EPA (2001) โดยชั่งตัวอย่างน้ำหนักเปียกประมาณ 0.3 ก. (รูปที่ 2-5 (ก)) ด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น AB 204 จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน บรรจุลงในหลอดทดลองขนาด 50 มล. เติม conc. H_2SO_4 0.5 มล. และ conc. HNO_3 1 มล. ลงในหลอดทดลอง นำหลอดทดลองบรรจุลงในเตาหลุมแบบ block heater (รูปที่ 2-5 (ข)) ตั้งอุณหภูมิในการย่อยที่ $90-95^{\circ}\text{C}$ นาน 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างเย็นตัวลง

หลังจากสารละลายเย็นตัวลงหรือมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง เติมสารละลาย 0.02N BrCl 38.5 มล. ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าผสมสารละลาย ยี่ห้อ Vortex-genie 2 รุ่น G-560E (รูปที่ 2-5 (ค)) ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เกิดขึ้นสมบูรณ์ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)

2.6 การตรวจวัดปริมาณปรอทในสารละลาย

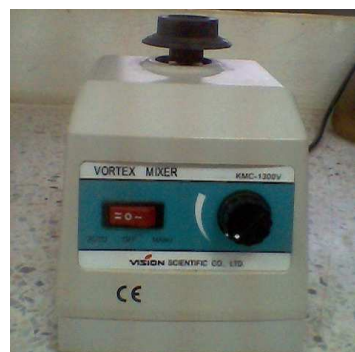
นำสารละลายตัวอย่างที่วางไว้ข้ามคืนมาเติมสารละลาย $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 1 มล. เพื่อกำจัด BrCl ส่วนเกิน ผสมให้เข้ากันจนสารละลายใส ทำการวิเคราะห์ปรอทโดยใช้สารละลาย NaBH_4 เป็นตัวรีดิวซ์ปรอทในรูปต่างๆ ที่ละลายอยู่ในสารละลายให้กลายเป็นไอปรอท (Hg^0) โดยใช้ 3% (v/v) HCl เป็น carrier solution ไอปรอทที่ได้ถูกพาเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ปริมาณปรอท Perkin Elmer FIMS 400 (รูปที่ 2-5 (ง)) โดยก๊าซอาร์กอน (Argon) ตรวจวัดปริมาณไอปรอทด้วยเทคนิคอะตอมมิก แอบซอร์ปชันแบบไอเย็น (cold vapor atomic absorption spectrophotometry; CVAAS) ทั้งนี้ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2-5 รูป (ก) การชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำเพื่อย่อยตัวอย่าง, รูป (ข) ย่อยตัวอย่างในเตาให้ความร้อนแบบ block heater, รูป (ค) เครื่องเขย่าผสมสารละลาย และรูป (ง) เครื่องวิเคราะห์ปริมาณปรอท Perkin Elmer FIMS 400 ซึ่งใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันแบบไอเย็น (cold vapor atomic absorption spectrophotometry; CVAAS)

2.7 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ดำเนินการโดย

- 1) ในทุกรอบของการย่อยตัวอย่าง ทำการย่อยโดยไม่ใช้ตัวอย่าง (blank) โดยวิธีการเดียวกันกับการย่อยตัวอย่าง รอบละ 3 ซ้ำ
- 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

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) หาค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (average) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่ามัธยฐาน (median) ของข้อมูล แสดงผลโดยใช้แผนภูมิกล่อง (box plot) หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับระดับการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อโดยใช้ Pearson Bivariate Correlation และหาความสำคัญของความแตกต่างของระดับการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด และแต่ละพื้นที่โดยใช้ T-test แบบ Independent samples test และ One-Way ANOVA โดยใช้ Microsoft Excel และโปรแกรม SPSS 11.0 และ 12.0

2.9 การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการบริโภค

2.9.1 ความเสี่ยงเบื้องต้น (Risk screening)

คัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานหรือเกณฑ์แนะนำ (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) (2006) ดังปรากฏใน Summary and Conclusion of the 67th Meeting of Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (FAO/WHO), 11p.
- 3) ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) ลงวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2529 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

2.9.2 การประเมินความเสี่ยงในการได้รับปรอทในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน

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

หากค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่า ปริมาณที่มีอยู่นั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของปรอทหากได้รับเข้าสู่ร่างกายเป็นเวลานาน ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องมีการสื่อสารกับประชาชนให้รับทราบในเรื่องของความเสี่ยงในการบริโภค (risk communication) และควรมีการจัดการความเสี่ยง (risk management)

$$HQ = \frac{\text{Average mercury daily intake}}{Rfd} \quad (2-1)$$

ค่า Rfd หรือ Reference dose for chronic oral exposure สำหรับปรอท มีค่าเท่ากับ 0.1 มก./กก.น.ต./วัน (EPA, 2005)

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

โดยที่

CF (Contaminant concentration of mercury in fish) คือ ค่าปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ มีหน่วยเป็น มก./กก. น.ต.เป็ยก โดยใช้ค่าเฉลี่ยของปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำแต่ละชนิด

IR (Ingestion rate) คือ ค่าปริมาณเนื้อปลาหรืออาหารทะเลที่รับประทานในแต่ละมื้อ มีหน่วยเป็น กก./มื้อ ซึ่ง FAO (2005) รายงานปริมาณการบริโภคเนื้อปลาหรืออาหารทะเลของคนไทยไว้เท่ากับ 85 ก./คน/วัน หรือ 0.028 กก./มื้อ

FI (Fraction ingested from contaminated source) คือ สัดส่วนการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน มีค่าเท่ากับ 1.0 (ไม่มีหน่วย)

EF (Exposure frequency) คือ ความถี่ของการรับสัมผัส มีหน่วยเป็น มื้อ/ปี ซึ่ง EPA กำหนดค่าความถี่ของการรับสัมผัสเป็น 350 มื้อ/ปี (EPA, 1989)

ED (Exposure duration) คือ ระยะเวลาที่สัมผัส มีหน่วยเป็น ปี ใช้ค่าตามที่ EPA กำหนด คือ 30 ปี สำหรับความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (EPA, 1989)

BW (Body weight) คือ น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยของคนไทย มีหน่วยเป็น กก. โดยใช้ น้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เท่ากับ 50 กก. (Agusa *et al.*, 2007)

AT (Average time exposed) คือ อายุขัยเฉลี่ยของประชากรที่จะได้รับความเสี่ยง มีหน่วยเป็น วัน โดยใช้อายุที่ได้รับความเสี่ยงคูณด้วย 365 วัน (30 X 365) ดังนั้น AT จึงเท่ากับ 10,950 วัน (EPA, 1989)

2.9.3 การประเมินปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค

จากข้อมูลการปนเปื้อนของสารปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ นำมาคำนวณปริมาณที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยต่อสัปดาห์ (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI)

เนื่องจากปรอทอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทิลเมอร์คิวรี เป็นรูปแบบทางเคมีที่มีความเป็นพิษสูง ในการคำนวณครั้งนี้ใช้การประมาณปริมาณเมทิลเมอร์คิวรีในเนื้อปลา โดยใช้ข้อมูลจาก Windom and Cranmer (1998) ซึ่งทำการศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในปลาจากอ่าวไทย และพบว่าปรอทในเนื้อปลาอยู่ในรูปเมทิลเมอร์คิวรีมากกว่าร้อยละ 90 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

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

3.1 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์น้ำ

3.1.1 ชนิดพันธุ์และขนาดสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล

ตัวอย่างสัตว์น้ำที่สุ่มจากการสำรวจทรัพยากรประมงในอ่าวเบงกอล โดยอวนลอย (drift gillnet) และเบ็ดรายน้ำลึก (pelagic longline) ได้ตัวอย่างปลา 11 ชนิด จำนวนทั้งสิ้น 78 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างที่จับโดยอวนลอย 8 ชนิด 50 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่จับโดยเบ็ดรายน้ำลึก 4 ชนิด 28 ตัวอย่าง ชนิด จำนวน และขนาดเฉลี่ย สรุปไว้ในตาราง 3-1 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปสัตว์ทะเลแต่ละชนิด แสดงไว้ในภาคผนวก ค รายละเอียดแสดงในตาราง ง-1 และ ง-2 ภาคผนวก ง

3.1.2 ชนิดพันธุ์และขนาดของสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ตัวอย่างสัตว์น้ำที่สุ่มจากการสำรวจทรัพยากรประมงในทะเลอันดามันน่านน้ำพม่า โดยอวนลากหน้าดิน (bottom trawl) และเบ็ดรายน้ำลึก (pelagic longline) ได้ตัวอย่างรวม 32 ชนิด จำนวนทั้งสิ้น 229 ตัวอย่าง แบ่งเป็น ตัวอย่างที่จับโดยเครื่องมืออวนลากหน้าดิน 28 ชนิด 211 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่จับโดยเครื่องมือเบ็ดรายน้ำลึก 4 ชนิด 18 ตัวอย่าง ชนิด จำนวน และขนาดเฉลี่ย สรุปไว้ในตาราง 3-2 ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปสัตว์ทะเลแต่ละชนิด แสดงไว้ในภาคผนวก ค รายละเอียดแสดงในตาราง ง-3 และ ง-4 ภาคผนวก ง

3.2 การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.1 ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงที่รับรอง

ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงที่รับรอง (Certified Reference Material; CRM) DORM-2 (Dogfish Muscle) และ DOLT-2 (Dogfish Liver) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เดียวกับตัวอย่าง ชนิดละ 20 ซ้ำ เพื่อยืนยันความถูกต้องถูกต้องของวิธีการที่ใช้ ผลการวิเคราะห์ได้ค่าปรอทใน DORM-2 เท่ากับ 4.31 ± 0.32 มก./กก. หรือคิดเป็น 93.0% ของความเข้มข้นที่กำกับมากับ CRM (4.64 ± 0.26 มก./กก.) และวิเคราะห์ได้ค่าปรอทใน DOLT-2 เท่ากับ 2.14 ± 0.12 มก./กก. หรือคิดเป็น 99.8% ของความเข้มข้นที่กำกับมากับ CRM (2.14 ± 0.28 มก./กก.) ซึ่งยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่กำกับมา ค่าที่วิเคราะห์ได้ และค่าเฉลี่ยแสดงดังตาราง 3-3

ตาราง 3-1 น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนัก) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาว) ของตัวอย่างปลาที่
 สุ่มจากตัวอย่างที่จับจากอ่าวเบงกอล (โดยเครื่องมือประมงประเภทอวนลอยและเบ็ดราน้ำลึก)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Alopias superciliosus</i> *	Bigeye tresher shark	ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู	8	56.25 \pm 21.54 (31.0 – 90.0)	265.75 \pm 33.97 (205.0 – 319.0)
<i>Auxis thazard</i>	Frigate mackerel	ปลาโอแถบ	12	0.77 \pm 0.16 (0.40 – 0.98)	37.45 \pm 2.45 (31.5 – 40.0)
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	Copper shark	ปลาฉลามครีบดำ	1	12.20	131.10
<i>Carcharhinus falciformis</i> *	Silky shark	ปลาฉลาม silky	3	5.80 \pm 1.85 (3.70 – 7.20)	101.87 \pm 8.73 (93.6 – 111.0)
<i>Caranx tille</i>	Tille trevally	ปลากระมง	1	3.30	66.8
<i>Euthynnus affinis</i>	Mackerel tuna	ปลาโอลาย	4	0.86 \pm 0.13 (0.75 – 1.05)	39.13 \pm 2.53 (37.0 – 42.0)
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	ปลาทูน้าห้องแถบ	29	1.75 \pm 1.53 (0.75 – 6.35)	46.15 \pm 10.25 (37.4 – 77.5)
SHARK	unidentified shark	ปลาฉลาม	1	3.22	87.6
<i>Thunnus albacares</i> *	Yellowfin tuna	ปลาทูน้าครีบเหลือง	2	36.50 \pm 1.12 (35.0 – 38.0)	138.50 \pm 2.12 (137.0 – 140.0)
<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye tuna	ปลาทูน้าตาโต	1	2.0	52.0
<i>Xiphias gladius</i> **	Sword fish	ปลากระโทงแทงดาบ	16	25.74 \pm 18.50 (5.0 – 60.0)	198.33 \pm 44.78 (129.0 – 262.0)

หมายเหตุ : ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากเครื่องมือประมงอวนลอย ยกเว้น * เป็นสัตว์น้ำที่จับได้โดยเครื่องมือประมงเบ็ดราน้ำลึก และ ** เป็นสัตว์น้ำที่จับได้โดยเครื่องมือประมงเบ็ดราน้ำลึก 15 ตัวอย่าง และจับได้โดยเครื่องมือประมงอวนลอย 1 ตัวอย่าง ซึ่งสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็น pelagic species

ตาราง 3-2 น้ำหนักเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงน้ำหนัก) และความยาวทั้งหมดเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ช่วงความยาว) ของตัวอย่างปลาที่
 สุ่มจากตัวอย่างที่ได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Alepes djedaba</i>	Shrimp scad	ปลากระมง	3	0.062 \pm 0.010 (0.051 – 0.069)	16.6 \pm 1.1 (15.3 – 17.4)
<i>Alopias Supercilius</i> *	Bigeye thresher shark	ปลาฉลามหางยาวหน้าหู	4	70.80 \pm 26.88 (33.0 – 90.0)	276.0 \pm 30.9 (230.0 – 296.0)
<i>Chrysochir aureus</i>	Reeve's croaker	ปลาจวดเขียว	3	0.169 \pm 0.029 (0.137 – 0.193)	26.8 \pm 1.25 (25.5 – 28.0)
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	Bengal tongue sole	ปลาลิ้นหมา	3	0.060 \pm 0.026 (0.035 – 0.086)	25.0 \pm 3.50 (21.5 – 28.5)
<i>Decapterus russelli</i>	Indian scad	ปลาทุแอก	3	0.062 \pm 0.010 (0.050 – 0.069)	19.2 \pm 0.75 (18.5 – 20.0)
<i>Drepane punctata</i>	Spotted sicklefish	ปลาใบโพธิ์จุด	3	0.113 \pm 0.012 (0.105 – 0.126)	18.8 \pm 1.08 (17.9 – 20.0)
<i>Ephippus orbis</i>	Orbfish	ปลาใบปอ	3	0.083 \pm 0.007 (0.077 – 0.090)	15.8 \pm 1.87 (14.5 – 18.0)
<i>Epinephelus coioides</i>	Orange spotted grouper	ปลากระรังดอกแดง	2	0.796 \pm 0.022 (0.780 – 0.812)	36.0 \pm 0.71 (35.5 – 36.5)
<i>Istiophorus platypterus</i> *	Indo-Pacific sailfish	ปลากระโทงร่ม	1	28.0	252.0
<i>Loligo duvauceli</i> *	Squid	หมึกกล้วย	9	0.060 \pm 0.023 (0.030 – 0.110)	29.5 \pm 4.52 (24.3 – 36.4)
<i>Loligo sp.*</i>	Squid	หมึก	3	0.110 \pm 0.009 (0.103 – 0.121)	35.8 \pm 3.61 (32.3 – 39.5)

ตาราง 3-2 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	Delagoa threadfin bream	ปลาทรายแดง	9	0.133 ± 0.050 (0.055 – 0.225)	22.4 ± 2.81 (17.0 – 27.5)
<i>Nemipterus japonicus</i>	Japanese threadfin bream	ปลาทรายแดงญี่ปุ่น	24	0.096 ± 0.036 (0.054 – 0.200)	22.4 ± 2.68 (17.6 – 29.9)
<i>Nemipterus peronii</i>	Notchedfin threadfin bream	ปลาทรายแดง	3	0.143 ± 0.059 (0.090 – 0.206)	22.5 ± 3.40 (19.1 – 25.9)
<i>Nemipterus spp.</i>	Threadfin bream	ปลาทรายแดง	6	0.127 ± 0.022 (0.107 – 0.168)	21.8 ± 1.23 (21.0 – 24.1)
<i>Parupeneus spp.</i>	Goatfish	ปลาแพะ	18	0.090 ± 0.071 (0.033 – 0.234)	18.9 ± 3.95 (14.9 – 26.0)
<i>Pennahia macrocephalus</i>	Big head pennah croaker	ปลาจวด	3	0.090 ± 0.007 (0.083 – 0.096)	20.6 ± 2.54 (18.4 – 23.4)
<i>Pennahia anea</i>	Greyfin croaker	ปลาจวดขาว	3	0.155 ± 0.012 (0.143 – 0.167)	22.2 ± 0.40 (22.0 – 22.7)
<i>Priacanthus macracanthus</i>	Brownspot bigeye	ปลาดาวหนามจุดน้ำตาล	38	0.089 ± 0.085 (0.022 – 0.415)	18.5 ± 4.53 (12.5 – 30.5)
<i>Pseudorhombus sp.</i>	Flatfish	ปลาดาดเขียว	3	0.177 ± 0.077 (0.121 – 0.264)	24.7 ± 4.75 (21.6 – 30.2)
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	Indian mackerel	ปลาลัง	3	0.059 ± 0.010 (0.048 – 0.065)	18.1 ± 0.95 (17.1 – 19.0)
<i>Saurida elongata</i>	Slender lizardfish	ปลาปากคม	3	0.046 ± 0.019 (0.032 – 0.068)	19.3 ± 2.37 (17.8 – 22.0)

ตาราง 3-2 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (อังกฤษ)	ชื่อสามัญ (ไทย)	ตัว	น้ำหนัก (กก.)	ความยาว (ซม.)
<i>Saurida undosquamis</i>	Brushtooth lizardfish	ปลาปากคมหางจุด	33	0.085 ± 0.042 (0.033 – 0.187)	22.5 ± 3.19 (18.0 – 29.5)
<i>Saurida</i> sp.	Lizardfish	ปลาปากคม	3	0.099 ± 0.031 (0.067 – 0.129)	24.8 ± 2.20 (22.6 – 27.0)
<i>Sphyraena barracuda</i> *	Great barracuda	ปลาน้ำดอกไม้	1	7.0	114.0
<i>Sphyraena forsteri</i>	Bigeye barracuda	ปลาสาก	3	0.060 ± 0.007 (0.055 – 0.068)	22.1 ± 0.81 (21.4 – 23.0)
<i>Sphyraena jello</i>	Pickhandle barracuda	ปลาสาก	3	0.070 ± 0.008 (0.061 – 0.077)	24.6 ± 0.55 (24.1 – 25.2)
<i>Trachinocephalus myops</i>	Snakefish	ปลาปากคมหูดำ	15	0.114 ± 0.027 (0.077 – 0.172)	22.5 ± 1.59 (20.4 – 25.3)
<i>Trichiurus lepturus</i>	Largehead hairtail	ปลาตาเงินใหญ่	3	0.359 ± 0.009 (0.353 – 0.368)	67.8 ± 3.12 (65.6 – 71.4)
<i>Upeneus moluccensis</i>	Goldband goatfish	ปลาหนวดฤๅษี	3	0.029 ± 0.005 (0.025 – 0.035)	14.1 ± 0.81 (13.4 – 15.0)
<i>Upeneus</i> sp.	Goatfish	ปลาหนวดฤๅษี	3	0.036 ± 0.001 (0.036 – 0.037)	15.2 ± 0.76 (14.5 – 16.0)
<i>Xiphias gladius</i> *	Swordfish	ปลากระโทงแทงดาบ	12	21.6 ± 15.710 (2.20 – 47.0)	185.0 ± 45.22 (100.0 – 240.0)

หมายเหตุ: ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากเครื่องมือประมงอวนลากหน้าดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็น demersal species ยกเว้น ปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*) และหมึกและ * เป็นตัวอย่างที่ได้จากเครื่องมือประมงประเภทเบ็ดร่อนน้ำลึก ซึ่งจะเป็น pelagic species

ตาราง 3-3 ผลการวิเคราะห์ปรอทในสารอ้างอิงที่รับรอง DORM-2 และ DOLT-2

ครั้งที่	DORM-2 (มก./กก.)	DOLT-2 (มก./กก.)
1	4.14	1.97
2	4.39	2.26
3	4.06	2.03
4	3.98	2.28
5	4.93	2.05
6	4.57	2.29
7	4.56	2.09
8	4.15	2.09
9	4.05	2.17
10	4.19	2.24
11	4.15	2.24
12	4.04	2.17
13	4.03	2.08
14	4.01	2.01
15	3.96	2.00
16	5.18	1.97
17	4.43	2.26
18	4.51	2.25
19	4.43	2.32
20	4.52	1.94
ค่าที่กำกับมา	4.64 ± 0.26	2.14 ± 0.28
ค่าเฉลี่ย ± standard deviation	4.31 ± 0.33	2.14 ± 0.13
% ที่วิเคราะห์ได้	93.0%	99.8%

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำซ้ำ 33 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 307 ตัวอย่าง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation = SD/mean) เฉลี่ย $10.3 \pm 8.6\%$ แสดงว่าการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำมีความแม่นยำ รายละเอียดแสดงในตาราง ง-5 ภาคผนวก ง

3.3 ผลการศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล

3.3.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด

ผลการวิเคราะห์ปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล แสดงไว้ในตาราง ง-6 ภาคผนวก ง และสรุปไว้ในตาราง 3-4 โดยมีค่าปรอทปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.005 – 1.245 มก./กก. นน.เปียก ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน 0.213 ± 0.277 และ 0.072 มก./กก. นน.เปียก

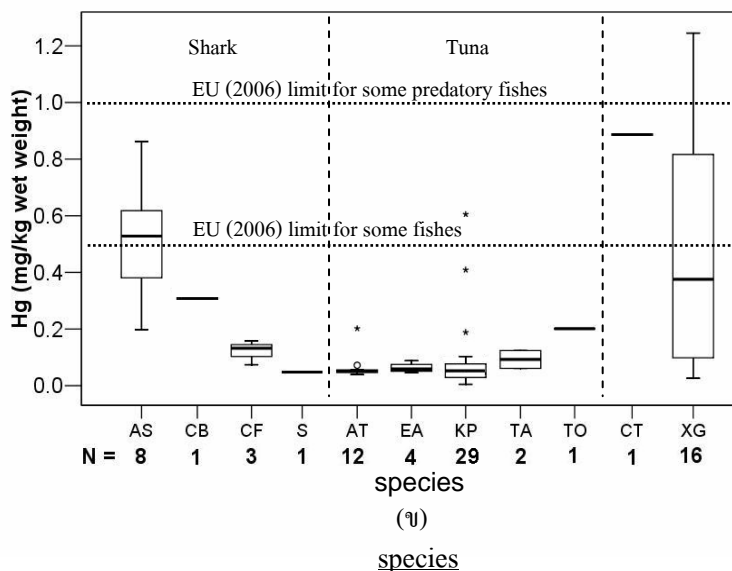
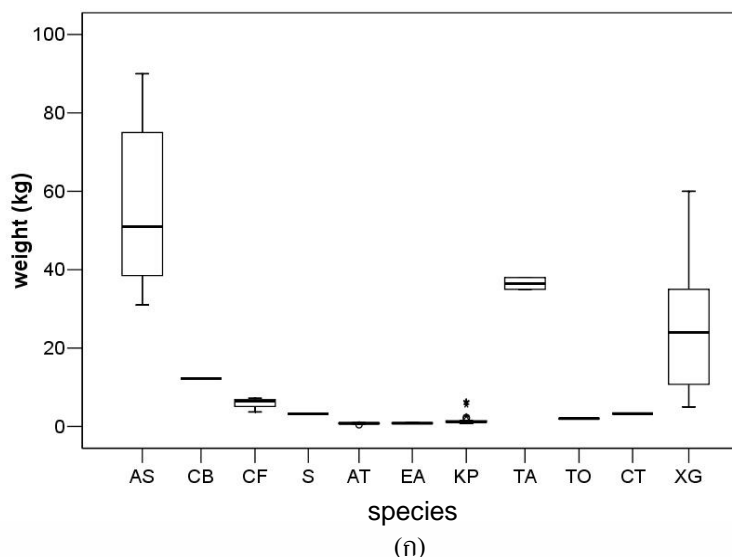
ตาราง 3-4 ปริมาณปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่จับจากอ่าวเบงกอล

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ตัว	ปริมาณปรอท (มก./กก. น้ำหนักเปียก)		
			ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนุ	8	0.514 ± 0.200	0.198 – 0.862	0.528
<i>Auxis thazard</i>	โอเกลบ	12	0.064 ± 0.044	0.039 – 0.202	0.051
<i>Caranx tille</i>	กระมง	1	0.886	0.886	0.886
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	ฉลามครีบดำ	1	0.251	0.251	0.251
<i>Carcharhinus falciformis</i>	ฉลาม silky	3	0.122 ± 0.043	0.074 – 0.158	0.132
<i>Euthynnus affinis</i>	โอลาย	4	0.063 ± 0.018	0.046 – 0.088	0.059
<i>Katsuwonus pelamis</i>	ทูน่าทองแถบ	29	0.100 ± 0.135	0.005 – 0.597	0.056
<i>Thunnus albacares</i>	ทูน่าครีบเหลือง	2	0.092 ± 0.045	0.061 – 0.124	0.092
<i>Thunnus obesus</i>	ทูน่าตาโต	1	0.201	0.201	0.201
Unidentified shark	ฉลาม	1	0.048	0.048	0.048
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	16	0.478 ± 0.430	0.026 – 1.245	0.375

สัตว์น้ำที่มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยในเนื้อเยื่อมากที่สุด 3 ชนิด คือ ปลากระมง (*Caranx tille*) (n = 1), ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*Alopias superciliosus*) (n = 8) และปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) (n = 16) มีค่าเฉลี่ย 0.886, 0.514 ± 0.200 และ 0.478 ± 0.430 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ ส่วนชนิดที่พบปรอทปนเปื้อนน้อยที่สุด คือ ปลาฉลาม (Unidentified shark) (n = 1) มีค่าเฉลี่ย 0.048 มก./กก. นน.เปียก

เมื่อเปรียบเทียบปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำทุกชนิดจากอ่าวเบงกอลโดยแผนภูมิกล่อง (box plot) ดังรูปที่ 3-1 และตาราง 3-4 โดยแบ่งชนิดสัตว์น้ำได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปลาฉลาม กลุ่มปลาทูน่า และกลุ่มปลาอื่นๆ พบว่า

- กลุ่มปลาฉลาม มี 4 ชนิด คือด ฉลามหางยาวหน้าหนุ ฉลามครีบดำ ฉลาม silky และฉลามที่ไม่ได้ระบุชนิด พบว่า ฉลามหางยาวหน้าหนุ มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.514 ± 0.200 มก./กก. นน.เปียก (0.198 – 0.862 มก./กก. นน.เปียก)
- กลุ่มปลาทูน่า มี 5 ชนิด ได้แก่ โอเกลบ โอลาย ทูน่าทองแถบ ทูน่าครีบเหลือง และทูน่าตาโต กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยต่ำกว่าปลากลุ่มอื่น
- กลุ่มปลาอื่นๆ มีอยู่ 2 ชนิด คือ ปลากระมง และปลากระโทงแทงดาบ กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีปรอทปนเปื้อนสูง คือ 0.886 และ 0.478 ± 0.430 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ



- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| AS = <i>Alopias superciliosus</i> | CB = <i>Carcharhinus brachyurus</i> |
| CF = <i>Carcharhinus falciformis</i> | S = unidentified SHARK |
| AT = <i>Auxis thazard</i> | CT = <i>Caranx tille</i> |
| EA = <i>Euthynnus affinis</i> | KP = <i>Katsuwonus pelamis</i> |
| TA = <i>Thunnus albacares</i> | TO = <i>Thunnus obesus</i> |
| XG = <i>Xiphias gladius</i> | |

รูปที่ 3-1 รูป (ก) แสดงช่วงน้ำหนักของสัตว์น้ำ และรูป (ข) แสดงช่วงปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จากอ่าวเบงกอล ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ปลาฉลาม (ซ้าย) ปลาทูน่า (กลาง) และปลาชนิดอื่นๆ (ขวา)
 [เส้นตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

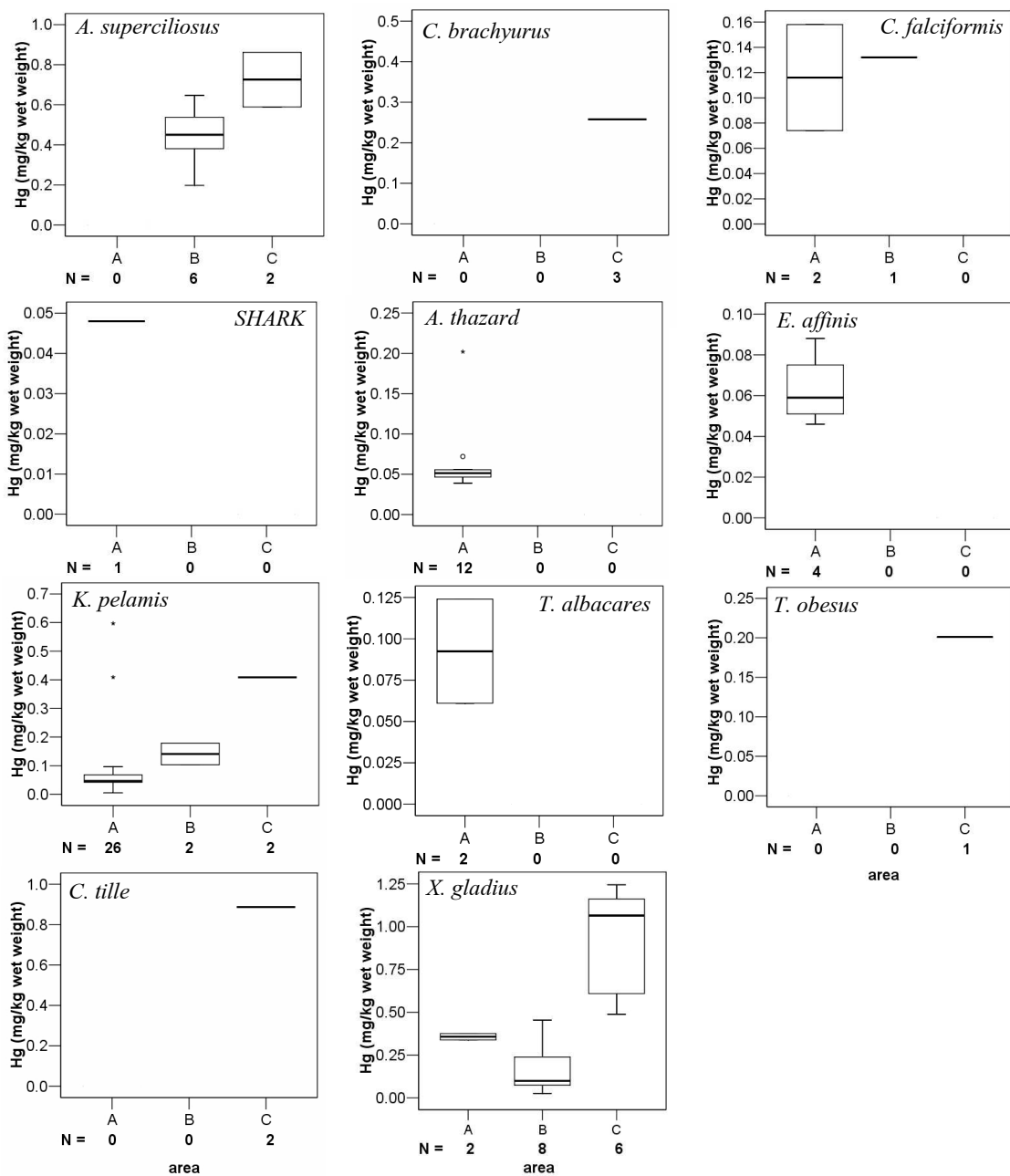
เมื่อเปรียบเทียบระดับปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด ตามพื้นที่เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C) มีสัตว์น้ำเพียง 2 ชนิด ที่มีตัวอย่างในทั้ง 3 พื้นที่ คือ ปลาทูน้าทองแถบ (*K. pelamis*) และปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) (รูปที่ 3-2)

ปลาทูน้าทองแถบ ในพื้นที่ A, B และ C มีปรอทเฉลี่ย 0.085 ± 0.127 , 0.141 ± 0.053 และ 0.408 มก./กก. นน.เป็ยก ตามลำดับ เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ One – Way ANOVA พบว่าทั้ง 3 พื้นที่ มีปริมาณปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเมื่อทดสอบโดยใช้ Multiple Comparisons ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) พบว่าระดับปรอทในเนื้อปลาทูน้าทองแถบจากพื้นที่ A แตกต่างกับจากพื้นที่ C และจากพื้นที่ B แตกต่างกับจากพื้นที่ C รายละเอียดการทดสอบทางสถิติในหัวข้อ 1.1 ภาคผนวก จ จากรูปที่ 3-2 จะเห็นว่าค่ามัธยฐานของปริมาณปรอทในพื้นที่ C สูงกว่าพื้นที่ A และ B

ส่วนในตัวอย่างปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ในพื้นที่ A, B และ C มีปรอทเฉลี่ย 0.357 ± 0.026 , 0.163 ± 0.159 และ 0.939 ± 0.313 มก./กก. นน.เป็ยก ตามลำดับ เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ One – Way ANOVA พบว่าทั้ง 3 พื้นที่ มีปริมาณปรอทแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเมื่อทดสอบโดยใช้ Multiple Comparisons ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) พบว่าระดับปรอทในเนื้อปลากระโทงแทงดาบ จากพื้นที่ A แตกต่างกับจากพื้นที่ C และจากพื้นที่ B แตกต่างกับจากพื้นที่ C รายละเอียดการทดสอบทางสถิติในหัวข้อ 1.2 ภาคผนวก จ จากรูปที่ 3-2 จะเห็นว่าค่ามัธยฐานของปริมาณปรอทในพื้นที่ C สูงกว่าพื้นที่ A และ B

3.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับค่ามาตรฐาน

ระดับการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ EU (2006) กำหนด จากรูปที่ 3-1 พบว่า กลุ่มปลาทูน้ามีปริมาณปรอทปนเปื้อนต่ำกว่าเกณฑ์ (EU (2006) ที่กำหนดให้มีปรอทปนเปื้อนได้ไม่เกิน 0.5 มก./กก. สำหรับกลุ่มฉลาม แม้ว่าปลาฉลามหางยาวหน้าหนุจะมีปรอทปนเปื้อนสูงที่สุดในกลุ่มแต่ก็ยังต่ำกว่าเกณฑ์ (EU (2006) ที่กำหนดให้ในปลานักล่ามีปรอทปนเปื้อนได้ไม่เกิน 1.0 มก./กก. ส่วนกลุ่มสัตว์น้ำอื่นๆ ได้แก่ ปลากระมงและปลากระโทงแทงดาบ พบว่าปลากระมงมีปรอทปนเปื้อน 0.886 มก./กก. นน.เป็ยก ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์ที่ EU (2006) กำหนดไว้ที่ 0.5 มก./กก แต่ปลากระโทงแทงดาบเป็นปลานักล่า ซึ่งตามเกณฑ์ของ EU (2006) สามารถมีปรอทได้ถึง 1.0 มก./กก.



รูปที่ 3-2 ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาแต่ละชนิดเปรียบเทียบตามพื้นที่เก็บตัวอย่างในอ่าวเบงกอล

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

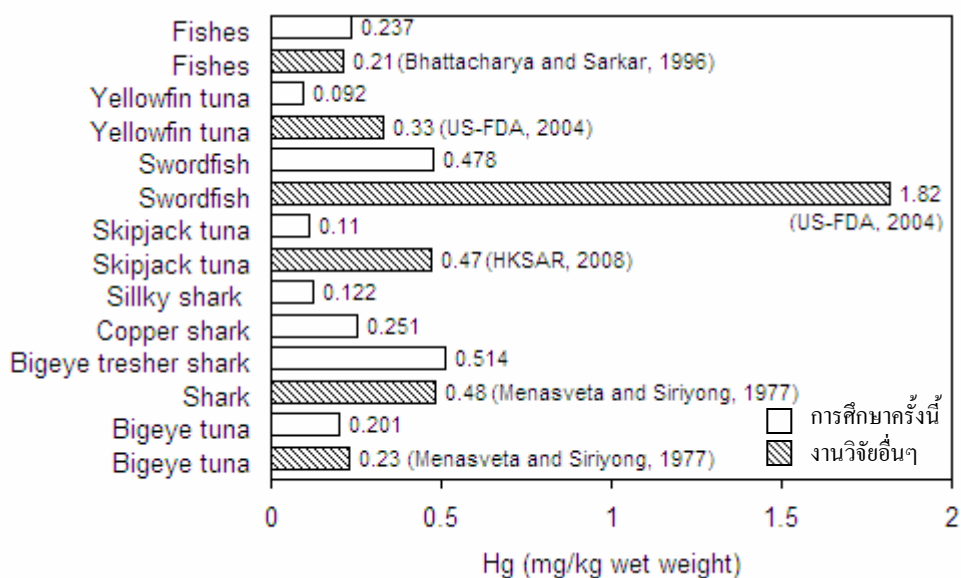
ตัวอย่างปลากระมงที่วิเคราะห์ในครั้งนี้มีเพียง 1 ตัวอย่าง ซึ่งมีขนาดใหญ่โดยน้ำหนัก 3.3 กก. และความยาว 66.8 ซม. เมื่อเทียบกับตัวอย่างปลากระมงหรือ *Caranx tille* ที่บันทึกไว้ใน fishbase (Froese and Pauly, 2009) (ภาคผนวก จ) พบว่าตัวอย่างเป็นตัวอย่างที่โตเต็มวัย และมีอายุมาก ทำให้มีระยะเวลาในการได้สะสมโปรตอนาน ประกอบกับลักษณะการกินอาหารของปลากระมง ที่กินปลาและสัตว์น้ำเป็นอาหาร จึงทำให้มีปริมาณที่สะสมในเนื้อเยื่อสูง อย่างไรก็ตามตัวอย่างปลากระมงที่สุ่มจับได้มีเพียงตัวอย่างเดียวจึงไม่อาจสรุปได้ชัดเจนว่าปลากระมงเป็นสัตว์น้ำชนิดที่มีโปรตอนปนเปื้อนสูง

จากผลการศึกษาการปนเปื้อนของโปรตอนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล แม้ว่าส่วนใหญ่จะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ EU (2006) กำหนด แต่ปริมาณโปรตอนที่ตรวจพบก็ได้ในบางชนิดจัดว่ามีค่าสูง เช่น ฉลามหางยาวหน้าหนุ ฉลามครีบดำ ทูน่าท้องแถบ และกระโทงแทงดาบ ปลาเหล่านี้ นอกจากมีพฤติกรรมในการเคลื่อนที่ว่ายน้ำที่รวดเร็ว และเป็นปลาที่มีการอพยพที่อยู่อาศัยอย่างรวดเร็ว (Musyl *et al.*, 2004; Canese *et al.*, 2008)

พื้นที่อ่าวเบงกอลอาจมีการปนเปื้อนของโปรตอน ประกอบกับจากบททวนเอกสารพบว่า ปริมาณโปรตอนที่มีการตรวจพบในน้ำทะเลบริเวณอ่าวเบงกอลซึ่งมีค่าสูง โดยอยู่ในช่วง 0.082 – 5.58 มกค./ล. (Selvaraj, 1999) (เกณฑ์มาตรฐานน้ำทะเลชายฝั่งมีได้ไม่เกิน 0.1 มกค./ล. ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2537) ซึ่งแหล่งกำเนิดอาจมาจากแผ่นดินเนื่องจากบริเวณชายฝั่งรอบอ่าวเบงกอล โดยเฉพาะชายฝั่งประเทศอินเดียที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมากถึง 12,150 แห่ง ซึ่งมีทั้งโรงงานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลิตก๊าซคลอรีนและโซดาไฟ ผลิตพลาสติก ผลิตกระดาษ ผลิตปิโตรเลียม ผลิตและแปรรูปโลหะ (Joseph and Jerald, 1994; Satpathy, 2008) ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดโปรตอนทั้งสิ้น นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียจากชุมชนที่ถูกปล่อยลงสู่อ่าวเบงกอลตามแม่น้ำสายใหญ่ๆ ก็อาจเป็นแหล่งกำเนิดของโปรตอนที่เข้าสู่อ่าวเบงกอล โปรตอนที่ส่วนหนึ่งมีแหล่งกำเนิดที่ถูกพัดพามาทางอากาศซึ่งสามารถที่จะกระจายออกไปได้ไกลถึงแม้จะอยู่ในเขตกลางอ่าวที่ไกลจากชายฝั่ง (Lindqvist *et al.*, 1991) โปรตอนที่ปนเปื้อนสู่ระบบนิเวศอ่าวเบงกอล ประกอบกับพฤติกรรมในการเคลื่อนที่ว่ายน้ำที่รวดเร็วและขอบเขตพื้นที่ในการหากินไกล จึงส่งผลกระทบต่อสารสะสมโปรตอนในสัตว์น้ำเหล่านี้ และยังมีอายุมากหรืออยู่ในลำดับขั้นการบริโภคสูง ก็ยังมีโปรตอนสะสมในปริมาณที่สูงขึ้น

3.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับพื้นที่อื่น

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลกับพื้นที่อื่น พบว่าสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลส่วนใหญ่มีปริมาณปรอทต่ำกว่าพื้นที่อื่น (รูปที่ 3-3) ยกเว้นปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) จากการศึกษารุ่นนี้มีปริมาณปรอทเท่ากับ 0.514 ± 0.200 (0.198 – 0.862) มก./กก. นน.เปียก โดยมีปริมาณปรอทสูงกว่าปลาฉลามจากทะเลอันดามัน (Menasveta and Siriyong, 1977) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.06 – 0.48 มก./กก. นน.เปียก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อปลาทุกชนิดโดยเฉลี่ยจากการศึกษารุ่นนี้ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.237 ± 0.301 (0.005 – 1.245) มก./กก. นน.เปียก กับการศึกษาของ Bhattacharya and Sarkar (1996) ในพื้นที่อ่าวเบงกอล ที่พบว่ามีการปนเปื้อนอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.210 มก./กก. นน.เปียก ซึ่งมีค่าปริมาณปรอทใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3-3 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล กับพื้นที่อื่น

3.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำ

3.3.4.1 ความสัมพันธ์ในสัตว์น้ำแต่ละชนิด

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ในภาพรวมระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำที่สุ่มจับได้จากอ่าวเบงกอลทั้งหมด พบว่าปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและความยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$ (ตาราง 3-5)

ตาราง 3-5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)		
	ปริมาณ Hg	น้ำหนัก	ความยาว
ปริมาณ Hg	1	0.677**	0.690**
น้ำหนัก		1	0.928**
ความยาว			1

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

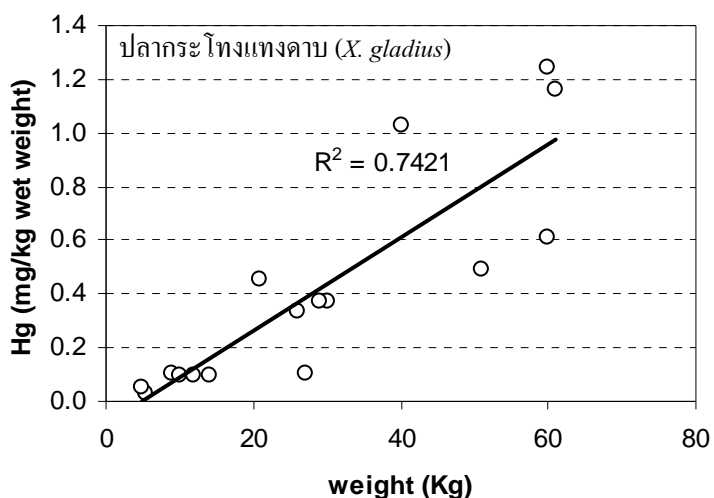
เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติโดยหาค่า p-value ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับน้ำหนักของสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลแยกตามชนิด ปรากฏว่าตัวอย่างสัตว์น้ำส่วนใหญ่จากอ่าวเบงกอลมีจำนวนตัวอย่างในแต่ละชนิดน้อย จึงมีเพียง 4 ชนิด ที่หาความสัมพันธ์ได้ ได้แก่ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*), ปลาโอเกลบ (*A. thazard*), ปลาทูน่าท้องแถบ (*K. pelamis*) และปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) โดยพบว่าทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัมพันธ์กับน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตาราง 3-6 ปลากระโทงแทงดาบมีความสัมพันธ์สูงสุด ($r = 0.861$) ซึ่งแนวโน้มความสัมพันธ์แสดงดังรูปที่ 3-4

ตาราง 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่สุ่มจากอ่าวเบงกอล

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ตัว	p-value*	ค่า r ระหว่างค่าปรอทกับ	
				น้ำหนัก	ความยาว
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนุ	8	0.001	- 0.820	0.045
<i>Auxis thazard</i>	โอเกลบ	12	0.000	0.272	0.105
<i>Caranx tille</i>	กระมง	1	-	-	-
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	ฉลาม silky	3	-	-	-
<i>Carcharhinus falciformis</i>	ฉลามครีบดำ	1	-	- 0.029	0.381
<i>Euthynnus affinis</i>	โอลาย	4	-	0.922	0.610
<i>Katsuwonus pelamis</i>	ทูน่าท้องแถบ	29	0.000	0.367	0.376
<i>Thunnus albacares</i>	ทูน่าครีบเหลือง	2	-	-	-
<i>Thunnus obesus</i>	ทูน่าตาโต	1	-	-	-
Unidentified shark	ฉลาม	1	-	-	-
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	16	0.000	0.861	0.675

- มีตัวอย่างน้อยกว่า 2 ตัว ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05



รูปที่ 3-4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับน้ำหนักสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล

3.3.4.2 ความสัมพันธ์ในภาพรวม

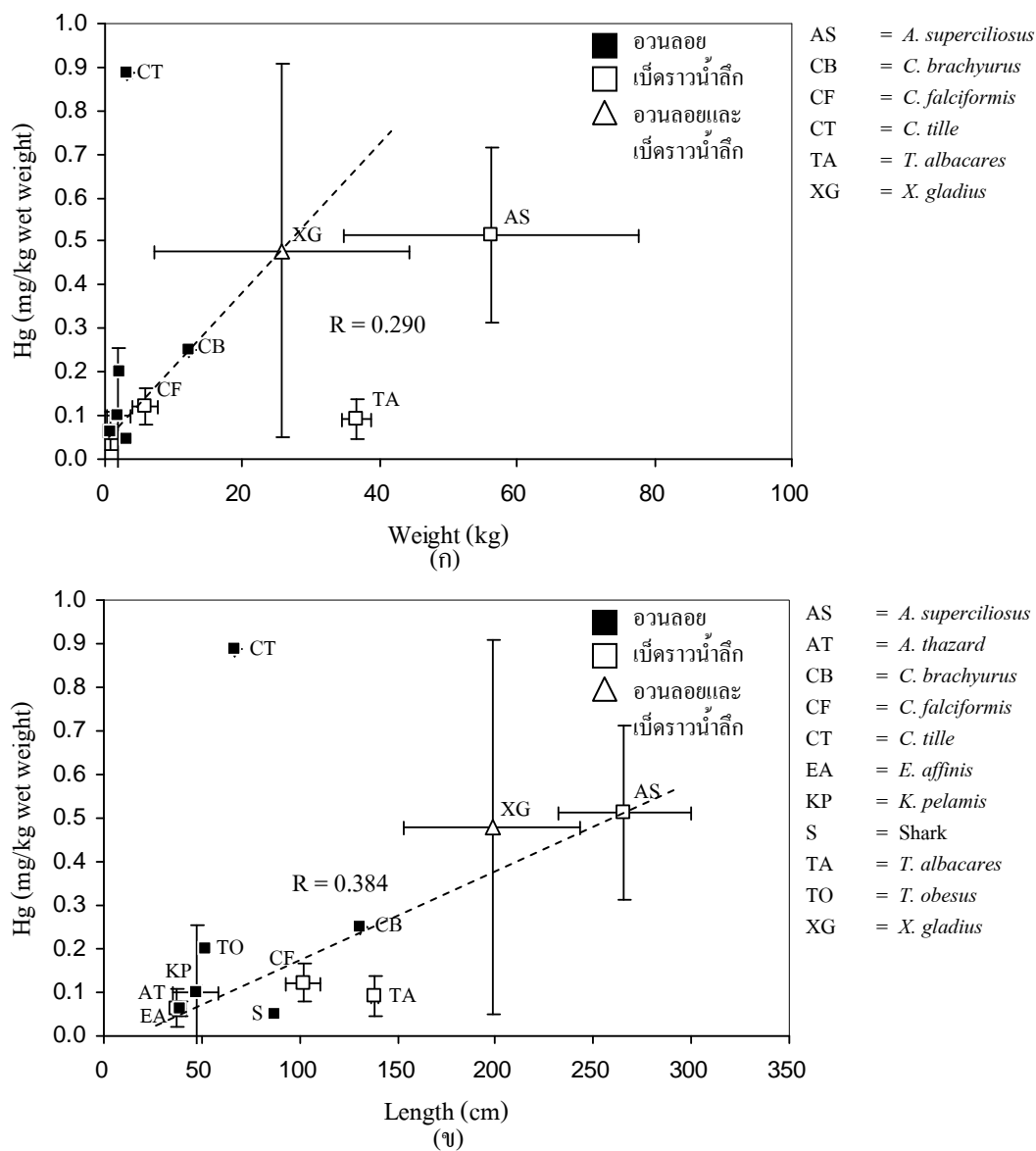
รูปที่ 3-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อเฉลี่ยกับขนาดเฉลี่ยของสัตว์น้ำทุกชนิด พบว่าในภาพรวมระดับปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักและความยาวของสัตว์น้ำ ยกเว้นปลากะมง (*C. tille*) ปลาทุ่นาคีริบเหลือง (*T. albacares*) และปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) สำหรับความสัมพันธ์กับน้ำหนัก และปลากะมง (*C. tille*) สำหรับความสัมพันธ์กับความยาว

3.4 ผลการศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

3.4.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิด

ผลการวิเคราะห์ปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) แสดงไว้ในตาราง ง-7 ภาคผนวก ง และสรุปไว้ในตาราง 3-7 โดยมีค่าปรอทปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.010 – 1.125 มก./กก. นน.เปียก ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน 0.108 ± 0.151 และ 0.067 มก./กก. นน.เปียก

สัตว์น้ำที่มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ปลาน้ำดอกไม้ (*Sphyraena barracuda*) ($n = 1$), ปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) ($n = 4$) และปลากะโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) ($n = 12$) มีค่าเฉลี่ย 0.942, 0.527 ± 0.247 และ 0.431 ± 0.352 มก./กก. นน.เปียก ตามลำดับ ส่วนชนิดที่พบปรอทปนเปื้อนน้อยที่สุด คือ ปลาปากคม (*Saurida elongate*) ($n = 3$) มีค่าเฉลี่ย 0.035 ± 0.004 มก./กก. นน.เปียก



รูปที่ 3-5 รูป (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนกับน้ำหนัก และรูป (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนกับความยาวเฉลี่ย (ข) ของตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล

ตาราง 3-7 ความเข้มข้นปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่จับจากทะเลอันดามัน

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ตัว	มก./กก. น้ำหนักเปียก		
			ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด-สูงสุด	ค่ามัธยฐาน
<i>Alepes djedaba</i>	ลิเก็น	3	0.113 ± 0.086	0.031 – 0.203	0.113
<i>Alopias superciliosus*</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนู	4	0.527 ± 0.247	0.244 – 0.744	0.560
<i>Chrysochir aureus</i>	จวดเขียว	3	0.060 ± 0.007	0.052 – 0.067	0.060
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	ลิ้นหมา	3	0.050 ± 0.007	0.042 – 0.055	0.052
<i>Decapterus russelli</i>	ทูแขก	3	0.093 ± 0.034	0.055 – 0.121	0.102
<i>Drepane punctata</i>	ไบโพธิ์จุด	3	0.107 ± 0.026	0.079 – 0.130	0.112
<i>Ephippus orbis</i>	ไบปอ	3	0.099 ± 0.011	0.088 – 0.110	0.099
<i>Epinephelus coioides</i>	กะรังคอกแดง	2	0.519 ± 0.027	0.500 – 0.539	0.519
<i>Istiophorus platypterus*</i>	กระโทงรม	1	0.463	0.463	0.463
<i>Loligo duvauceli</i>	หมึกกล้วย	9	0.047 ± 0.008	0.037 – 0.057	0.048
<i>Loligo sp.</i>	หมึก	3	0.039 ± 0.026	0.010 – 0.060	0.045
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	ทรายแดง	9	0.071 ± 0.018	0.046 – 0.103	0.068
<i>Nemipterus japonicus</i>	ทรายแดงญี่ปุ่น	24	0.081 ± 0.027	0.055 – 0.153	0.074
<i>Nemipterus peronii</i>	ทรายแดง	3	0.080 ± 0.015	0.065 – 0.095	0.080
<i>Nemipterus spp.</i>	ทรายแดง	6	0.079 ± 0.023	0.039 – 0.107	0.081
<i>Parupeneus spp.</i>	แพะ	18	0.099 ± 0.028	0.059 – 0.166	0.090
<i>Pennahia macrocephalus</i>	จวด	3	0.073 ± 0.056	0.040 – 0.138	0.042
<i>Pennahia anea</i>	จวดขาว	3	0.074 ± 0.019	0.053 – 0.091	0.079
<i>Priacanthus macracanthus</i>	ตาหวานจุดน้ำตาล	38	0.069 ± 0.040	0.026 – 0.208	0.059
<i>Pseudorhombus sp.</i>	ตาเดียว	3	0.109 ± 0.024	0.093 – 0.136	0.098
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	ลิ้ง	3	0.036 ± 0.007	0.028 – 0.042	0.038
<i>Saurida elongata</i>	ปากคม	3	0.035 ± 0.004	0.031 – 0.038	0.035
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคมหางจุด	33	0.052 ± 0.017	0.028 – 0.102	0.046
<i>Saurida sp.</i>	ปากคม	3	0.068 ± 0.051	0.037 – 0.126	0.042
<i>Sphyraena barracuda*</i>	น้ำดอกไม้	1	0.942 ± 0.000	0.942	0.942
<i>Sphyraena forsteri</i>	ซาก	3	0.088 ± 0.045	0.035 – 0.114	0.113
<i>Sphyraena jello</i>	ซาก	3	0.071 ± 0.006	0.066 – 0.078	0.069
<i>Trachinocephalus myops</i>	ปากคมหูดำ	15	0.070 ± 0.023	0.042 – 0.131	0.062
<i>Trichiurus lepturus</i>	ดาบเงินใหญ่	3	0.051 ± 0.006	0.044 – 0.056	0.053
<i>Upeneus moluccensis</i>	หนวดถายี่	3	0.085 ± 0.019	0.064 – 0.099	0.093
<i>Upeneus sp.</i>	หนวดถายี่	3	0.090 ± 0.031	0.054 – 0.108	0.107
<i>Xiphias gladius*</i>	กระโทงแทงดาบ	12	0.431 ± 0.352	0.031 – 1.125	0.352

หมายเหตุ: ตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากเครื่องมือประมงอวนลากหน้าดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็น demersal species ยกเว้น ปลาลิ้ง (*Rastrelliger kanagurta*) และหมึก

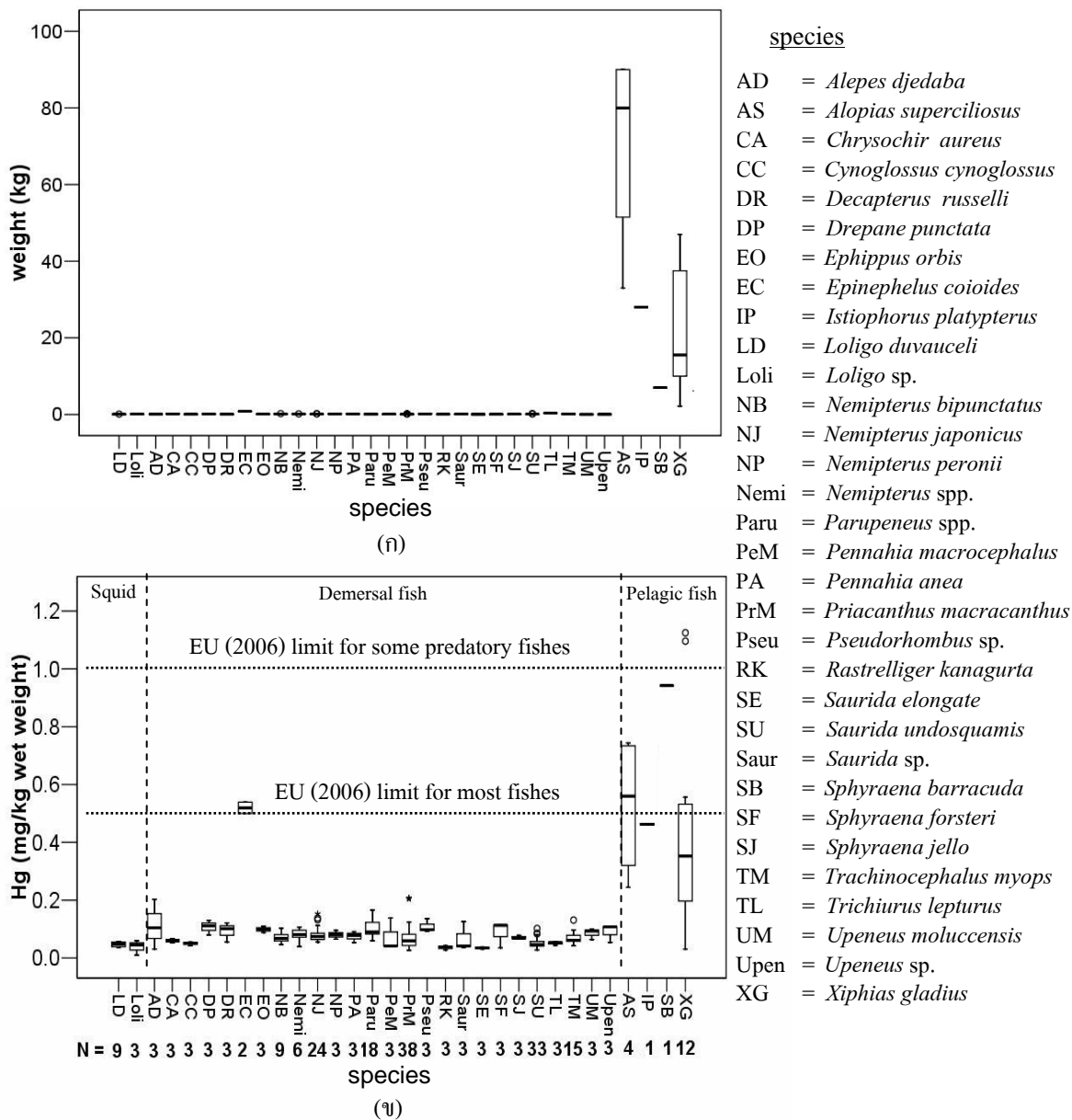
* เป็นตัวอย่างที่ได้จากเครื่องมือประมงประเภทเบ็ดรอน้ำลึก ซึ่งจะเป็น pelagic species

เมื่อเปรียบเทียบปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำทุกชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยแผนภูมิกล่อง (box plot) ดังรูปที่ 3-6 และตาราง 3-7 โดยแบ่งชนิดสัตว์น้ำได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มหมึก กลุ่มปลาหน้าดิน และกลุ่มปลากลางน้ำ พบว่า

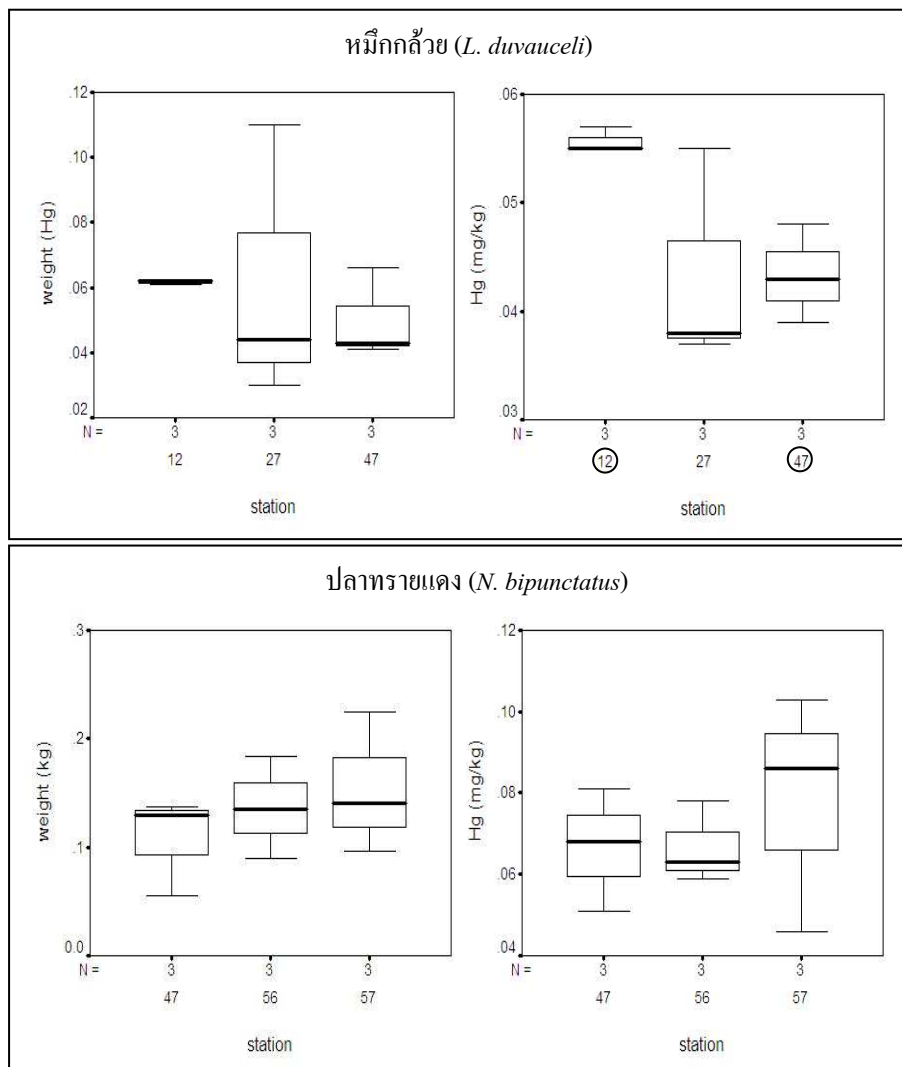
- กลุ่มหมึก (squid) ซึ่งอยู่ในสกุล *Loligo* spp. ได้จากอวนลากหน้าดิน มีปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 0.010 - 0.060 มก./กก. นน.เปียก
- กลุ่มปลาหน้าดิน (demersal fishes) ช่วงและค่าเฉลี่ยของปริมาณปรอทที่พบมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มหมึก โดยอยู่ในช่วง 0.062 – 0.539 มก./กก. นน.เปียก
- กลุ่มปลากลางน้ำ มี 4 ชนิด คือ ฉลามหางยาวหน้าหนุ น้าดอกไม้ กระโทงแทงคาบ และกระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*) ทั้งหมดเป็นปลาที่ได้จากเบ็ดรavnน้ำลึก มีขนาดใหญ่ และมีการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสูงกว่ากลุ่มอื่น โดยพบอยู่ในช่วง 0.031 – 1.125 มก./กก. นน.เปียก

ในการสุ่มตัวอย่างครั้งนี้ มีหลายชนิดที่พบได้ในหลายสถานี ได้แก่ หมึกกล้วย (*Loligo duvauceli*) ปลาทรายแดงญี่ปุ่น (*Nemipterus japonicus*) ปลาทรายแดง (*Nemipterus* spp.) ปลาจวด (*Pennahia macrocephalus*) ปลาแพะ (*Parupeneus* spp.) ปลาตาหวานจุดน้ำตาล (*Priacanthus macracanthus*) ปลาปากคมหางจุด (*Saurida undosquamis*) และปลาปากคมหูดำ (*Trachinocephalus myops*) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่สะสมสัตว์น้ำแต่ละชนิดตามสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่ามีหลายชนิดที่ระดับปรอทที่ปนเปื้อนในตัวอย่างที่ได้จากสถานีใกล้ชายฝั่งมีปริมาณสูงกว่าที่พบในสถานีที่อยู่ห่างจากฝั่งออกไป ได้แก่ หมึกกล้วย ปลาทรายแดง ปลาปากคมหางจุด ปลาแพะ และปลาปากคมหูดำ (รูปที่ 3-7)

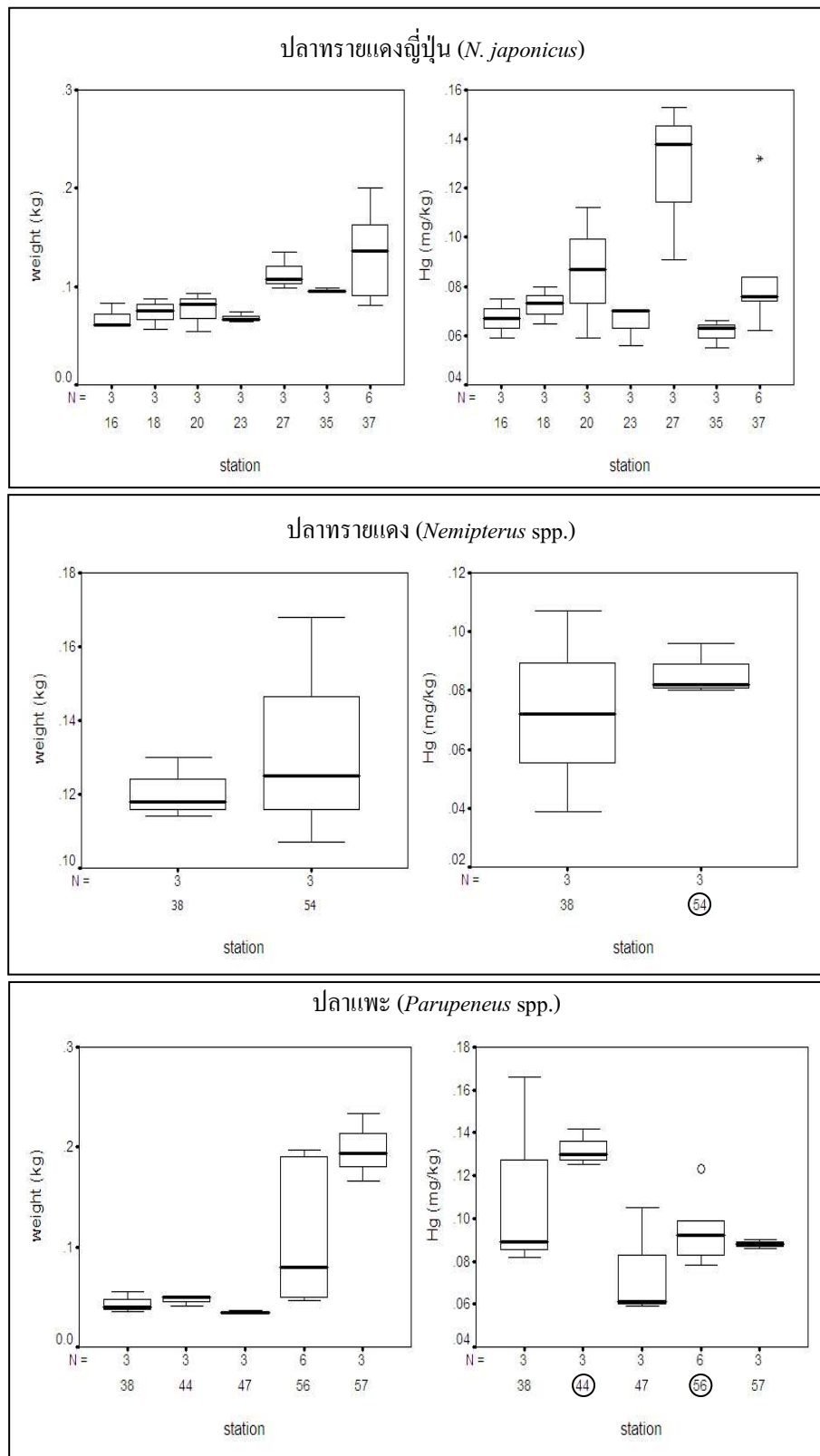
สัตว์น้ำส่วนใหญ่จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) มีปริมาณปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ EU (2006) ยกเว้นแต่ในกลุ่มปลากลางน้ำที่ตรวจพบปรอทปนเปื้อนในปริมาณสูง เนื่องจากกลุ่มนี้เป็นปลานักล่า ว่ายน้ำเร็ว นอกจากนี้ทะเลอันดามันยังมีแหล่งกำเนิดปรอท ได้แก่ ภูเขาไฟ บริเวณหมู่เกาะอันดามัน-นิโคบาร์ และการขุดเจาะทรัพยากรปิโตรเลียมในแหล่งยานาดา (Yanada) (Bhattacharya *et al.*, 1993) ที่อาจมีการปลดปล่อยปรอทออกมาปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมและสัตว์น้ำ และยังมีแหล่งกำเนิดจากแผ่นดินซึ่งห้อมล้อมทะเลอันดามันอยู่ โดยมาจากกิจกรรมของมนุษย์ (กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2530; Berlin *et al.*, 2007) เช่น น้ำเสียที่มีปรอทปนเปื้อน หรือปรอทที่พัดพามาทางบรรยากาศ แล้วปนเปื้อนลงสู่ทะเลอันดามัน



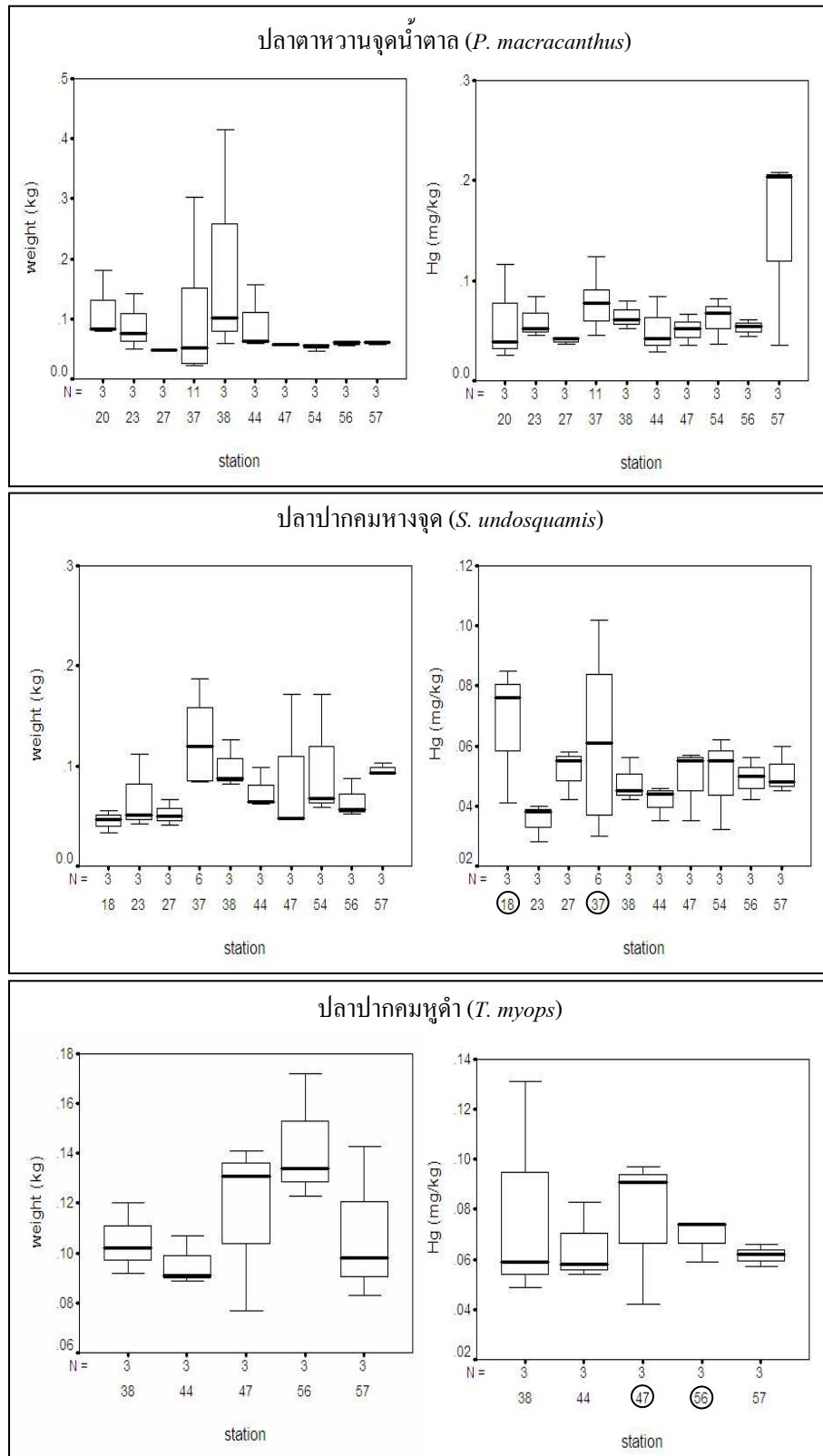
รูปที่ 3-6 รูป (ก) ช่วงน้ำหนัก และรูป (ข) ช่วงปริมาณปรอท ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดต่างๆ จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยที่หมึก (squid) และปลาหน้าดิน (demersal fish) ได้จากอวนลากหน้าดิน และปลากลางน้ำ (pelagic fish) ได้จากเบ็ดราวน้ำลึก [เส้นตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]



รูปที่ 3-7 เปรียบเทียบปริมาณปรอทและน้ำหนักในสัตว์น้ำแต่ละชนิดในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำในทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยที่สถานีที่มีวงกลมเป็นสถานีที่อยู่ใกล้ชายฝั่งและมีปริมาณปรอทปนเปื้อนสูงในสัตว์น้ำชนิดนั้น [เส้นหนาดตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]



รูปที่ 3-7 (ต่อ)



รูปที่ 3-7 (ต่อ)

3.4.2 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับค่ามาตรฐาน

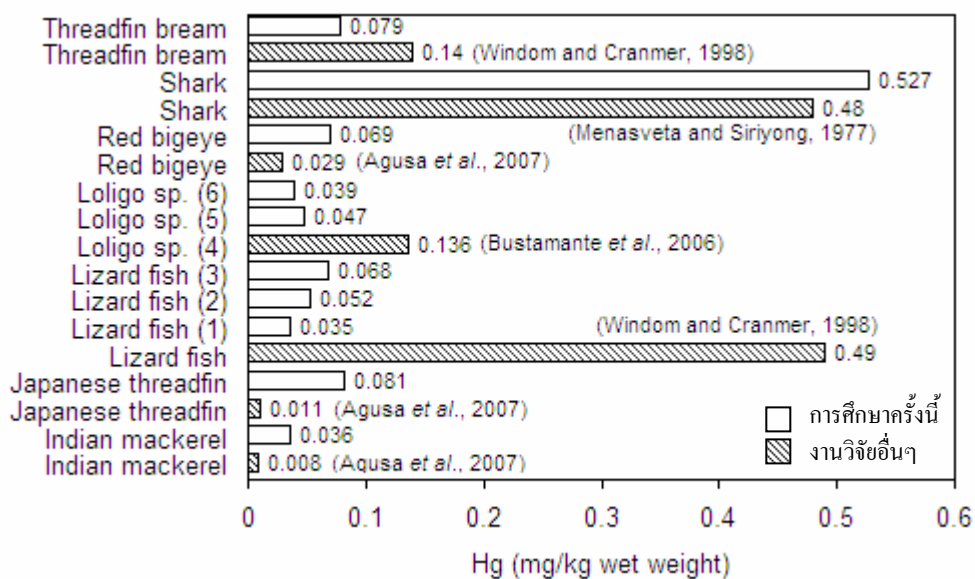
ระดับการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) เกือบทั้งหมด มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ EU (2006) กำหนด โดยพบว่าในสัตว์น้ำทั้ง 3 กลุ่มนั้น ตัวอย่างทั้งหมดในกลุ่มหมึกมีค่าปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ EU (2006) กล่าวคือ ไม่เกิน 0.5 มก./กก.

กลุ่มปลาหน้าดินมีค่าปรอทอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน ยกเว้นปลากะรังดอกแดง (*Epinephelus coioides*) ที่มีปรอทปนเปื้อนเกินเกณฑ์มาตรฐานเล็กน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยปรอทเท่ากับ 0.519 ± 0.027 มก./กก. นน.เป็ยก (รูปที่ 3-6) ปลากะรังดอกแดงทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปรอทปนเปื้อนใกล้เคียงกัน คือ 0.500 และ 0.539 มก./กก. นน.เป็ยก ปลากะรังดอกแดงกินปลาและสัตว์น้ำเป็นอาหาร (ภาคผนวก จ) และตัวอย่างที่สุ่มจับได้ทั้ง 2 มีขนาดใกล้เคียงกันซึ่งอาจเป็นปลาที่อยู่ในช่วงเต็มวัย เมื่อเทียบกับขนาดที่มีการบันทึกไว้ใน fishbase (Froese and Pauly, 2009) ซึ่งทำให้มีระยะเวลาในการได้รับปรอทนานทำให้มีปริมาณที่สะสมสูง อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่สุ่มจับได้มีเพียง 2 ตัวอย่าง จึงไม่อาจสรุปได้ชัดเจนว่าของปลากะรังดอกแดงเป็นสัตว์น้ำชนิดที่มีปริมาณปรอทปนเปื้อนสูง

สำหรับกลุ่มปลากลางน้ำ ซึ่งทุกชนิดเป็นปลานักล่า มีค่าเฉลี่ยปรอทของแต่ละชนิดต่ำกว่าเกณฑ์ 1.0 มก./กก. ของ EU (2006) ยกเว้นปลากะโทงแทงดาบ 2 ตัวจาก 12 ตัว ที่มีค่าปรอทเกิน 1.0 มก./กก. นน.เป็ยก (รูปที่ 3-6)

3.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำกับพื้นที่อื่นๆ

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่นพบว่า สัตว์น้ำส่วนใหญ่มีระดับปรอทปนเปื้อนต่ำกว่าสัตว์น้ำในพื้นที่อื่น ยกเว้นปลาดาทาหวานจุดน้ำตาล (*Priacanthus macracanthus*) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ย 0.069 ± 0.040 มก./กก. นน.เป็ยก ซึ่งสูงกว่าที่พบในปลาดาทาหวาน (red bigeye) จากอินโดนีเซีย ซึ่งมีปรอทเท่ากับ 0.029 มก./กก. นน.เป็ยก (Agusa et al., 2007) ปลาลามหางยาวหน้าหนูในการศึกษานี้มีปริมาณปรอท 0.527 ± 0.247 (0.244 – 0.744) มก./กก. นน.เป็ยก สูงกว่าในปลาลาม 4 ชนิด จากทะเลอันดามันที่รายงานโดย Menasveta and Siriyong (1977) ว่ามีปรอทปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.057 – 0.478 มก./กก. นน. เป็ยก (รูปที่ 3-8)



รูปที่ 3-8 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) กับพื้นที่อื่น

โดยที่ 1 = ปลาปากคม (*Saurida elongate*) 2 = ปลาปากคมหางจุด (*Saurida undosquamis*) 3 = ปลาปากคม (*Saurida* sp.) 4 = หมึกกล้วย (*Loligo forbesi*) 5 = หมึกกล้วย (*Loligo duvauceli*) และ 6 = หมึก (*Loligo* sp.)

3.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำ

3.4.4.1 ความสัมพันธ์ในสัตว์น้ำแต่ละชนิด

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ในภาพรวมระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของตัวอย่างสัตว์น้ำที่สุ่มจับได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ทั้งหมด พบว่าปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและความยาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.01$ (ตาราง 3-8)

ตาราง 3-8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล โดยใช้โปรแกรม SPSS version 11.0

	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)		
	ปริมาณ Hg	น้ำหนัก	ความยาว
ปริมาณ Hg	1	0.656**	0.746**
น้ำหนัก		1	0.896**
ความยาว			1

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

เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทางสถิติโดยหาค่า p-value ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับน้ำหนักของตัวอย่างสัตว์น้ำที่สุ่มจับได้จากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) แยกตามชนิดตัวอย่างสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีจำนวนในแต่ละชนิดน้อย จึงมีเพียง 9 ชนิด ที่หาความสัมพันธ์ได้ ได้แก่ หมึกกล้วย (*L. devaucteli*), ปลาทรายแดง (*N. bipunctatus*), ปลาทรายแดงญี่ปุ่น (*N. japonicus*), ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*), ปลาแพะ (*Parupeneus spp.*), ปลาทาหวานจุดน้ำตาล (*P. macracanthus*), ปลาปากคมหางจุด (*S. undosquamis*), ปลาปากคมหูดำ (*T. myops*) และ ปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) โดยพบว่ามี 5 ชนิด จาก 9 ชนิด ที่ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัมพันธ์กับขนาดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่า r ถึงระดับความสัมพันธ์ พบว่ามีความสัมพันธ์ค่อนข้างน้อย ดังตาราง 3-9

3.4.4.2 ความสัมพันธ์ในภาพรวม

รูปที่ 3-9 และรูปที่ 3-10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อ กับน้ำหนักเฉลี่ยและความยาวทั้งหมดเฉลี่ยของสัตว์น้ำตามลำดับ โดยทุกชนิดมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาตามประเภทของเครื่องมือประมงที่ใช้เก็บตัวอย่าง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับปรอทกับน้ำหนักสัตว์น้ำที่จับด้วยอวนลากหน้าดิน มีค่าเกาะกลุ่มใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 3-9 เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับความยาวของสัตว์น้ำ ดังรูปที่ 3-10 มีเพียงปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*) และปลาดาบเงินใหญ่ (*T. lepturus*) ที่แยกออกจากกลุ่ม ส่วนสัตว์น้ำที่จับด้วยเบ็ดราวน้ำลึกส่วนใหญ่ระดับปรอทกับน้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์น้ำมีแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นไปในลักษณะเดียวกัน เช่นเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างระดับปรอทกับความยาวเฉลี่ย ยกเว้นปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) ซึ่งข้อมูลจะแยกออกจากกลุ่ม

3.5 การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยในการบริโภค

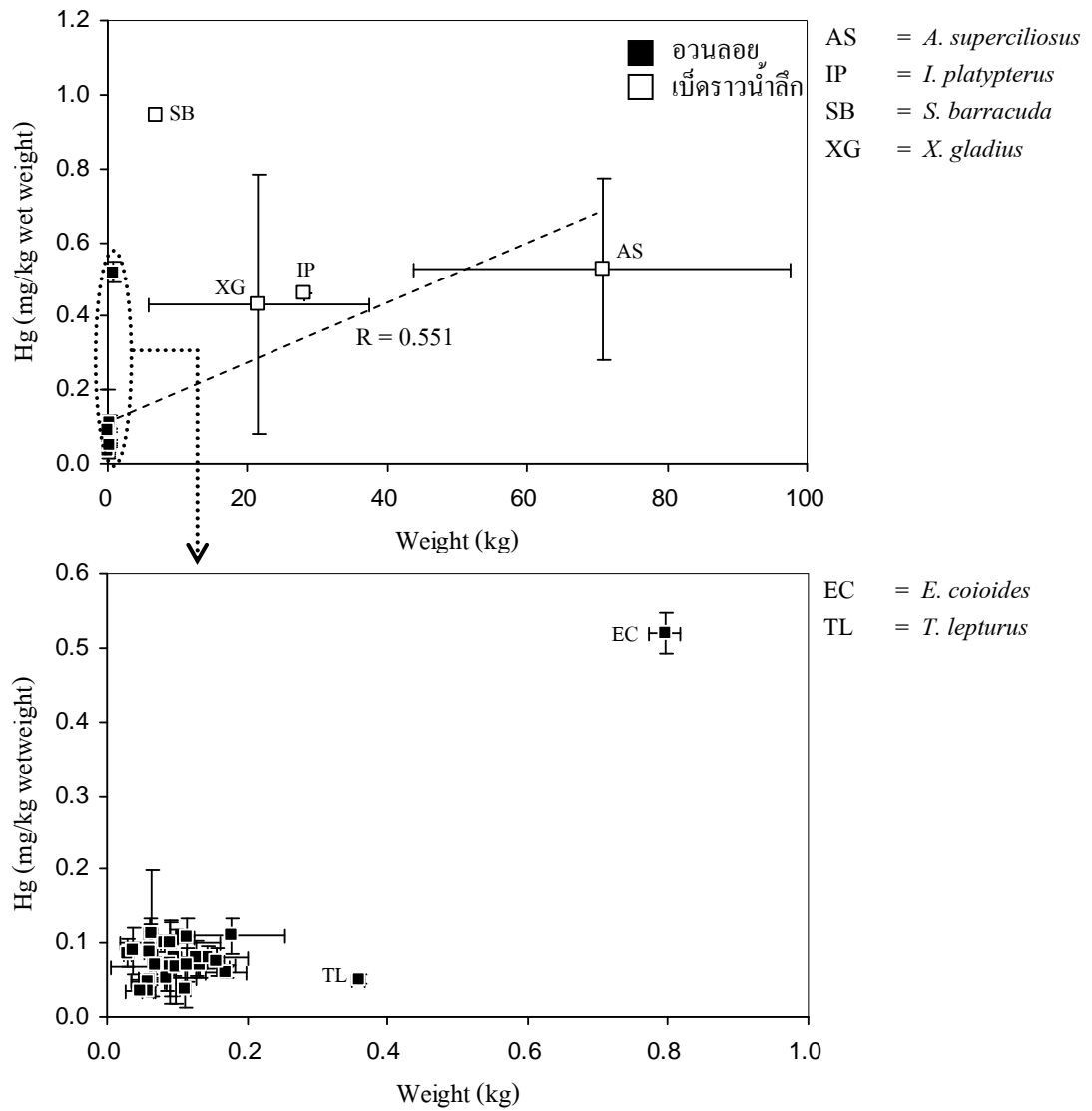
ความเสี่ยงจากพิษของปรอทในอาหารนั้น ประเมินได้จากค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย หรือ Hazard Quotient (HQ) ตามสมการ 2-1 ในบทที่ 2 ซึ่งหาได้จากปริมาณปรอทที่ผู้บริโภคได้รับต่อวัน (average mercury daily intake) จากอาหารที่รับประทาน หาค่าด้วยค่า Reference dose for chronic oral exposure (Rfd) ดังสมการ 2-2 ในบทที่ 2 (Kofi, 2002; พงษ์เทพวิวรรณเดชะ, 2547) โดยที่ค่า Rfd สำหรับปรอท เท่ากับ 0.1 มก./กก./วัน (EPA, 2005) ถ้าค่า $HQ < 1$ แสดงว่า การบริโภคเป็นเวลานานไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่หากค่า $HQ > 1$ แสดงว่าหากบริโภคเป็นเวลานานจะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

ตาราง 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนกับขนาดของสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่สุ่มจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

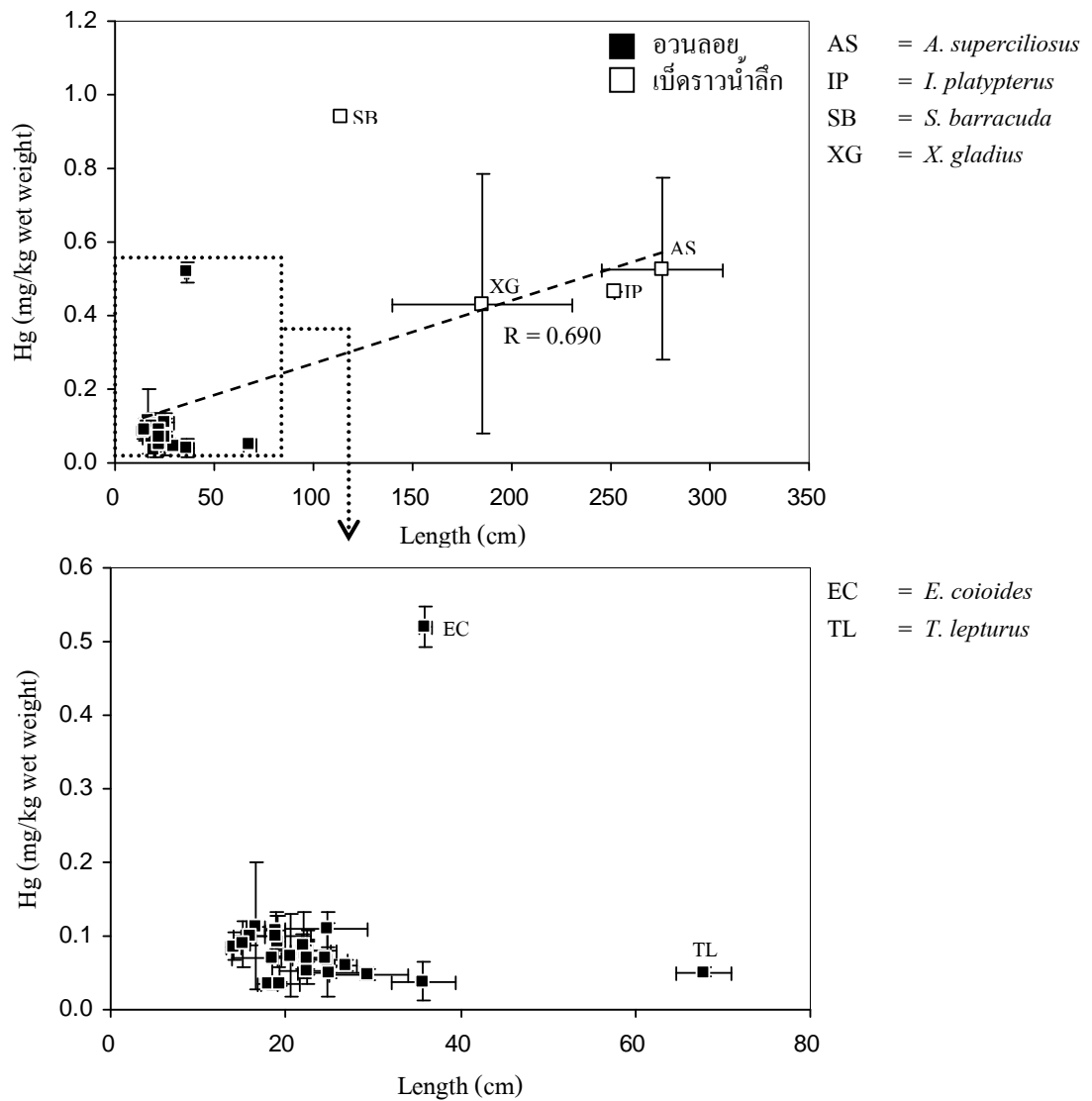
ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ตัว	ค่า p-value*	ค่า r ระหว่างค่าปรอทเฉลี่ยกับ	
				น้ำหนัก	ความยาว
<i>Alepes djedaba</i>	สีถิ่น	3	-	0.872	0.907
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนู	4	-	0.592	0.775
<i>Chrysochir aureus</i>	จวดเขียว	3	-	0.287	0.401
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	ลิ้นหมา	3	-	0.310	0.252
<i>Decapterus russelli</i>	ทูแฉก	3	-	- 0.683	- 0.176
<i>Drepane punctata</i>	ไบโพธิ์จุด	3	-	0.328	0.426
<i>Ephippus orbis</i>	ไบปอ	3	-	0.524	0.762
<i>Epinephelus coioides</i>	กะรังคอกแดง	2	-	1.000	1.000
<i>Istiophorus platypterus</i>	กระโทงร่ม	1	-	-	-
<i>Loligo devauceli</i>	หมึกกล้วย	9	0.656	- 0.361	- 0.828
<i>Loligo sp.</i>	หมึก	3	-	0.547	0.626
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	ทรายแดง	9	0.012	0.243	0.397
<i>Nemipterus japonicus</i>	ทรายแดงญี่ปุ่น	24	0.061	0.485	0.117
<i>Nemipterus peronii</i>	ทรายแดง	3	-	- 0.374	- 0.490
<i>Nemipterus spp.</i>	ทรายแดง	6	0.006	0.450	0.475
<i>Parupeneus spp.</i>	แพะ	18	0.714	- 0.216	- 0.107
<i>Pennahia macrocephalus</i>	จวด	3	-	0.822	0.934
<i>Pennahia anea</i>	จวดขาว	3	-	0.679	0.197
<i>Priacanthus macracanthus</i>	ตาหวานจุดน้ำตาล	38	0.171	0.166	0.126
<i>Pseudorhombus sp.</i>	ตาเดียว	3	-	0.967	0.983
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	ลั้ง	3	-	- 0.197	- 0.667
<i>Saurida elongata</i>	ปากคม	3	-	0.748	0.832
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคมหางจุด	33	0.000	0.417	0.371
<i>Saurida sp.</i>	ปากคม	3	-	0.818	0.826
<i>Sphyraena barracuda</i>	น้ำดอกไม้	1	-	-	-
<i>Sphyraena forsteri</i>	สาก	3	-	- 0.952	- 0.931
<i>Sphyraena jello</i>	สาก	3	-	0.065	- 0.268
<i>Trachinocephalus myops</i>	ปากคมหูดำ	15	0.000	0.467	0.591
<i>Trichiurus lepturus</i>	ดาบเงินใหญ่	3	-	0.414	0.441
<i>Upeneus moluccensis</i>	หนวดถายี่	3	-	0.423	0.301
<i>Upeneus sp.</i>	หนวดถายี่	3	-	0.238	0.745
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	12	0.001	0.444	0.583

- มีตัวอย่างน้อยกว่า 2 ตัว ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05



รูปที่ 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาณปรอทเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำชนิดต่างๆจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)



รูปที่ 3-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวทั้งหมดเฉลี่ยกับความเข้มข้นของปรอทเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

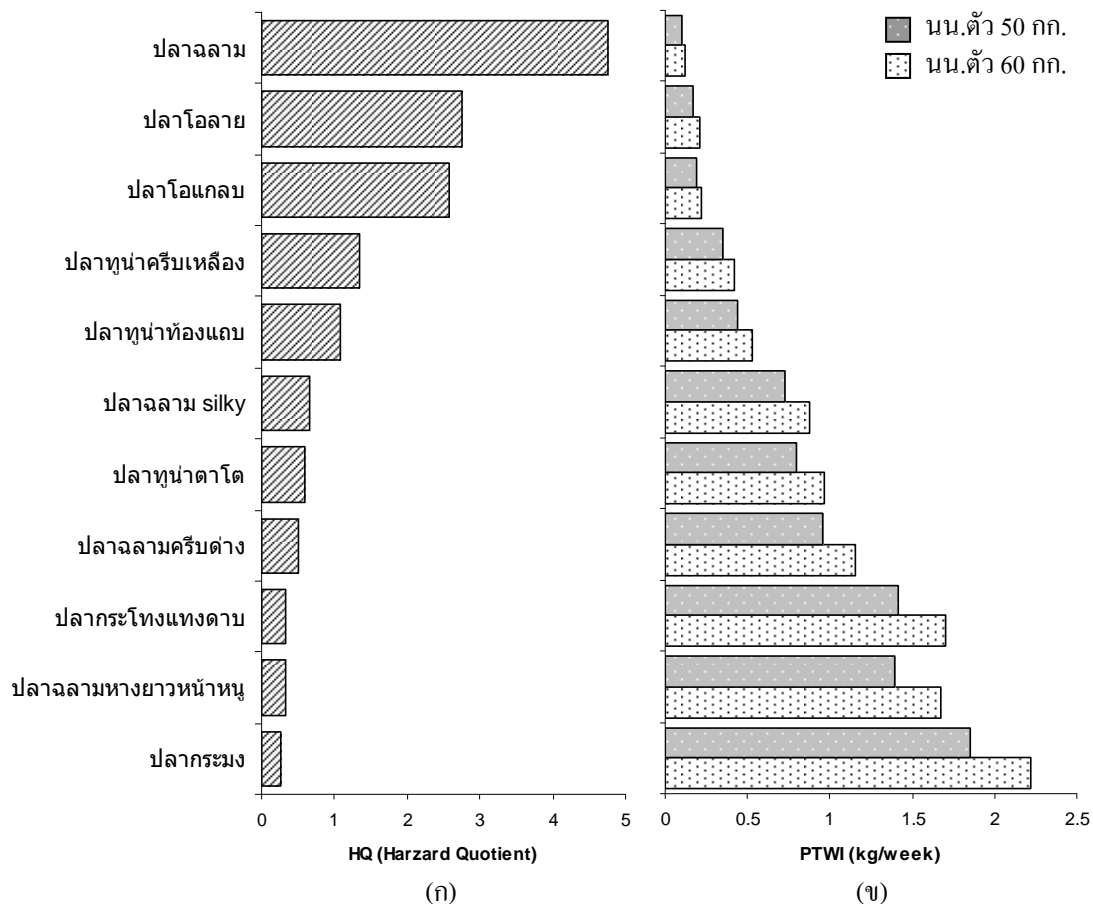
สำหรับการบริโภคอย่างปลอดภัยนั้น องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่า Provisional Tolerate-Weekly Intake (PTWI) หรือปริมาณปรอทที่ร่างกายสามารถได้รับในแต่ละสัปดาห์ สำหรับปรอท WHO กำหนดไว้ว่าไม่ควรได้รับปรอทในรูปของปรอทอินทรีย์เกิน 3.3 มก./กก. นน.ตัวผู้บริโภค ต่อสัปดาห์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2546 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ/องค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) ได้ปรับลดค่า PTWI เป็น 1.6 มก./กก. นน.ตัวผู้บริโภค ต่อสัปดาห์ สำหรับสตรีมีครรภ์และเด็ก ส่วนในผู้ใหญ่อาจรับได้มากกว่านี้ (JECFA, 2006) ในการคำนวณปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ได้ประมาณว่า 90% ของปรอทที่ปนเปื้อนในปลาอยู่ในรูปของปรอทอินทรีย์ (Windom and Cranmer, 1998; Burger and Gochfeld, 2005; Voegborlo and Akagi, 2007; Clark *et al.*, 2001; Dusek *et al.*, 2005) วิธีการคำนวณค่าความเสี่ยงและค่าความปลอดภัยในการบริโภค แสดงตัวอย่างการคำนวณอย่างละเอียดในภาคผนวก ข

3.5.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล

ปลาจากอ่าวเบงกอล 11 ชนิด พบว่ามี 5 ชนิด ที่มีค่า HQ > 1 ได้แก่ ปลากระมง (*C.tille*) ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (*A. superciliosus*) ปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ปลาฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) และปลาทูนาคาโต (*T. obesus*) โดยมี HQ เท่ากับ 4.76, 2.76, 2.57, 1.35 และ 1.08 ตามลำดับ (รูปที่ 3-11ก)

สำหรับค่า PTWI หรือปริมาณที่ปลอดภัยต่อการบริโภคปลากระมง ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู ปลากระโทงแทงดาบ ปลาฉลามครีบดำ และปลาทูนาคาโต อยู่ที่ 0.12, 0.21, 0.22, 0.42 และ 0.53 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับคนทั่วไปที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก. (EPA, 2005) และสำหรับชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 50 กก. (Agusa *et al.*, 2007) ไม่ควรบริโภคเกิน 0.10 0.17, 0.19, 0.35 และ 0.44 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ (รูปที่ 3-11ข)

ปลาทั้ง 5 ชนิด เป็นปลานักล่าที่มีขนาดใหญ่ ส่วนในสัตว์น้ำชนิดอื่นจากอ่าวเบงกอล สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย ดังนั้นจึงไม่ควรบริโภคสัตว์น้ำที่เป็นปลานักล่าและที่มีขนาดใหญ่ในปริมาณมากและบริโภคอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน

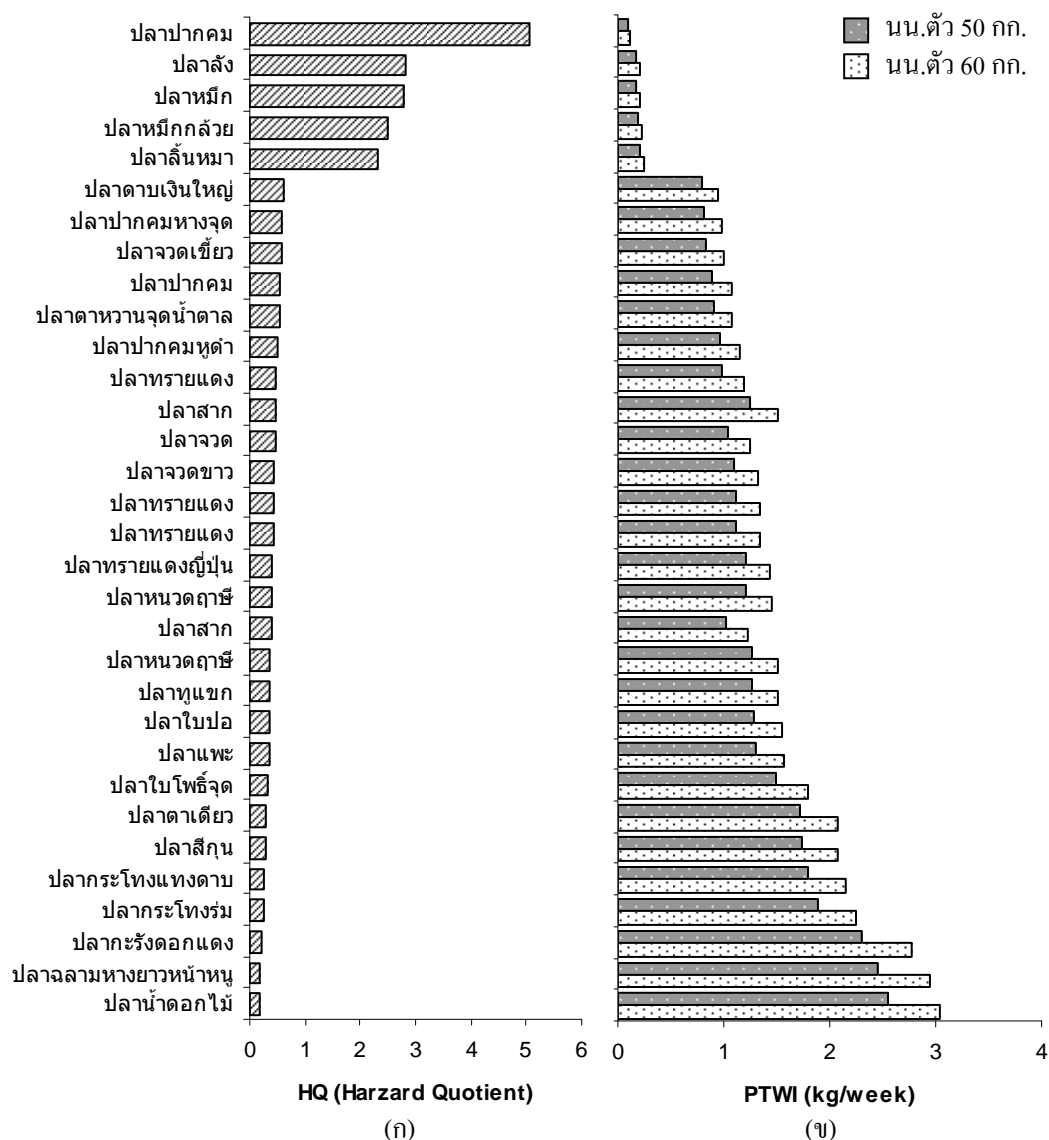


รูปที่ 3-11 (ก) ค่าความเสี่ยง (HQ) และ (ข) ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค (PTWI) สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. และ 60 กก. สำหรับปลาจากอ่าวเบงกอล 11 ชนิด

3.5.2 ความเสี่ยงในการบริโภคสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

สัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) 32 ชนิด พบว่ามี 5 ชนิด ที่มีค่า $HQ > 1$ ได้แก่ ปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (*A. superciliosus*) ปลากระริงดอกแดง (*E. coioides*) ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) และปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) โดยมีค่า HQ เท่ากับ 5.06, 2.83, 2.79, 2.49 และ 2.32 ตามลำดับ (รูปที่ 3-12ก)

สำหรับค่า PTWI หรือปริมาณที่ปลอดภัยต่อการบริโภคปลาน้ำดอกไม้ ปลาฉลาม หางยาวหน้าหนู ปลากระรังดอกแดง ปลากระโทงร่ม และปลากระโทงแทงดาบ อยู่ที่ 0.11, 0.20, 0.21, 0.23 และ 0.25 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ สำหรับคนทั่วไปที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก. (EPA, 2005) สำหรับชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 50 กก. (Agusa *et al.*, 2007) ไม่ควรบริโภคเกิน 0.09, 0.17, 0.17, 0.19 และ 0.21 กก./สัปดาห์ ตามลำดับ (รูปที่ 3-12)



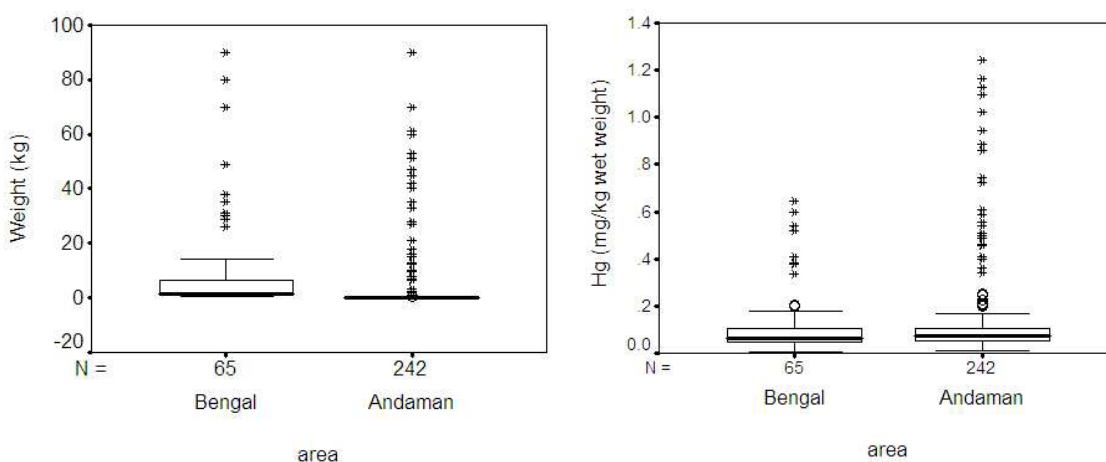
รูปที่ 3-12 (ก) ค่าความเสี่ยง (HQ) และ (ข) ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค (PTWI) สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. และ 60 กก. สำหรับปลาจากอ่าวเบงกอล 32 ชนิด

3.6 การเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน

เนื่องจากพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ มีการซ้อนทับกัน คือ พื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งทะเลอันดามัน ดังนั้น จึงได้รวมพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล กับน่านน้ำพม่า และนำระดับปรอทที่มีในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในพื้นที่ดังกล่าว มาเปรียบเทียบกับระดับปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากพื้นที่ที่เหลือของอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B)

3.6.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ

ปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อปลา 65 ตัวอย่าง จากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) มีค่าอยู่ในช่วง 0.005 - 0.647 มก./กก. นน.เปียก (ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน 0.128 ± 0.151 และ 0.061 มก./กก. นน.เปียก) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับที่พบในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ 242 ตัวอย่าง จากทะเลอันดามัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.010 - 1.245 มก./กก. นน.เปียก (ค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐาน 0.136 ± 0.206 และ 0.071 มก./กก. นน.เปียก) ดังรูปที่ 3-13 (ภาคผนวก จ ข้อ 2.2)



รูปที่ 3-13 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า

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

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติของปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) ระหว่างอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน ที่มีค่าเฉลี่ย 0.444 ± 0.157 และ 0.593 ± 0.234 มก./กก. นน.เป็ยก ตามลำดับ พบว่าระดับปรอทในเนื้อเยื่อ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก จ ข้อ 2.2.1) ทั้งนี้เห็นได้จากขนาดของปลาฉลามหางยาวหน้าหนุที่อยู่ในช่วงเดียวกัน (รูปที่ 3-14)

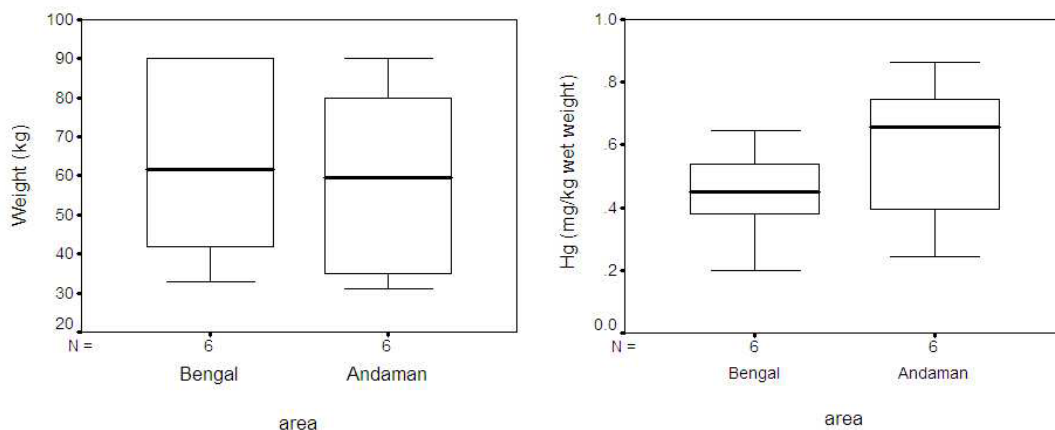
สำหรับปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน ที่มีค่าเฉลี่ย 0.173 ± 0.145 และ 0.540 ± 0.397 มก./กก. นน.เป็ยก ตามลำดับพบว่าระดับปรอทในเนื้อเยื่อ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก จ ข้อ 2.2.2) โดยปลากระโทงแทงดาบจากทะเลอันดามันมีปรอทสูงกว่า อย่างไรก็ตาม ใข้ ไรก็ดี ขนาดของตัวอย่างปลาที่จับได้ในทะเลอันดามัน มีขนาดใหญ่กว่า ดังรูปที่ 3-15

เมื่อเปรียบเทียบระดับปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน ตามประเภทเครื่องมือประมงที่ใช้ มีอวนลอย (drift gillnet) และเบ็ดรavnน้ำลึก (pelagic longline) เป็นเครื่องมือที่ใช้เหมือนกัน จากแผนภูมิกล่องในรูปที่ 3-16 จะเห็นว่าค่ามัธยฐานของปริมาณปรอทในสัตว์น้ำที่จับด้วยอวนลอยและเบ็ดรavnน้ำลึก จากทะเลอันดามันสูงกว่าที่มีในปลาจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และจากการทดสอบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก จ ข้อ 2.3.1 และ 2.3.2)

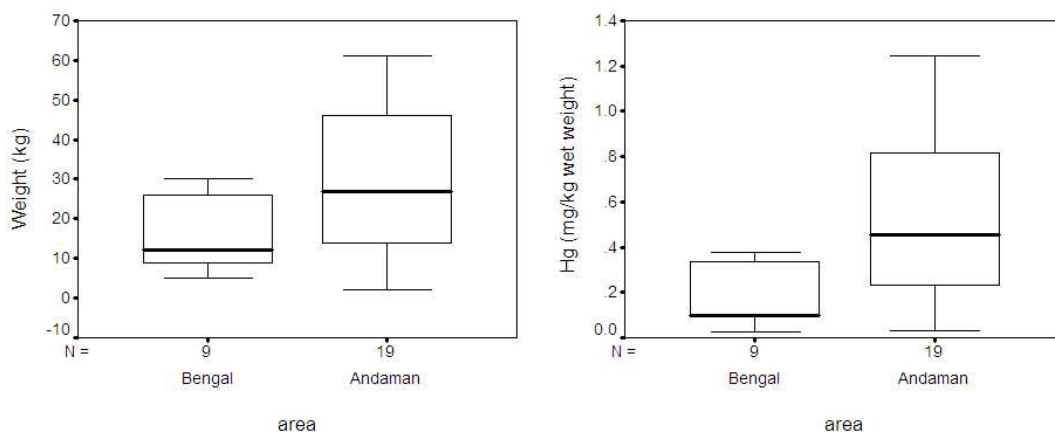
จากรูปที่ 3-16 และผลทดสอบทางสถิติ ผลของความแตกต่างของระดับปรอทที่เกิดขึ้น น่าจะเนื่องมาจากขนาดของสัตว์น้ำจากทะเลอันดามันมีขนาดใหญ่กว่าที่จับได้จากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) สัตว์น้ำที่จับโดยอวนลอยและเบ็ดรavnน้ำลึก เป็นพวกปลากลางน้ำ ซึ่งเดินทางหากินเป็นระยะทางไกล ดังนั้นขนาดของสัตว์น้ำจึงขึ้นกับแหล่งอาหาร

3.6.2 ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดสัตว์น้ำ

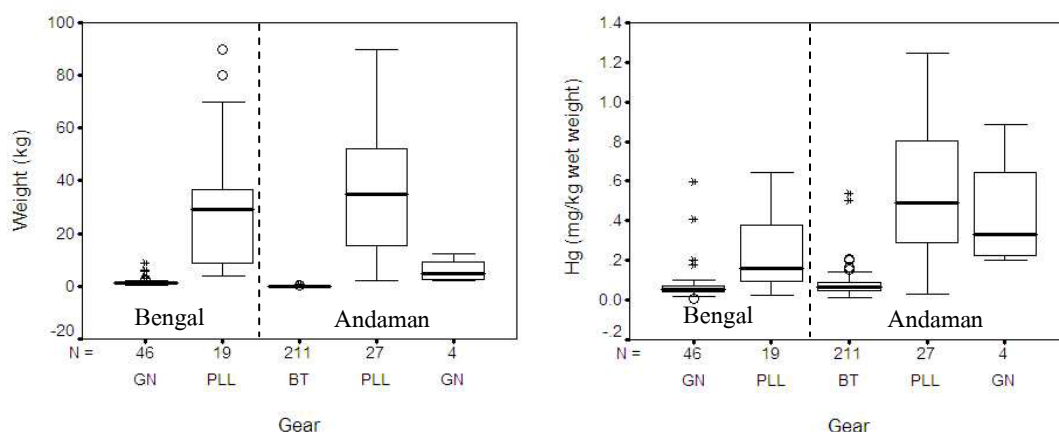
เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับขนาดสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน จากรูปที่ 3-17 จะเห็นการกระจายกลุ่มสัตว์น้ำจะเห็นว่าปริมาณปรอทเฉลี่ยเมื่อเทียบกับน้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์น้ำในกลุ่มปลากลางน้ำ มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน ส่วนสัตว์น้ำกลุ่มปลาหน้าดินซึ่งจับจากทะเลอันดามัน มีน้ำหนักและปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อใกล้เคียงกัน ในกรณีความสัมพันธ์ของปริมาณปรอทและความยาวของสัตว์น้ำแต่ละชนิดพบว่าเส้นแนวโน้มของทั้ง 2 พื้นที่ ก็เป็นไปในรูปแบบเดียวกับน้ำหนัก (รูปที่ 3-18)



รูปที่ 3-14 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) จากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า [เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

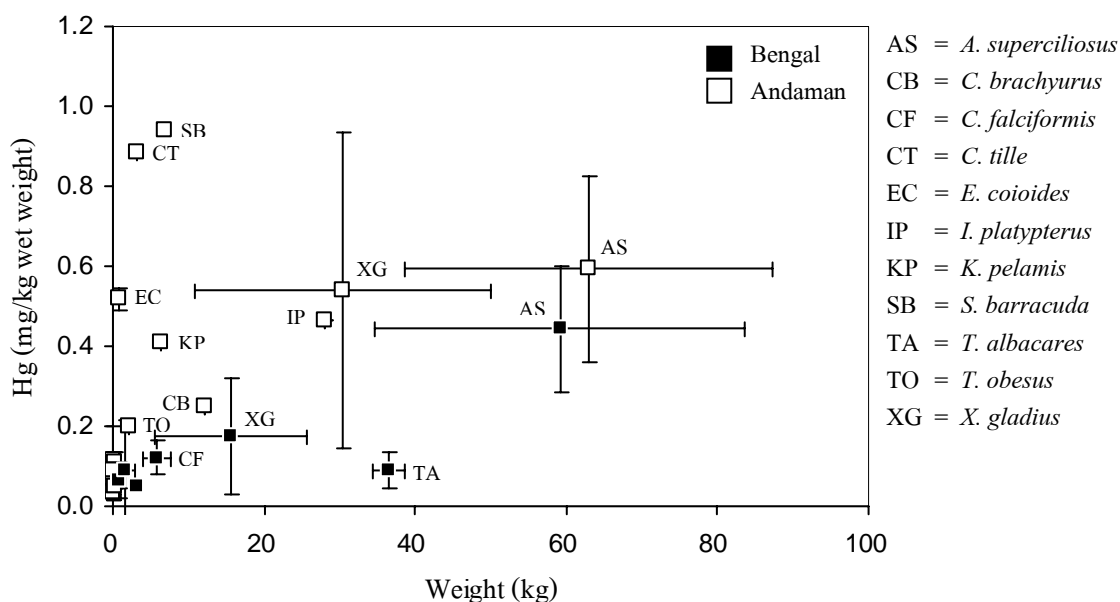


รูปที่ 3-15 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า [เส้นหนาตรงกลางกล่องแสดงค่ามัธยฐาน, เส้นล่างของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25, เส้นบนของกล่องแสดงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75, เครื่องหมายวงกลมเปิด (o) แสดงข้อมูลที่มีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 3 เท่าของความกว้างของกล่อง, เครื่องหมายดอกจัน (*) แสดงข้อมูลที่มีค่ามากกว่า 3 เท่าของความกว้างของกล่อง]

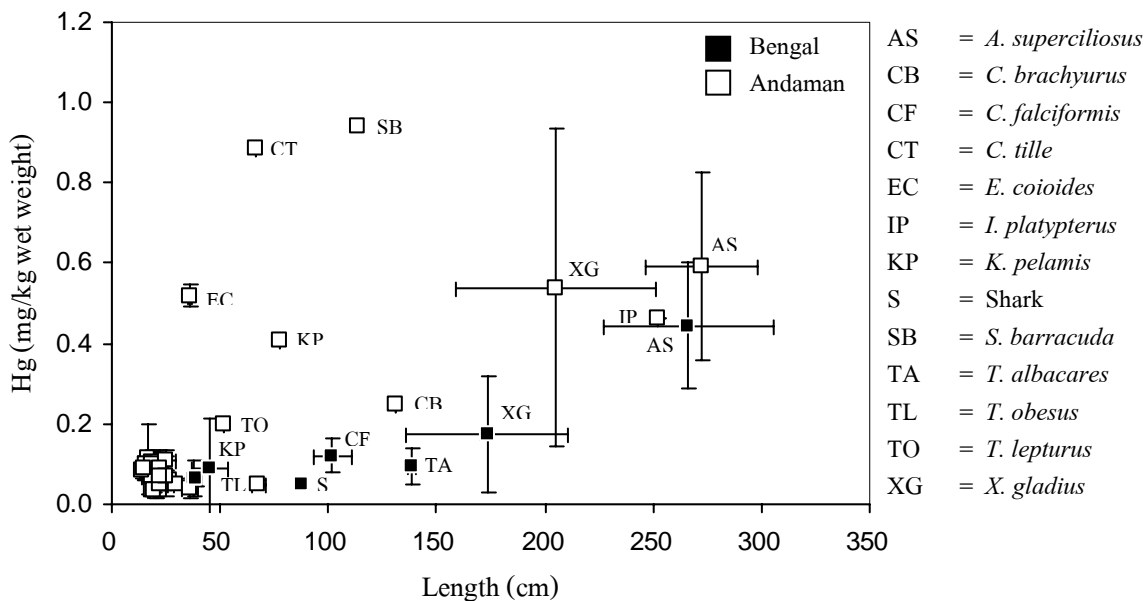


รูปที่ 3-16 ปริมาณปรอทเฉลี่ยที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากพื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล (ทะเลอันดามัน) และทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า ตามประเภทเครื่องมือประมง (GN = อวนลอย, PLL = เบ็ดร่อนน้ำลึก, BT = อวนลากหน้าดิน)

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



รูปที่ 3-17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยกับน้ำหนักเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดระหว่างพื้นที่ C ในอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)



รูปที่ 3-18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทเฉลี่ยกับความยาวเฉลี่ยของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิดระหว่างพื้นที่ C ในอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

3.6.3 ความเสี่ยงและปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

จากค่า HQ ของสัตว์น้ำแต่ละชนิด จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน พบว่าส่วนใหญ่ยังมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่าการบริโภคสัตว์น้ำส่วนใหญ่ยังไม่มีความเสี่ยงต่อการได้รับปรอท

สำหรับสัตว์น้ำที่มีค่า HQ > 1 ซึ่งเป็นชนิดที่มีความเสี่ยงในการบริโภค โดยสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน มี 8 ชนิด คือ ปลากระมง (*C.tille*) ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (*A. superciliosus*) ปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ปลาฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) ปลาทูน่าตาโต (*T. obesus*) ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) ปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) และปลากะรังดอกแดง (*E. coioides*)

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำชนิดที่มีความเสี่ยง (ค่า HQ > 1) เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ EU (2006) พบว่าเกือบทุกชนิด ก็ยังมีค่าปรอทปนเปื้อนในเนื้อเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการการยุโรป (EU, 2006) ยกเว้น ปลากระมงและปลากะรังดอกแดง ที่มีปรอทเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำที่สุ่มจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) พบว่า ส่วนใหญ่ยังมีการปนเปื้อนของปรอทอยู่ในขั้นต่ำ ยกเว้นบางชนิด ดังสรุปต่อไปนี้

4.1 ปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)

ปริมาณปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล 11 ชนิด รวม 78 ตัวอย่าง ซึ่งสุ่มระหว่างการสำรวจทรัพยากรประมงในเดือนพฤศจิกายน ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2550 โดยวนลอย (drift gillnet) และเบ็ดร่อนน้ำลึก (pelagic longline) พบว่า ปลาทั้งหมดเป็นปลานักล่า และสามารถแบ่งประเภทปลาที่ได้ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มปลาฉลาม กลุ่มปลาทูน่า และกลุ่มปลาชนิดอื่นที่นอกเหนือจาก 2 กลุ่มข้างต้น

กลุ่มปลาฉลาม ประกอบด้วย ฉลามหางยาวหน้าหนุ (*A. superciliosus*) ฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) ฉลาม Silky (*C. falciformis*) และฉลามที่ไม่ได้ระบุชนิด (shark) กลุ่มปลาทูน่า ประกอบด้วย โอแกลบ (*A. thazard*) โอลาย (*E. affinis*) ทูน่าท้องแถบ (*K. pelamis*) ทูน่าครีบเหลือง (*T. albacares*) และทูน่าตาโต (*T. obesus*) สำหรับปลาชนิดอื่นที่เหลือ คือ กระมง (*C. tille*) และกระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ซึ่งเป็นปลานักล่า

ปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในปลาแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกัน โดยกลุ่มปลาอื่นๆ ที่เป็นปลานักล่า มีปริมาณปรอทสะสมสูงสุด รองลงมา คือ กลุ่มปลาฉลาม และกลุ่มปลาทูน่า ตามลำดับ สำหรับปลาที่มีปรอทสะสมสูงสุด คือ ปลากระมง อย่างไรก็ตาม ตัวอย่างปลากระมงมีเพียงตัวอย่างเดียวและมีขนาดใหญ่ ส่วนปลาที่มีปรอทต่ำสุด คือ ปลาทูน่าท้องแถบ ซึ่งตัวอย่างที่สุ่มมาศึกษาเป็นตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับขนาดของปลาชนิดนี้ที่เคยมีการสำรวจพบ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ตรวจพบกับเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) ที่กำหนดให้ปลาทุกชนิด ยกเว้นปลานักล่ามีปริมาณปรอทได้ไม่เกิน 0.5 มก./กก. ส่วนปลานักล่ามีปรอทได้ไม่เกิน 1.0 มก./กก. พบว่าสัตว์น้ำส่วนใหญ่จากอ่าวเบงกอลมีระดับปรอทอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ยกเว้น ปลากระมง ที่มีค่าเกินกว่า 0.05 มก./กก.

4.2 ปริมาณปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ปริมาณปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำจากทะเลอันดามันในเขตน่านน้ำพม่า 32 ชนิด 229 ตัวอย่าง ซึ่งสุ่มระหว่างการสำรวจทรัพยากรประมงในช่วง เดือนกุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม พ.ศ. 2550 โดยอวนลากหน้าดิน (bottom trawl) และเบ็ดร่อนน้ำลึก พบว่า สามารถแบ่งกลุ่มของสัตว์น้ำได้ตามประเภทเครื่องมือออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสัตว์หน้าดิน (demersal species) และกลุ่มปลากลางน้ำ (pelagic fishes) ยกเว้น ปลาดัง (*R. kanagurta*) ซึ่งเป็นปลากลางน้ำที่จับได้จากอวนลาก โดยกลุ่มปลากลางน้ำส่วนใหญ่เป็นปลานักล่าและมีขนาดใหญ่

เมื่อเปรียบเทียบปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อส่วนที่นำมาบริโภค พบว่ากลุ่มสัตว์หน้าดินมีปรอทปนเปื้อนต่ำกว่ากลุ่มปลากลางน้ำ ปลาชนิดที่มีปรอทปนเปื้อนสูงสุด คือ ปลาน้ำดอกไม้ (*S. Barracuda*) และปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ชนิดเป็นปลานักล่าทั้งคู่ ส่วนชนิดที่ตรวจพบปรอทต่ำสุด คือ ปลาปากคม (*S. elongate*) ซึ่งเป็นปลาที่มีขนาดเล็ก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ตรวจพบกับเกณฑ์มาตรฐานของคณะกรรมการยุโรป (EU, 2006) พบว่าสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ยกเว้น ปลากระริงดอกแดง (*E. coioides*) ซึ่งมีค่าสูงกว่า 0.05 มก./กก. น้ำหนักเปียก

4.3 การประเมินความเสี่ยง

4.3.1 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงหรือ HQ (Hazard Quotient) พบว่า สัตว์น้ำชนิดที่มีความเสี่ยง ($HQ > 1$) มี 5 ชนิด เรียงตามระดับความเสี่ยง คือ ปลากระมง ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระโทงแทงดาบ ปลาฉลามครีบดำ และปลาหูนาตาโต ตามลำดับ ส่วนสัตว์น้ำชนิดอื่นมีความเสี่ยงน้อยในการบริโภค

4.3.2 ความเสี่ยงในการบริโภคปลาจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ผลการประเมินค่าความเสี่ยงหรือ HQ พบว่า สัตว์น้ำชนิดที่มีค่า $HQ > 1$ มี 5 ชนิด เรียงตามระดับความเสี่ยงจากมากไปน้อย คือ ปลาน้ำดอกไม้ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระริงดอกแดง ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) และปลากระโทงแทงดาบ ตามลำดับ ส่วนชนิดอื่นที่เหลือมีความเสี่ยงน้อยในการบริโภค

4.4 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์

4.4.1 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A, B และ C)

ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์ หรือ PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake; PTWI) ของปลาทั้ง 11 ชนิด จากทะเลอ่าวเบงกอล สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กก. (EPA, 2005) มีค่าอยู่ในช่วง 0.12 – 2.22 กก./สัปดาห์ และสำหรับชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 50 กก. (Agusa *et al.*, 2007) มีค่าในช่วง 0.10 – 1.85 กก./สัปดาห์

ในปลาชนิดที่มีความเสี่ยงในการได้รับปรอทผ่านการบริโภค ได้แก่ ปลากระมง ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระโทงแทงดาบ ปลาฉลามครีบดำ และปลาทูน่าดาโด ค่า PTWI ของคนที่มีน้ำหนักตัว 60 กก. อยู่ในช่วง 0.12 – 0.53 กก./สัปดาห์ และของที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. อยู่ในช่วง 0.10 – 0.44 กก./สัปดาห์

4.4.2 ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคปลาจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคต่อสัปดาห์หรือ PTWI ของสัตว์น้ำทั้ง 32 ชนิด จากทะเลอันดามัน สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 60 กก. มีค่าอยู่ในช่วง 0.11 – 3.04 กก./สัปดาห์ และสำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. มีค่าอยู่ในช่วง 0.09 – 2.54 กก./สัปดาห์

ในปลาชนิดที่มีความเสี่ยงในการได้รับปรอทผ่านการบริโภค ได้แก่ ปลาน้ำดอกไม้ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนุ ปลากระริงคอกแดง ปลากระโทงร่ม และปลากระโทงแทงดาบ ค่า PTWI ของคนที่มีน้ำหนักตัว 60 กก. อยู่ในช่วง 0.11 – 0.25 กก./สัปดาห์ สัปดาห์ และของที่มีน้ำหนักตัว 50 กก. อยู่ในช่วง 0.09 – 0.21 กก./สัปดาห์

4.5 เปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอล (พื้นที่ A และ B) และทะเลอันดามัน (พื้นที่ C ของอ่าวเบงกอล และน่านน้ำพม่า)

เมื่อเปรียบเทียบระดับปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำทั้งหมด จากพื้นที่ A และ B ในอ่าวเบงกอล กับจากทะเลอันดามัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และปริมาณปรอทที่ตรวจพบมีความสัมพันธ์กับขนาด (ทั้งน้ำหนักและความยาว) ของสัตว์น้ำ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

4.6 ข้อเสนอแนะ

จากค่าปรอทที่สูงในปลาบางชนิด โดยเฉพาะที่มีขนาดใหญ่และเป็นปลานักล่า 8 ชนิด ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน ได้แก่ ปลากระมง (*C. tille*) ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู (*A. superciliosus*) ปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ปลาฉลามครีบดำ (*C. brachyurus*) ปลาทูน่าตาโต (*T. obesus*) ปลากระโทงร่ม (*I. platypterus*) ปลาน้ำดอกไม้ (*S. barracuda*) และปลากระรังคอกแดง (*E. coioides*) การบริโภคปลาเหล่านี้จึงควรบริโภคแต่น้อย และไม่ควรมีการบริโภคเกินไป

เนื่องจากพบการปนเปื้อนของปรอทในทุกตัวอย่าง ดังนั้นจึงควรมีการตรวจวัดการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์ทะเลอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่มีโอกาสปนเปื้อนได้สูง เช่น พื้นที่ชายฝั่ง นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคสัตว์ทะเลของคนไทย เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคสัตว์ทะเลที่มีปรอทปนเปื้อนได้แม่นยำขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. 2542. รายงานการศึกษาปริมาณสารปรอทในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทย. กรมควบคุมมลพิษ. ฝ่ายมลพิษทางทะเล, กองจัดการคุณภาพน้ำ. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.marinepcd.org/hgtaskforce/document/mercury.doc>. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2551.
- กรมประมง. มปป. ร่างแผนแม่บทการจัดการประมงทะเลไทย. เข้าถึงได้จาก URL: http://fishco.fisheries.go.th/economic_division/doc/planing_pdf/1.pdf. สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2551.
- กรมประมง. 2550. สถิติการประมง 2547 ศูนย์สารสนเทศกรมประมง. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.fisheries.go.th/it-stat/Index.html>. สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2550.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. มปป. การทำประมงเบ็ดราวทูน่า. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.kasetonline.net/newsite/index.php?id=40>. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2529. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) ลงวันที่ 21 มกราคม 2529. กรุงเทพมหานคร.
- กองทัพเรือ. ศูนย์ประสานงานประมงชายแดนทางทะเลไทย-พม่า. มปป. การทำประมง. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.navy.mi.th/tmbfcc/IntDocFisheryEquipment.php>. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552.
- กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2530. ปรอท. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน. 12 หน้า.
- จินตนา ศิริวรราชย์ และสมิง เก่าเจริญ. 2545. โลหะหนักปรอท. *จุลสารพิษวิทยา คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล* เดือนเมษายน ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2545 ปีที่ 10 ฉบับที่ 2.
- จิรวัดณ์ ขวัญแก้ว. 2549. การปนเปื้อนของปรอทในดินรอบทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย, ฝ่ายวิชาการ, ส่วนเศรษฐกิจต่างประเทศ. 2548. เรือไทยในพม่า. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.exim.go.th/doc/research/targeted_country/6925.pdf. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.

- ประดิษฐ์ มีสุข. 2542. การหาปริมาณสารหนู และโลหะหนักในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลา. หนังสือรวมบทความคัดย่อ ผลงานวิจัยของคณาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาไทย ในระหว่างปี 2540-42. สำนักงานปลัดทบวงมหาวิทยาลัย, สำนักมาตรฐานอุดมศึกษา, ส่วนวิจัยและพัฒนา. กรุงเทพมหานคร.
- พงศ์เทพ วิวัชรณะเดช. 2547. *การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ*. ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. นนทบุรี. 245 หน้า.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ภาควิชาการจัดการประมง, คณะประมง. 2550. การทำประมง. เข้าถึงได้จาก URL: <http://cyberlab.lh1.ku.ac.th/elearn/faculty/fisher/fi14/lesson4.htm>. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552.
- Agusa T., T. Kunito, A. Sudaryanto, I. Monirith, S. Kan-Atireklap, H. Iwata, A. Ismail, J. Sanguansin, M. Muchtar, T.S. Tana and S. Tanabe. 2007. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environ. Pollut.* 145: 766–777.
- American University 2008. TED Case Studies Minamata Disaster. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.american.edu/projects/mandala/TED/minamata.htm> สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Analytical Methods Committee. 1965. The determination of small amounts of mercury in organic matter. *Analyst* 90: 515-530. DOI: 10.1039/AN9659000515
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists, 15th Edition*. Virginia modified, Arlington.
- Armstrong, F.A.J., and D.P. Scott. 1979. Decrease in mercury content of fishes in Ball Lake, Ontario, since imposition of controls on mercury discharges. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 670–672.
- Berglund, M., B. Lind, K.A. Bjornberg, B. Palm, O. Einarsson and M. Vahter. 2005. Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a cross-sectional assessment. *Environ. Health.* 4: 20.
- Berlin, M., R.K. Zalups. and B.A. Fowler. 2007. *Mercury*. Handbook on the Toxicology of Metals 3E. Academic Press, Inc.
- Bhattacharya, A., Reddy, C.S.S. and Srivastav, S.K. 1993. Remote sensing for active volcano monitoring in barren Island, India. Ninth Thematic Conference on Geologic Remote sensing, Pasadena, California, pp. 993–1003.

- Bhattacharya, B. and S.K. Sarkar. 1996. Total mercury content in marine organisms of the Hooghly estuary, West Bengal, India. *Chemosphere*. 33: 147–158.
- Bloom, N. S. 1989. Determination of picogram levels of methylmercury by aqueous phase ethylation, followed by cryogenic gas chromatography with cold vapor atomic fluorescence detection. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1131–1140.
- Brooks, W.E. 2002. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2002. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercuryb02r.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Brooks, W.E. 2003. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2003. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercuryb03.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Brooks, W.E. 2004. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2004. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercuryb04.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Brooks, W.E. 2005. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2005. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mercuryb05.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Brooks, W.E. 2006. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2006. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/myb1-2006-mercu.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Brooks, W.E. 2007. Mercury. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2007. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/myb1-2007-mercu.pdf>. สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2552.
- Brosset, C. 1983. Emissions of Mercury Compounds with Fumes. *KHM Tech. Rep.* 76.
- Buakaew, S. 2008. Contamination of Mercury in Surface Sediment in the Gulf of Thailand. Master Thesis. Chulalongkorn University. 86 p.
- Burger, J. and M. Gochfeld. 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ. Res.* 99: 403–412.
- Burrows, W. D. 1973. In Heavy Metals in the Aquatic Environment. 4–7 December 1973. Vanderbilt University, Nashville.

- Bustamante, P., V. Lahaye, C. Durnez, C. Churlaud and F. Caurant. 2006. Total and organic Hg concentrations in cephalopods from the North Eastern Atlantic waters: Influence of geographical origin and feeding ecology. *Sci. Total Environ.* 368: 585–596.
- 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.
- Chongprasith, P. and W. Wilairatanadilok. 1999. Are Thai Waters Really Contaminated with Mercury. Pollution Control Department, Marine Pollution Sub-Division, Water Quality Management Division.
- Clark, R.B., C. Frid and M. Attrill. 2001. *Marine Pollution*. 5th Edition. Oxford University Press. Oxford.
- Currie, R.S., W.L. Fairchild and D.C.G. Muir. 1997. Remobilization and export of cadmium from lake sediment by emerging insects. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 16, (11): 2333–2338.
- Dabeka, R., A.D. McKenzie, D.S. Forsyth and H.B.S. Conacher. 2004. Survey of total mercury in some edible fish and shellfish species collected in Canada in 2002. *Food Addit Contam.* 21: 434–440.
- Deocadiz, E.S., V.R. Diaz and P.F.J. Otico. 1999. Asean marine water quality criteria for mercury. Asean Marine Water Quality Criterion AMWQC, Cooperative Programme on Marine Science.
- Diez, S. and J.M. Bayona. 2002. Determination of methylmercury in human hair by ethylation followed by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-cold-vapour atomic fluorescence spectrometry. *J. Chromatogr. A* 9631–2: 345–51.
- Dusek, L., Z. Svobodova, D. Janouskova, B. Vykusova, J. Jarkovsky, R. Smid and P. Pavlis. 2005. Bioaccumulation of mercury in muscle tissue of fish in the Elbe River Czech Republic: multispecies monitoring study 1991–1996. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 61: 256–267.
- Dutta, K., R. Bhushan and B.L.K. Somayajulu. 2007. Rapid vertical mixing rates in deep waters of the Andaman Basin. *Sci. Total Environ.* 384: 401–408.

- Ekstrom, E.B., F.M.M. Morel and J.M. Benoit. 2003. Mercury methylation independent of the acetyl-coenzyme a pathway in sulfate-reducing bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 69: 5414–5422.
- Ertas, O.S. and H. Tezel. 2004. A validated cold vapour-AAS method for determining mercury in human red. blood cells. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 364: 893–897.
- EU. 2006. European Commission Regulation EC No. 188/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminations in foodstuffs. *Off. J. Eur. Union.* L 364/5 – 364/24.
- ExttoxNet. 2008. Extension toxicologists from the University of California at Davis, Cornell University, Oregon State University, University of Idaho, and Michigan State University. เข้าถึงได้จาก URL: <http://exttoxnet.orst.edu/faqs/foodcon/mercury.htm> สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551
- FAO. 2005. Food Security Statistics. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index_en.htm. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2551.
- FAO/WHO. 1995. *Application of Risk Analysis to Food Standard issue*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Geneva, Switzerland 13–17 March 1995.
- FAO/WHO. 2006. Summary and conclusions of the sixty-seventh meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 20-29 June 2006; JECFA 67/SC.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2009. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2009).
- GESAMP. 1990. *The state of the marine environment*. IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. UNEP Regional Seas Reports and Studies. 115: 111 pp.
- Gessner, G.H. 1981. *The Condensed Chemical Dictionary* 10th Ed. Mei Ya Publications, Inc. Taipei, Taiwan, 657 p.
- Gill, U., L. Bigras and H. Schwartz. 2004. Routine, automated determination of inorganic and total mercury in multimedia using cold vapor atomic absorption spectrometry. *Chemosphere*. 5611: 1097–1103.

- Hall, J.E. 2002. Bioconcentration, Bioaccumulation, and Biomagnification in Puget Sound Biota: Assessing the Ecological Risk of Chemical Contaminants in Puget Sound. University of Washington Tacoma, 1900 Commerce St., Tacoma, WA 98402.
- Harris, H.H., I.J., Pickering and G.N. George. 2003. The chemical form of mercury in fish, *Science* 301: 1203.
- HKSAR. 2008. Mercury in Fish and Food Safety. Risk Assessment Studies Report No. 31. Centre for Food Safety, Food and Environmental Hygiene Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR).
- Hudson, R.J.M., S.A. Gherini, C.J. Wastras and D.P. Porcella. 1992. Modeling the biogeochemical cycle of mercury in lake: The mercury cycling model MCM and its application to the MTL Lake. In Proceedings of the 1992 Conference on Mercury as a Global Pollution, Monterey, California.
- Huggett, D.B., J.A. Steevens, J.C. Allgood, C.B. Lutken, C.A. Grace and W.H. Benson. 2001. Mercury in sediment and fish from North Mississippi Lakes. *Chemosphere*. 42: 923 - 929.
- Hussain, M.A. 1994. Prospects, Strategies for development of sea farming in Bangladesh. A Paper Presented at the Workshop on Sustainable Development of Marine Fisheries Resources in Bangladesh, held at Cox's Bazar, August 29, organized by FRI/FAO/UND P/BGD/89/012.
- Hutton, M. 1987. Human Health Concerns of Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic. In T. C. Hutchinson and K. M. Meema, eds., *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) 31. Published by John Wiley and Sons, Ltd., New York.
- Hylander, L.D. and M. Meili. 2003. 500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions. *Sci. Total Environ.* 304: 13–27.
- Ichihashi, H., Y. Nakamura, K. Kannan, A. Tsumura and S. Yamasaki. 2001. Multielemental concentrations in tissues of Japanese common squid, (*Todarodes pacificus*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 41: 483–90.
- IPCS/WHO. 1989. Environmental Health Criteria 86: Mercury-Environmental Aspects. International Program on Chemical Safety (IPCS)/World Health Organization (WHO), Geneva, Switzerland. 115 pp.

- Islam, S. 2003. Perspectives of the coastal and marine fisheries of the Bay of Bengal, Bangladesh. *Ocean Coast. Manage.* 46: 763–796.
- IUPAC. 1993. Glossary for Chemists of Terms Used in Toxicology: Pure and Applied Chemistry, v. 65, no. 9, p. 2003-2122. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). (on-line version posted by the U.S. National Library of Medicine). เข้าถึงได้จาก URL: <http://sis.nlm.nih.gov/enviro/glossarymain.html> สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2551.
- Jasinski, S.M. 1994. Mercury. U.S. Geological survey minerals information 1994. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430494.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Jensen, S., and A. Jernelov. 1967. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. *Nature (London)* 223:753–754.
- Joseph, I. and A., Jerald. 1994. Report on the Study of Environmental Threats to Fisheries in Tamil Nadu and Pondicherry, Indian East Coast. *Consultant Environment/Bay of Bengal Programme*. p. 184-208.
- Jungeling, I. 1993. Guidelines on fisheries extension in the Bay of Bengal region. Bay of Bengal Programme, Madras, India.
- Kapauan, A.F., P.A. Kapauan, E.O. Tan and F. Vercelez. 1982. Total mercury in water and sediments from Honda Bay Area in Palawan. *Philippine. J. Sci.* 111: 135–144.
- Kofi, A.D. 2002. Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals; Environmental Pollution, Vol. 6. Kluwer Academic Publishers, London.
- Kuwabara, J.S., B.R., Topping. G.E. Moon, P. Husby, A. Lincoff, J.L. Carter and M.N. Croteau. 2005. Mercury Accumulation by Lower Trophic-level Organisms in Lentic Systems within the Guadalupe River Watershed, California. U.S. Geological Survey. Scientific Investigations Report 2005–5037.
- Lee, B.G., S.B. Grimscom, J.S. Lee, H.J. Choi, C.H. Koh, S.N. Luoma, and N.S. Fisher. 2000. Influences of dietary uptake and reactive sulfides on metal bioavailability from aquatic sediments. *Science* 287: 282–284.
- Lee, Y.H., I. Wangberg and J. Munthe. 2003. Sampling and analysis of gas-phase methylmercury in ambient air. *Sci. Total Environ.* 304: 107–113.

- Lindqvist, O., K. Johansson, M. Aastrup, A. Andersson, L. Bringmark, G. Hovsenius, L. Håkanson, A. Iverfeldt, M. Meili and B. Timm. 1991. Mercury in the Swedish environment. *Water Air Soil Pollut.* 55: p. 261.
- Loring D.H., S. Dahle, K. Naes, J. Dos Santos, J.M. Skei and G.G. Matishov. 1998. Arsenic and other Trace Metals in Sediments from the Kara Sea and the Ob and Yenisey Estuaries, Russia. *Aquat. Geochem.* 4: 233–252.
- Magos, L. 1971. Selective atomic-absorption determination of inorganic mercury and methylmercury in undigested biological samples. *Analyst.* 96149: 847–853.
- Magos, L. 1990. Marine health hazards of anthropogenic and natural origin. In: UNEP: Technical annexes to the report on the state of the marine environment. UNEP Regional Seas Reports and Studies. 114/2: p. 447–507.
- Magos, L. and T.W. Clarkson. 1972. Atomic absorption determination of total, inorganic and organic mercury in blood. *J. AOAC.* 55: 966–971.
- Makjanic, J., I. Orlic and S.M. Tang. 1995. Trace element analysis of Singapore seawater by PIXE. p.306-313. In: Watson, D., Ong, K.S. and Vigers, G. eds.. ASEAN Criteria and Monitoring: Advances in Marine Environmental Management and Human Health Protection. Proceedings of the ASEAN-Canada Midterm Technical Review Conference on Marine Science 24–28 October 1994, Singapore. EVS Environment Consultants, Vancouver and National Science and Technology Board, Singapore. 422 p.
- Marine Conservation Biology Institute (MCBI). 2005. What is a Bottom Trawl?. เข้าถึงได้จาก URL: http://www.mcbi.org/what/what_pdfs/What_%20is_a_Bottom_Trawl.pdf. สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552.
- Marsh, D.O., G.J. Myers, T.W. Clarkson, L. Amin-Zaki, S. Tikriti, M.A. Majeed and A.R. Dablagh. 1979. Dose-response relationship for human fetal exposure to methylmercury. International Congress of Neurotoxicology, Varese, Italy. Cambridge, England.
- Mason, R.P. and K.A., Sullivan. 1999. The distribution and speciation of mercury in the south and equatorial Atlantic. *Deep-Sea Res., Part 2.* 46: 937–956.
- Mason, R.P. and W.F., Fitzgerald. 1993. The distribution and biogeochemical cycling of mercury in the equatorial Pacific Ocean. *Deep-Sea Res., Part 1.* 40: 1897–1924.

- Menasveta, P. and R. Siriyong. 1977. Mercury content of several predacious fish in the Andaman sea. *Mar. Pollut. Bull.* 9: 200–204.
- Menasveta, P. and V. Cheevaparanapiwat. 1981. Heavy metals, organochlorine pesticides and PCBs in green mussels, mullets and sediments of river mouths in Thailand. *Mar. Pollut. Bull.* 12: 19–25.
- Monteiro, L.R., F.M. Porteiro and J.M. Gonçalves. 1992. Inter and intra specific variation of mercury levels in muscle of cephalopods from the Azores. *Arquipelago.* 10: 13–22.
- Morel, F.M.M., A.M.L. Kraepiel and M. Amyot. 1998. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29:543–566.
- Musyl, M.K., L.M., McNaughton, J.Y., Swimmer and R.W., Brill. 2004. Convergent Evolution of Vertical Movement Behavior in Swordfish, Bigeye Tuna, and Bigeye Thresher Sharks Vertical Niche Partitioning in the Pelagic Environment as Shown by Electronic Tagging Studies. *Pelagic Fishery Research Program.* 9: 4.
- NOAA. 1996. Contaminant in Aquatic Habitats at Hazardous Waste Sites: Mercury. National Oceanic and Atmospheric Administration. Technical Memorandum NOS ORCA 100. Seattle, Washington.
- PCD. 1992. Toxic Substances Residues in the East Coast of Thailand. MONTE.
- PCD. 1997. Law and Standard on Pollution Control in Thailand, 4th ed. Pollution Control Department, Ministry of Science Technology and Environment. Thailand , 285 p.
- PCD. 2001. Mercury Assessment in Thailand. Pollution Control Department, Ministry of Science Technology and Environment. Thailand.
- Pierce, G.J., G. Stowasser, L.C. Hastie and P. Bustamante. 2008. Geographic, seasonal and ontogenetic variation in cadmium and mercury concentrations in squid Cephalopoda: Teuthoidea from UK waters. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 70: 422–432.
- Plachy, J. 1995. Mercury. U.S. Geological survey minerals information 1995. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430495.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Plachy, J. 1996. Mercury. U.S. Geological survey minerals information 1996. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430496.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.

- Plessi, M., D. Bertelli and A. Monzani, 2001. Mercury and selenium content in selected seafood. *J. Food Compos. Anal.* 14: 461–7.
- Qasim, S.Z. and R. Sengupta. 1983. Marine pollution studies in India. IN: *Water Pollution and Management Review*. ED. C.K. Varshney. South Asian Publishers Pvt. Ltd., New Delhi 139-159.
- Rajathy, S. 1997. Mercury in water, sediment and in some estuarine organisms of the Ennore Estuary, Madras, Tamil Nadu. *J.-Mar.-Biol.-Assoc.-India.* 39: 174–177.
- Reese, R.G. 1997. Mercury. U.S. Geological survey minerals yearbook 1997. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430497.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Reese, R.G. 1998. Mercury. U.S. Geological survey minerals yearbook 1998. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430497.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Reese, R.G. 1999. Mercury. U.S. Geological survey minerals yearbook 1999. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430499.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Reese, R.G. 2000. Mercury. U.S. Geological survey minerals yearbook 2000. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/430400.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Reese, R.G. 2001. Mercury. U.S. Geological survey minerals yearbook 2001. เข้าถึงได้จาก URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/hgmyb2001.pdf>. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2551.
- Rudd, J.W.M., A. Furutani, and M.A. Turner. 1980. Mercury Methylation by Fish Intestinal Contents. *Appl. Environ. Microbiol.* 40: 777–782.
- Satpathy, K.K., U. Natesan, S. Sarguru, A.K. Mohanty, M.V.R. Prasad and S.K. Sarkar. 2008. Seasonal variations in mercury concentrations in the coastal waters of Kalpakkam, southeast coast of India. *Curr. Sci.* 95(3): 374-381.
- Selvaraj. K. 1999. Total dissolvable copper and mercury concentrations in inner shelf waters off Kalpakkam, Bay of Bengal. *Curr. Sci.* 77, 494–497.

- Sivaperumal, P., T.V. Sankar, 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.
- Sompongchaiyakul, P., W. Sirinawin, and S. Dharmvanij. 2005. Spatial and Temporal Variability of Mercury Hg and Arsenic As in Songkhla Lake Sediment. Final Report Project No. NRC-ENWM/2003–008, 24 p.
- Storelli, M.M. and G.O. Marcotrigiano. 1999. Cadmium and total mercury in some cephalopods from the South Adriatic Sea Italy. *Food Addit. Contam.* 166: 261–5.
- Sunoko, H.R. 1995. Heavy metal concentrations in sediment of Semarang coastal water: a preliminary report. p. 270–272. In: Watson, D., Ong, K.S. and Vigers, G. eds.. ASEAN Criteria and Monitoring: Advances in Marine Environmental Management and Human Health Protection. Proceedings of the ASEAN-Canada Midterm Technical Review Conference on Marine Science 24–28 October 1994, Singapore. EVS Environment Consultants, Vancouver and National Science and Technology Board, Singapore, 422 p.
- Tomiyasu, T., M. Okada and R. Imura. 2003. Hayao Sakamoto Vertical variations in the concentration of mercury in soils around Sakurajima Volcano, Southern Kyushu, Japan. *Sci. Total Environ.* 304: 221–230.
- UNEP. 1984. List of Environmentally Dangerous Chemical Substances and Process of Global Significance. UNEP Report No. 2, Scientific Monographs. Geneva, 71 p.
- UNEP. 2002. Global Mercury Assessment. United Nations Environment Programme. UNEP Chemicals. Geneva, Switzerland.
- US-EPA. 1989. *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual Part A.* EPA/540/1-89/002 December 1989.
- US-EPA. 2001. *Appendix to Method 1631: Total Mercury in Tissue, Sludge, Sediment, and Soil by Acid Digestion and BrCl Oxidation.* Based on a standard operating procedure provided by Frontier Geosciences, Inc.
- US-EPA. 2005. Risk-Based Concentration Table, April, 2005. U.S. EPA, Region 3, Philadelphia, PA. เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/index.htm>. สืบค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2551.

- US-FDA 2004. What you need to know about Mercury in Fish and Shellfish March, 2004 EPA and FDA Advice For: Women Who Might Become Pregnant Women Who Are Pregnant Nursing Mothers Young Children. EPA-823-R-04-005 March 2004 United States Food and Drug Administration (US-FDA). เข้าถึงได้จาก URL: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/admehg3.html>.
- Voegborlo, R.B. and H. Akagi. 2007. Determination of mercury in fish by cold vapour atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer. Analytical, Nutritional and Clinical Methods. *Food Chem.* 100: 853–858.
- Westermarck, T. and K. Ljunggren. 1972. Mercury Contamination in Man and His Environment. *Tech. Rep. Ser. I.A.E.A.* 137.
- WHO. 1976. Environmental Health criteria 1. Mercury. World Health Organization. Geneva; 131 p.
- Windom, H.L. and G. Cranmer. 1998. Lack of observed impacts of gas production of Bongkot Field, Thailand on marine biota. *Mar. Pollut. Bull.* 36: 799–807.
- Yulianda, F. and I.W. Nurjaya. 1994. Abundance, environment and mercury uptake of oyster *Crassostrea* sp. at breakwaters on the Marunda coast, Jakarta Bay. Phuket Marine Biological Center, Special Publication 13: 173–176.
- URL: <http://www.wsn.org/issues/mercurypollutioncycle.html>. สืบค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2550. The Mercury Pollution Cycle. มปป.
- URL: <http://maps.google.com/maps> สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2551.

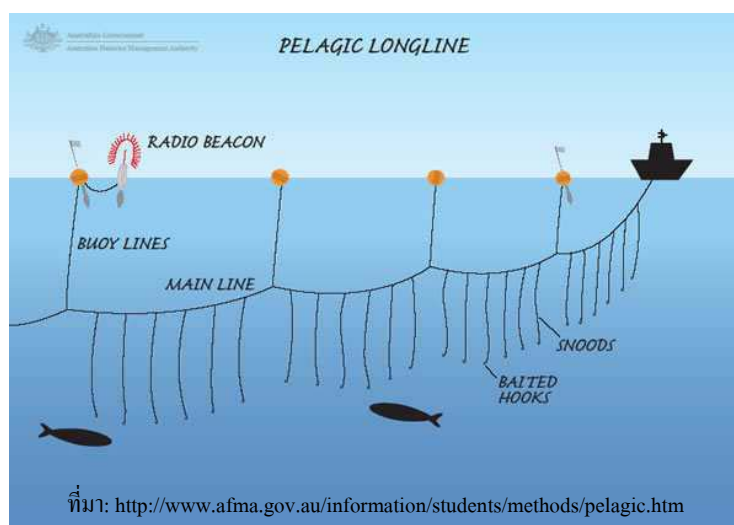
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือประมงที่ใช้ในการลุ่มจับตัวอย่างสัตว์น้ำ

1) เบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic Longline)

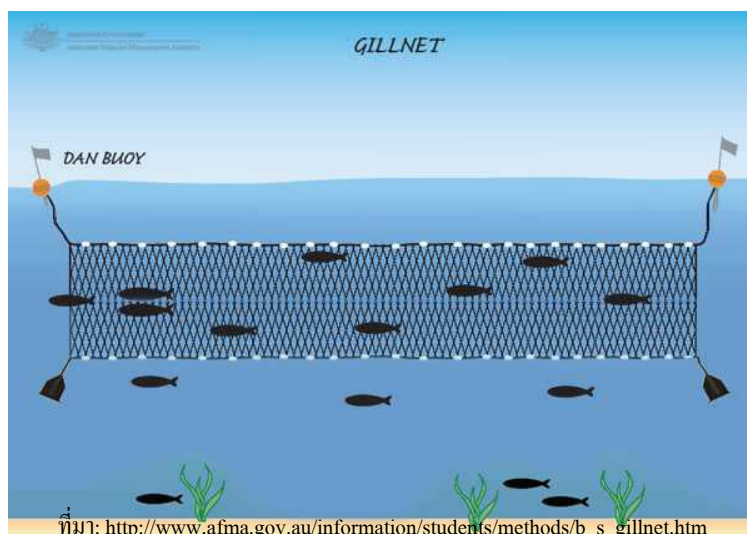
เบ็ดรavnน้ำลึก หมายถึง เครื่องมือประมงที่ประกอบด้วยตัวเบ็ดมีลักษณะโค้งงอเป็นขอ ส่วนใหญ่มีเงี่ยง และสายเบ็ดเป็นเชือก/วัสดุคล้ายเชือก (รูปที่ ก-1) ใช้จับสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณ กลางน้ำจนถึงผิวน้ำ เช่น ปลาทูน่าทุกชนิด ปลาฉลาม และปลากระโทงแทง จะทำประมงที่ ระดับน้ำลึก โดยวางเบ็ดครั้งละ 350-400 กระจาด ความยาวคร่าวๆกระจาดละ 300-350 ม. ใช้สายเบ็ด กระจาดละ 5-6 สาย แต่ละสายยาว 20-25 ม. ระดับความลึกของตัวเบ็ดควรรอยู่ในชั้นเทอร์โมไคลน์ (thermocline) โดยวิธีปรับความยาวสายพุ่น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, มปป.)



รูปที่ ก-1 เบ็ดรavnน้ำลึก (pelagic longline)

2) อวนลอย (Drift Gillnet)

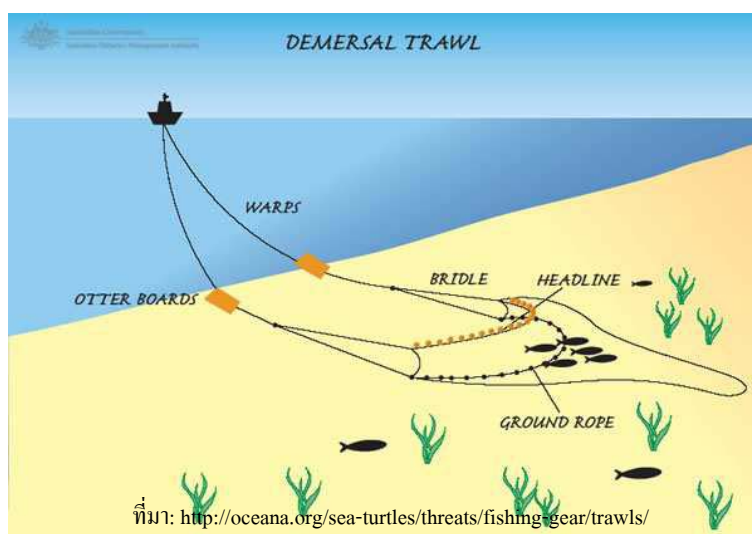
อวนลอย หมายถึง เครื่องมือประมงที่มีลักษณะเป็นผืนอวนคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ใช้จับ สัตว์น้ำโดยวางขวางหรือปิดล้อมสัตว์น้ำเพื่อให้สัตว์น้ำว่ายชนแล้วติดหรือพันตาอวน (รูปที่ ก-2) ใช้จับสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำ รวมไปถึงสัตว์กลางน้ำ เช่น ปลาอินทรี ปลาโอ ปลาจะละเม็ด เป็นต้น (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550)



รูปที่ ก-2 อวนลอย (drift gillnet)

3) อวนลากหน้าดิน (Bottom Trawl)

อวนลากหน้าดิน หมายถึง เครื่องมือประมงที่ใช้อวนลักษณะคล้ายถุง ใช้จับสัตว์น้ำโดยการไถเรือลากจูงอวนให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ ก-3) ใช้จับสัตว์น้ำที่อาศัยบริเวณพื้นทะเลหรือเหนือพื้นทะเล ในเขตน้ำตื้นหรือเขตชายฝั่งที่ระดับความลึกประมาณ 50 – 6,000 ฟุต (Marine Conservation Biology Institute, 2005) สัตว์น้ำเป้าหมายจะเป็นปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ และหมึก (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2550; กองทัพเรือ, มปป.)



รูปที่ ก-3 อวนลากหน้าดิน (bottom trawl)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ

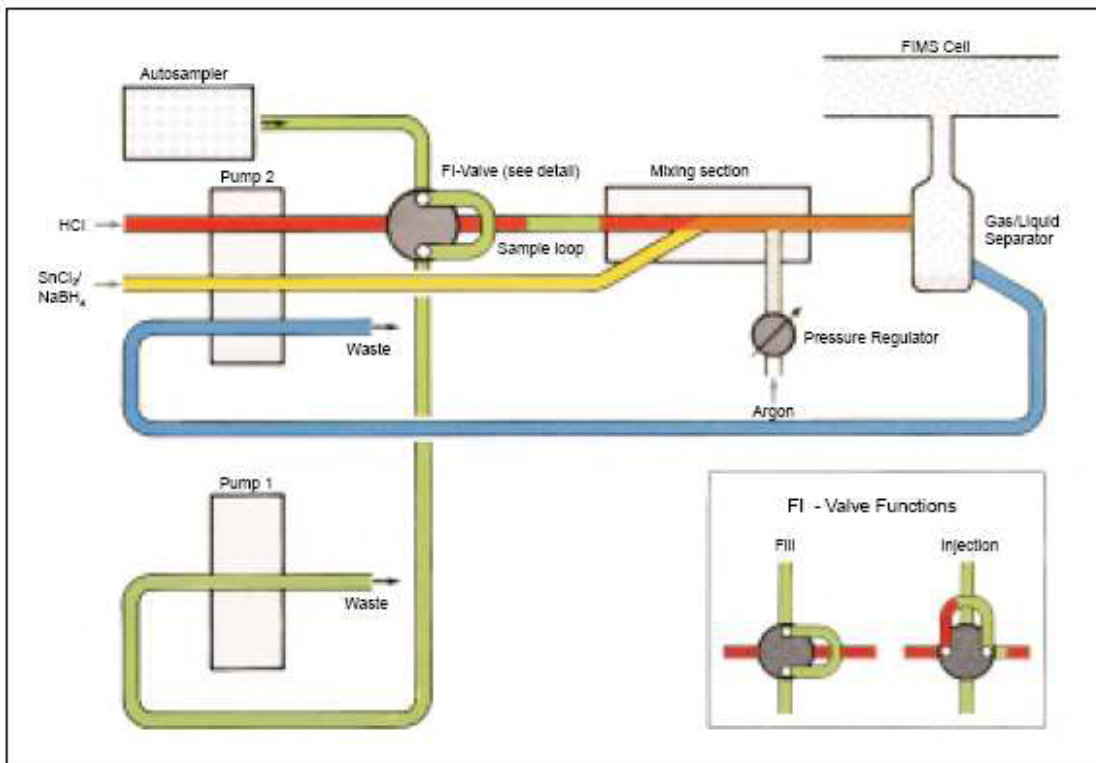
1) เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

การวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี (atomic absorption spectroscopy) มีหลายเทคนิค เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ คือ การรีดิวซ์ปรอททุกรูปแบบทางเคมีให้เป็นไอปรอท (Hg^0) ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ (sodium borohydride; NaBH_4) จากนั้นตรวจวัดปริมาณไอปรอท ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันแบบไอเย็น (cold vapor atomic absorption spectrophotometry; CVAAS)

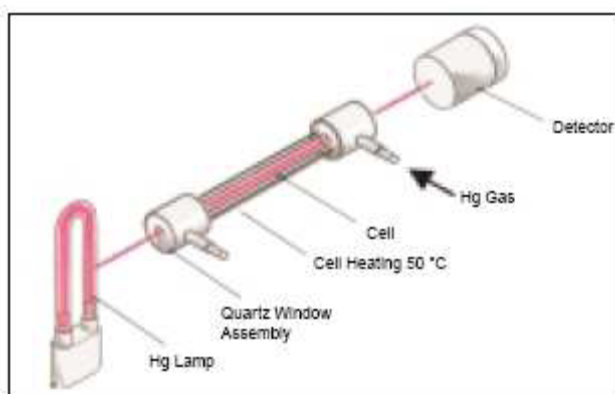
ในการวิเคราะห์ปรอทด้วยเครื่อง Perkin-Elmer FIMS-400 ใช้เทคนิค CVAAS เครื่อง FIMS-400 เป็นเครื่องวิเคราะห์ปริมาณปรอทที่รวมระบบ flow injection กับวิธีการวิเคราะห์แบบอะตอมมิกแอบซอร์พชันไว้ด้วยกัน โดยปรอทในสารละลายจะถูกรีดิวซ์เป็นไอปรอท (Hg^0) ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ (sodium borohydride; NaBH_4) ในภาชนะปิด (รูปที่ ข-1 (ก)) จากนั้นไอปรอทที่เกิดขึ้นจะถูกก๊าซอาร์กอน (Argon, Ar) พาเข้าสู่ quartz sample cell ซึ่งวางในแนวลำแสงผ่านของเครื่อง Perkin-Elmer FIMS-400 อุณหภูมิของ quartz sample cell จะอยู่ที่ 50°C เพื่อป้องกันความชื้น (รูปที่ ข-1 (ข)) การดูดกลืนแสงแปรตามปริมาณของไอปรอทที่เข้าสู่ quartz sample cell

2) รีเอเจนต์ (reagent)

1. สารละลาย 0.2N Bromine monochloride (BrCl) – ละลาย KBr 27 ก. ใน conc. HCl 2.5 ล. ในตู้ดูดควัน กวนด้วย magnetic stir bar เป็นเวลา 1 ชม. จนละลายหมด ค่อยๆ เติม KBrO_3 38 ก. ลงในสารละลายอย่างช้าๆ พร้อมกับกวนสารละลายให้ละลาย เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชาและเก็บให้พ้นจากแสง
2. สารละลาย 0.02N Bromine monochloride (BrCl) – เจือจาง 0.2 N BrCl ปริมาตร 100 มล. ด้วยน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) ให้เป็น 1 ล. ด้วยขวดปรับปริมาตร
3. สารละลาย Hydroxylamine hydrochloride ($\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$) – ละลาย NaCl 12 ก. และ $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 12 ก. ด้วยน้ำบริสุทธิ์ ($>18 \text{ M}\Omega\text{cm}$) 100 มล. ด้วยขวดปรับปริมาตร
4. สารละลาย 0.2% NaBH_4 – ละลาย NaBH_4 2 ก. ใน 0.05% (w/v) NaOH 1 ล.
5. 3% (v/v) HCl
6. 0.15% HNO_3



(ก)



(ข)

รูปที่ ข-1 หลักการทำงานของเครื่อง Perkin-Elmer Flow Injection Mercury System – 400 (FIMS-400): ก) flow diagram และ ข) optical diagram

3) วิธีย่อยและวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่างเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ

การย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ คัดแปลงมาจาก AOAC (1990) และ US-EPA (2001) โดยมีวิธีการดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างสัตว์น้ำประมาณ 0.3 ก. (น้ำหนักเปียก) โดยใช้ถ้วยพลาสติกขนาดเล็กและชั่งด้วยเครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน และบรรจุตัวอย่างสัตว์น้ำลงในหลอดย่อยตัวอย่างขนาด 50 มล.
2. เติม conc. H_2SO_4 0.5 มล. และ conc. HNO_3 1 มล. ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง ปิดฝาหลอด
3. นำหลอดย่อยตัวอย่างบรรจุลงในเตาย่อยแบบหลุม block heater ตั้งอุณหภูมิ 90-95°C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำหลอดตัวอย่างออกมาวางทิ้งไว้ให้เย็น
4. เมื่อสารละลายเย็น เติม 0.02 N BrCl Solution 38.5 มล. ลงในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย แล้ววางสารละลายทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) เกิดขึ้นสมบูรณ์
5. ตั้งสารละลายไว้ข้ามคืน
6. เปิดเครื่องวิเคราะห์ปรอท FIMS-400
7. เติม $NH_2OH.HCl$ 1 มล. ลงในสารละลายตัวอย่างที่ทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อกำจัด BrCl ส่วนเกินผสมให้เข้ากันจนสารละลายใส
8. นำสารละลายไปวิเคราะห์ปรอททันที โดยใช้สารละลาย 0.2% $NaBH_4$ เป็นตัวรีดิวซ์ปรอทในรูปต่างๆ ในสารละลายให้กลายเป็นไอปรอท (Hg^0) โดยใช้ 3% (v/v) HCl เป็น carrier solution และตรวจวัดปริมาณไอปรอททันที โดยใช้ก๊าซอาร์กอน (Argon, Ar) เป็นตัวพาไอปรอทเข้าเครื่อง FIMS-400

4) วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1. ใช้ Mercury(II) nitrate stock ของ Merck, Germany เข้มข้น 1,000 มก./ล. เตรียมสารละลายมาตรฐานเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มก./ล. ใน 0.15% HNO_3
2. บีบสารละลายมาตรฐานปรอทแต่ละความเข้มข้น 10 มล. ใส่หลอดทดลองขนาด 50 มล. ส่วนที่สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0 มก./ล. ใช้ 0.15% HNO_3 10 มล.
3. เติม conc. H_2SO_4 0.5 มล. และ conc. HNO_3 1 มล. ลงในหลอดทดลอง
4. 0.02 N เติม BrCl solution 28.5 มล.
5. เติมสารละลาย $NH_2OH.HCl$ 1 มล. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย
6. วิเคราะห์ปรอททันที โดยเครื่อง FIMS-400 ด้วยวิธีการเดียวกับสารละลายตัวอย่าง

ภาคผนวก ค

ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ และรูปสัตว์ทะเลแต่ละชนิด
จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alopias superciliosus*

Common name Bigeye Tresher Shark

ชื่อสามัญ ปลาฉลามหางขาวหน้าหนู

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Carcharhinus falciformis*

Common name Silky Shark

ชื่อสามัญ ปลาฉลาม Silky

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus albacares*

Common name Yellowfin tuna

ชื่อสามัญ ปลาทูน่าครีบน้ำเงิน

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name Sword fish

ชื่อสามัญ ปลากระโทงแทงดาบ

รูปที่ ค-1 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล จับโดยใช้เบ็ดราน้ำลึก (Pelagic longline)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Auxis thazard*

Common name Frigate mackerel

ชื่อสามัญ ปลาโอแถบ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caranx tille*

Common name Tille trevally

ชื่อสามัญ ปลากระมง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Carcharhinus brachyurus*

Common name Copper shark

ชื่อสามัญ ปลาฉลามครีบดำ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus albacares*

Common name Yellowfin tuna

ชื่อสามัญ ปลาทูน่าครีบทเหลือง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Euthynnus affinis*

Common name Mackerel tuna

ชื่อสามัญ ปลาโกลาย



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Kasuwonis pelamis*

Common name Skipjack tuna

ชื่อสามัญ ปลาทูน่าทองแถบ

รูปที่ ค-2 สัตว์ทะเลจากอ่าวเบงกอล ซึ่งจับโดยใช้วนลอย (Drift gillnet)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thunnus obesus*

Common name Bigeye tuna

ชื่อสามัญ ปลาทูน่าตาโต



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name Swordfish

ชื่อสามัญ ปลากระโทงแทงดาบ

รูปที่ ก-2 (ต่อ)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alepes djedaba*

Common name Shrimp scad

ชื่อสามัญ ปลาสีกุน



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chrysochir aureus*

Common name Reeve's croaker

ชื่อสามัญ ปลาจวดเขียว



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cynoglossus cynoglossus*

Common name Bengal tongue sole

ชื่อสามัญ ปลาลิ้นหมา



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Decapterus russelli*

Common name Indian scad

ชื่อสามัญ ปลาทุแหก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Drepane punctata*

Common name African sicklefish

ชื่อสามัญ ปลาใบโพธิ์จุด



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ehippus orbis*

Common name Orbfish

ชื่อสามัญ ปลาใบปอ

รูปที่ ค-3 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ซึ่งจับโดยใช้อวนลาก (Bottom trawling)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Epinephelus coioides*
Common name Orange spotted grouper
ชื่อสามัญ ปลากระรังดอกแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus bipunctatus*
Common name Delagoa threadfin bream
ชื่อสามัญ ปลาทรายแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus japonicus*
Common name Japanese threadfin bream
ชื่อสามัญ ปลาทรายแดงญี่ปุ่น



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus peronii*
Common name Notchedfin threadfin bream
ชื่อสามัญ ปลาทรายแดง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Parupeneus* sp.
Common name Goatfish
ชื่อสามัญ ปลาแพะ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennahia macrocephalus*
Common name Big head pennah croaker
ชื่อสามัญ ปลาจวด

รูปที่ ก-3 (ต่อ)



http://content9.eol.org/content/2008/10/07/00/03305_large.jpg

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennahia anea*

Common name Greyfin croaker

ชื่อสามัญ ปลาจวดขาว



15/06/2007

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Priacanthus macracanthus*

Common name Red bigeye

ชื่อสามัญ ปลาตาหวานจุดน้ำตาล



15/06/2007

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pseudorhombus* sp.

Common name Largetooth flounder

ชื่อสามัญ ปลาตาเดียว



06/06/2007

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Rastrelliger kanagurta*

Common name Indian mackerel

ชื่อสามัญ ปลาลัง



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saurida elongate*

Common name Slender lizardfish

ชื่อสามัญ ปลาปากคม



06/06/2007

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saurida undosquamis*

Common name Brushtooth lizardfish

ชื่อสามัญ ปลาปากคมหางจุด

รูปที่ ก-3 (ต่อ)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyraena forsteri*

Common name Bigeye barracuda

ชื่อสามัญ ปลาสาก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyraena jello*

Common name Pickhandle barracuda

ชื่อสามัญ ปลาสาก



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trachinocephalus myops*

Common name Snakefish

ชื่อสามัญ ปลาปากคมหูดำ



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trichiurus lepturus*

Common name Largehead hairtail

ชื่อสามัญ ปลาดาบเงินใหญ่



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Upeneus moluccensis*

Common name Goldband goatfish

ชื่อสามัญ ปลาหนวดถายี



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Loligo devauceli*

Common name Squid

ชื่อสามัญ ปลาหมึกกล้วย

รูปที่ ก-3 (ต่อ)



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alopias Superciliosus*

Common name Bigeye Thresher Shark

ชื่อสามัญ ปลาฉลามหางยาวหน้าหนู



<http://www.flmnh.ufl.edu/fish/Gallery/Descript/Sailfish/sailfish.JPG>

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Istiophorus platypterus*

Common name Indo-Pacific sailfish

ชื่อสามัญ ปลากระโทงร่ม



<http://www.yucatanwildlife.com/photos/ext/barracuda.jpg>

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sphyraena barracuda*

Common name Great barracuda

ชื่อสามัญ ปลาน้ำดอกไม้



ชื่อวิทยาศาสตร์ *Xiphias gladius*

Common name Swordfish

ชื่อสามัญ ปลากระโทงแทงดาบ

รูปที่ ค-4 สัตว์ทะเลจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) จับโดยเบ็ดรานน้ำลึก (Pelagic longline)

ภาคผนวก ง
ขนาด (น้ำหนักและความยาว) ของสัตว์น้ำแต่ละชนิด
จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

- ตาราง ง-1 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)
- ตาราง ง-2 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)
- ตาราง ง-3 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยอวนลาก (Bottom Trawling)
- ตาราง ง-4 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (Pelagic longline)
- ตาราง ง-5 ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่าง ซ้ำ 10% ของตัวอย่างทั้งหมด
- ตาราง ง-6 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง
- ตาราง ง-7 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง

อักษรย่อที่ใช้ในตาราง

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

ตาราง ง-1 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยเบ็ดราน้ำลึก (Pelagic longine)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	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	7□	-	-	215	30.00
B-4	<i>Xiphias gladius</i>	23	23-Nov-07	197	1□5	36	27	95	36	71	-	-	210	26.00
B-6	<i>Xiphias gladius</i>	12	15-Nov-07	194	175	9□	27	96	50	□0	-	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-5□	<i>Xiphias gladius</i>	7	11-Nov-07	231	224	4□	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	1□5	173	3□	44	92	50	71	-	-	202	21.00
B-75	<i>Xiphias gladius</i>	32	1-Dec-07	149	139	35	23	□6.6	30.4	53	-	-	160	10.00
B-76	<i>Xiphias gladius</i>	12	15-Nov-07	232	214	114	30	11□	45	106	-	-	250	51.00
B-7□	<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-□0	<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	□4	75	25.□	14.5	-	-	-	-	-	101	6.50
B-44	<i>Carcharhinus falciformis</i>	34	3-Dec-07	75	6□	22	12	-	-	-	-	-	93.6	3.70
B-72	<i>Carcharhinus falciformis</i>	17	19-Nov-07	90	□1.5	29.5	14.2	-	-	-	-	-	111	7.20
B-1	<i>Alopias superciliosus</i>	32	1-Dec-07	160	14□	53	30	-	-	-	-	-	254	49.00
B-3	<i>Alopias superciliosus</i>	34	3-Dec-07	1□9	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	□0.00

ตาราง ง-1 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL	
B-77	<i>Alopias superciliosus</i>	33	2-Dec-07	125	123	46	30	-	-	-	-	-	205	31.00
B-1	<i>Alopias superciliosus</i>	7	11-Nov-07	-	-	53	-	-	-	-	-	-	276	53.00
B-2	<i>Alopias superciliosus</i>	29	2-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	30.00

ตาราง ง-2 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากอ่าวเบงกอลที่จับได้โดยอวนลอย (Drift gillnet)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	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	1.90
B-43	Unidentified shark	26	26-Nov-07	69	64	21.2	14.5	-	-	-	-	-	77.6	3.22
B-64	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	3	7-Nov-07	106.2	96.6	30	21.2	-	-	-	-	-	131.1	12.20
B-6□	<i>Caranx Tille</i>	3	7-Nov-10	60.5	54.2	16.5	16.9	-	-	-	-	-	66.□	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>	1□	20-Nov-07	39.4	37	11	13	-	-	-	-	-	41	1.20
B-14	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	36	34	11	9	-	-	-	-	-	37.5	0.75
B-7	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	41	3□	12	9.5	-	-	-	-	-	43	1.20
B-11	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	36	33	10	□5	-	-	-	-	-	3□.5	0.□0
B-15	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	41	3□	12	11	-	-	-	-	-	43.5	1.26
B-1□	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	3□	35.5	10	9	-	-	-	-	-	40	1.10
B-19	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	37	34.5	10	9	-	-	-	-	-	39	0.□5
B-20	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	40	3□	11.5	11.5	-	-	-	-	-	43	1.40
B-23	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	39.5	36.5	11	11	-	-	-	-	-	41.5	1.10
B-27	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	40	37	11	10	-	-	-	-	-	42	1.15
B-2□	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	39	36.5	11	9	-	-	-	-	-	40.1	1.10
B-30	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	42	39	12	12	-	-	-	-	-	44	1.40
B-34	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	51.4	4□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-3□	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	□□	35.5	11.4	10.5	-	-	-	-	-	41	0.90
B-39	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	37.□	37	10	9.6	-	-	-	-	-	40	0.□6
B-41	<i>Kasuwonis pelamis</i>	26	26-Nov-07	43.□	41	12.5	11.4	-	-	-	-	-	46.4	1.40

ตาราง ง-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL	
B-45	<i>Kasuwonis pelamis</i>	30	29-Nov-07	66	61	1□	1□	-	-	-	-	-	69	5.50
B-47	<i>Kasuwonis pelamis</i>	30	29-Nov-07	70	65	20	20	-	-	-	-	-	73	6.15
B-4□	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	40.□	3□1	12	11.□	-	-	-	-	-	43	1.20
B-49	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	41.□	39.1	12.2	12	-	-	-	-	-	44.2	1.30
B-51	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	39.□	37	11	11	-	-	-	-	-	42	1.10
B-52	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	41.□	39	12.1	12	-	-	-	-	-	43.2	1.24
B-54	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	35.□	33.6	9.□	11.4	-	-	-	-	-	37.4	0.□
B-55	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	43	40	11.9	13	-	-	-	-	-	45	1.45
B-56	<i>Kasuwonis pelamis</i>	1□	20-Nov-07	40.2	37.□	11	11.□	-	-	-	-	-	42	1.14
B-63	<i>Kasuwonis pelamis</i>	3	7-Nov-07	6□	63.5	19	1□.5	-	-	-	-	-	77.5	6.35
B-9	<i>Kasuwonis pelamis</i>	16	1□-Nov-07	40	37.5	11.5	9.5	-	-	-	-	-	42.5	1.05
B-10	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	37.5	35.5	10	9	-	-	-	-	-	39.5	0.9□
B-13	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	36	34	9	□.5	-	-	-	-	-	3□.5	0.□
B-16	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	36	34.5	9.5	9	-	-	-	-	-	3□	0.70
B-17	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	30.5	2□.5	□.5	7	-	-	-	-	-	31.5	0.40
B-21	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70
B-22	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	37	34.5	9.5	□.5	-	-	-	-	-	39	0.□
B-26	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	37	34.5	9.5	9	-	-	-	-	-	3□	0.□
B-29	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	34	36.5	9	□.5	-	-	-	-	-	35.5	0.65
B-31	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	34	32	9	□.5	-	-	-	-	-	35.5	0.6□
B-32	<i>Auxis thazard</i>	16	1□-Nov-07	35.5	33.5	□	□.5	-	-	-	-	-	37.5	0.□
B-53	<i>Auxis thazard</i>	1□	20-Nov-07	3□.5	36	10	10	-	-	-	-	-	40	0.94
B-57	<i>Auxis thazard</i>	1□	20-Nov-07	37.5	35	9.□	11.1	-	-	-	-	-	39	0.90

ตาราง ง-2 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL	
B-□	<i>Euthynnus affinis</i>	16	1□Nov-07	3□.5	36	10.5	11	-	-	-	-	-	40.5	1.05
B-12	<i>Euthynnus affinis</i>	16	1□Nov-07	35.5	33	9	9	-	-	-	-	-	37	0.75
B-24	<i>Euthynnus affinis</i>	16	1□Nov-07	35	32.2	□	□.5	-	-	-	-	-	37	0.□
B-25	<i>Euthynnus affinis</i>	16	1□Nov-07	41	3□.5	13.2	12	-	-	-	-	-	42	0.□

ตาราง ง-3 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.066
A-36	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.051
A-37	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	14	16-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.035
A-56	<i>Decapterus russelli</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.067
A-57	<i>Decapterus russelli</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.5	0.050
A-5□	<i>Decapterus russelli</i>	1□	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.5	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

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-27	<i>Ephippus orbis</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	0.090
A-2□	<i>Ephippus orbis</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	0.0□3
A-229	<i>Epinephelus coioides</i>	67	27-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.5	0.□12
A-230	<i>Epinephelus coioides</i>	67	27-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35.5	0.7□0
A-92	<i>Loligo devaueceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.4	0.110
A-93	<i>Loligo devaueceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.044
A-94	<i>Loligo devaueceli</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.7	0.030
A-32	<i>Loligo duvaueceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	0.061
A-33	<i>Loligo duvaueceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	0.062
A-34	<i>Loligo duvaueceli</i>	12	15-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.0	0.062
A-1□1	<i>Loligo duvaueceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.2	0.043
A-1□2	<i>Loligo duvaueceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.9	0.066
A-1□3	<i>Loligo duvaueceli</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32.4	0.041
A-107	<i>Loligo sp.</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.5	0.121
A-10□	<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	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.4	0.1□4
A-194	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	56	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.1	0.135

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-195	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.090
A-223	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.5	0.225
A-224	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.141
A-225	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.3	0.096
A-44	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.□	0.0□3
A-45	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.6	0.060
A-46	<i>Nemipterus japonicus</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1□2	0.061
A-62	<i>Nemipterus japonicus</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2	0.075
A-63	<i>Nemipterus japonicus</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.0□□
A-64	<i>Nemipterus japonicus</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4	0.057
A-71	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.0□2
A-72	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.2	0.093
A-73	<i>Nemipterus japonicus</i>	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.3	0.054
A-□6	<i>Nemipterus japonicus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.066
A-□7	<i>Nemipterus japonicus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.074
A-□□	<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	0.09□
A-102	<i>Nemipterus japonicus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.4	0.095

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	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	0.12□
A-11□	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.0□
A-130	<i>Nemipterus japonicus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.□	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</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.2	0.130
A-143	<i>Nemipterus</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.4	0.11□
A-144	<i>Nemipterus</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.114
A-1□4	<i>Nemipterus</i> spp.	54	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.125
A-1□5	<i>Nemipterus</i> spp.	54	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.107
A-1□6	<i>Nemipterus</i> spp.	54	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	0.16□
A-199	<i>Parupeneus</i> sp.	56	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	0.051
A-200	<i>Parupeneus</i> sp.	56	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2	0.047
A-201	<i>Parupeneus</i> sp.	56	2□-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.050
A-14□	<i>Parupeneus</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1□9	0.055
A-149	<i>Parupeneus</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7	0.040
A-150	<i>Parupeneus</i> spp.	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.035
A-157	<i>Parupeneus</i> spp.	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.9	0.051

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-15 □	<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-16 □	<i>Parupeneus</i> spp.	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.3	0.034
A-202	<i>Parupeneus</i> spp.	56	2 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	0.190
A-203	<i>Parupeneus</i> spp.	56	2 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.197
A-204	<i>Parupeneus</i> spp.	56	2 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.5	0.109
A-214	<i>Parupeneus</i> spp.	57	2 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.0	0.234
A-215	<i>Parupeneus</i> spp.	57	2 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.5	0.194
A-216	<i>Parupeneus</i> spp.	57	2 □ 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 □ 4	0.0 □ 3
A-3 □	<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	1 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.1 □ 0
A-66	<i>Priacanthus macracanthus</i>	20	1 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	0.0 □ 3
A-67	<i>Priacanthus macracanthus</i>	20	1 □ Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.079
A- □ 3	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.142
A- □ 4	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.075
A- □ 5	<i>Priacanthus macracanthus</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16. □	0.049

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-9	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2	0.050
A-90	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.3	0.04
A-91	<i>Priacanthus macracanthus</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.	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.	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.9	0.24
A-12	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	0.25
A-129	<i>Priacanthus macracanthus</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29.	0.302
A-139	<i>Priacanthus macracanthus</i>	3	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.5	0.415
A-140	<i>Priacanthus macracanthus</i>	3	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.1	0.101
A-141	<i>Priacanthus macracanthus</i>	3	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-17	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.055

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-179	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.7	0.057
A-10	<i>Priacanthus macracanthus</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0	0.050
A-190	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.1	0.047
A-191	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.4	0.050
A-192	<i>Priacanthus macracanthus</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	0.055
A-205	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.2	0.060
A-206	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.9	0.056
A-207	<i>Priacanthus macracanthus</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.3	0.063
A-226	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.062
A-227	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.7	0.057
A-220	<i>Priacanthus macracanthus</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.061
A-133	<i>Pseudorhombus</i> sp.	30	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.2	0.264
A-134	<i>Pseudorhombus</i> sp.	30	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	0.145
A-135	<i>Pseudorhombus</i> sp.	30	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.6	0.121
A-50	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	10	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.1	0.065
A-51	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	10	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.1	0.040
A-52	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	10	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	0.064
A-47	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.060
A-40	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.032
A-49	<i>Saurida elongata</i>	16	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.0	0.039
A-74	<i>Saurida</i> sp.	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.0	0.129

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-75	<i>Saurida</i> sp.	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.9	0.100
A-76	<i>Saurida</i> sp.	20	1-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.6	0.067
A-53	<i>Saurida undosquamis</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.055
A-54	<i>Saurida undosquamis</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.0	0.046
A-55	<i>Saurida undosquamis</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1□.0	0.033
A-77	<i>Saurida undosquamis</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.3	0.112
A-7□	<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-9□	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.5	0.066
A-99	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1□□	0.041
A-100	<i>Saurida undosquamis</i>	27	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1□.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.□	0.0□4
A-112	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.4	0.0□5
A-119	<i>Saurida undosquamis</i>	37	23-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2□□	0.15□
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	0.1□7
A-145	<i>Saurida undosquamis</i>	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.5	0.126
A-146	<i>Saurida undosquamis</i>	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.0□□
A-147	<i>Saurida undosquamis</i>	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.7	0.0□2
A-163	<i>Saurida undosquamis</i>	44	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6	0.09□

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
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	0.04□
A-177	<i>Saurida undosquamis</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4	0.04□
A-17	<i>Saurida undosquamis</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	0.172
A-1□□	<i>Saurida undosquamis</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.3	0.067
A-19	<i>Saurida undosquamis</i>	54	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.4	0.059
A-20□	<i>Saurida undosquamis</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.0□□
A-209	<i>Saurida undosquamis</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.1	0.052
A-210	<i>Saurida undosquamis</i>	56	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.□	0.057
A-217	<i>Saurida undosquamis</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.7	0.093
A-21□	<i>Saurida undosquamis</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.1	0.092
A-219	<i>Saurida undosquamis</i>	57	2-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.0	0.103
A-□1	<i>Sphyraena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.0	0.059
A-□2	<i>Sphyraena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.4	0.055
A-19	<i>Sphyraena forsteri</i>	23	19-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.0	0.06□
A-59	<i>Sphyraena jello</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.2	0.077
A-60	<i>Sphyraena jello</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	0.061
A-61	<i>Sphyraena jello</i>	1□	17-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.6	0.073
A-136	<i>Trachinocephalus myops</i>	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.120

ตาราง ง-3 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานี	วัน-เดือน-ปี	ความยาว (cm)										น้ำหนัก (กก.)	
				FL	SL	HL	BD	EFL	PAL	CKL	EOP	BL	TL		
A-137	<i>Trachinocephalus myops</i>	3□	24-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.9	0.092
A-13□	<i>Trachinocephalus myops</i>	3□	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	0.09□
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.□	0.131
A-174	<i>Trachinocephalus myops</i>	47	25-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.077
A-196	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.3	0.172
A-197	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.5	0.134
A-19□	<i>Trachinocephalus myops</i>	56	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.3	0.123
A-220	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.5	0.143
A-221	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.0□3
A-222	<i>Trachinocephalus myops</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.0	0.09□
A-104	<i>Trichiurus lepturus</i>	35	13-Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71.4	0.36□
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-6□	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	1□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.035
A-69	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	1□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.4	0.025
A-70	<i>Upeneus moluccensis</i>	20	1□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.0	0.027
A-211	<i>Upeneus sp.</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.0	0.037
A-212	<i>Upeneus sp.</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.0	0.036
A-213	<i>Upeneus sp.</i>	57	2□Feb-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.5	0.036

ตาราง ง-4 ขนาดของสัตว์ทะเลแต่ละตัวอย่างจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก (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-□ar-07	-	-	-	3□	-	-	-	-	-	2□□	70
a-□	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	6-□ar-07	-	-	-	40	-	-	-	-	-	290	90
a-12	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	□ar-07	-	-	49	32	-	-	-	-	-	230	33
a-13	<i>Alopias Superciliosus</i>	-	□ar-07	-	-	54	40	-	-	-	-	-	296	90
a-9	<i>Istiophorus platypterus</i>	-	7-□ar-07	227	211	46	35	152	-	-	-	195	252	2□
a-19	<i>Sphyraena barracuda</i>	-	4-□ar-07	10□	66	-	1□	-	-	-	-	-	114	7
a-2	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-□ar-07	221	205	45	37	110	50	□7	-	154	240	40
a-3	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-□ar-07	150	101	33	27	70	35	54	-	136	160	10
a-4	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-□ar-07	171	155	3□	2□	□4	40	62	-	120	1□6	16
a-5	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-□ar-07	209	191	42	37	109	51	□2	-	149	230	35
a-7	<i>Xiphias gladius</i>	-	6-□ar-07	215	19□	46	36	110	54	□2	-	154	240	47
a-11	<i>Xiphias gladius</i>	-	7-□ar-07	231	213	42	3□	115	51	6□	-	155	240	45
a-14	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-□ar-07	133	123	31	23	□5	32	49	-	92	142	□
a-15	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-□ar-07	141	92	34	23	6□	41	51	-	91	14□	9.5
a-16	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-□ar-07	16□	91	44	27	□2	41	67	-	113	173	15
a-17	<i>Xiphias gladius</i>	-	9-□ar-07	16□	113	39	29	□5	42	63	-	120	1□9	1□
a-1□	<i>Xiphias gladius</i>	-	4-□ar-07	94	120	24	14.5	47	21	37	-	66	100	2.2
a-1	<i>Xiphias gladius</i>	-	5-□ar-07	156	143	35	25	74	34	55	-	109	172	13

ตาราง ง-5 ผลการวิเคราะห์ปรอทในตัวอย่าง ซ้ำ 10% ของตัวอย่างทั้งหมด

CODE	ปรอท (มก./กก.)					% (SD/mean)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย	SD	SE	
A-15	0.129	0.116	0.122	0.007	0.005	5.4
A-17	1.107	1.143	1.125	0.018	0.013	1.6
A-26	0.099	0.099	0.099	0.000	0.000	0.2
A-36	0.052	0.042	0.047	0.005	0.004	10.6
A-46	0.067	0.059	0.063	0.004	0.003	6.0
A-56	0.081	0.055	0.068	0.013	0.009	19.0
A-64	0.101	0.065	0.083	0.018	0.013	21.6
A-77	0.041	0.038	0.040	0.002	0.001	4.8
A-87	0.076	0.070	0.073	0.003	0.002	4.1
A-97	0.081	0.091	0.086	0.005	0.003	5.6
A-107	0.037	0.053	0.045	0.008	0.006	18.6
A-117	0.092	0.074	0.083	0.009	0.006	10.7
A-127	0.096	0.076	0.086	0.010	0.007	11.5
A-132	0.063	0.062	0.062	0.001	0.001	1.4
A-143	0.060	0.039	0.049	0.010	0.007	20.5
A-153	0.056	0.029	0.043	0.013	0.009	31.2
A-163	0.049	0.035	0.042	0.007	0.005	17.3
A-173	0.096	0.097	0.097	0.001	0.001	0.8
A-176	0.027	0.055	0.041	0.014	0.010	33.7
A-193	0.067	0.063	0.065	0.002	0.001	2.5
A-203	0.097	0.078	0.088	0.010	0.007	11.0
A-213	0.082	0.054	0.068	0.014	0.010	20.9
A-223	0.089	0.086	0.088	0.001	0.001	1.3
A-228	0.037	0.035	0.036	0.001	0.001	3.0
A-230	0.637	0.539	0.588	0.049	0.035	8.3
B-16	0.065	0.041	0.053	0.012	0.008	22.0
B-27	0.045	0.039	0.042	0.003	0.002	7.8
B-40	0.048	0.051	0.049	0.002	0.001	3.2
B-54	0.048	0.045	0.046	0.001	0.001	2.6
B-55	0.100	0.080	0.090	0.010	0.007	11.1
B-68	0.996	0.984	0.990	0.006	0.004	0.6
B-80	0.088	0.110	0.099	0.011	0.008	11.3
B-82	0.583	0.711	0.647	0.064	0.045	9.9
รวม 33 ตัวอย่างจากทั้งหมด 307 ตัวอย่าง					เฉลี่ย	10.3
					SD	8.9

หมายเหตุ: SD = Standard deviation; SE = Standard error

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variatioin) = SD/mean

ถ้า SD/mean มีค่าน้อยกว่า 10% แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์มีความแม่นยำ

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ;

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ;

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

ตาราง ง-6 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากอ่าวเบงกอลที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
B-1	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	254	49	0.538
B-3	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	319	90	0.381
B-5	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	252	42	0.862
B-61	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	277	70	0.519
B-62	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	293	80	0.381
B-77	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	205	31	0.198
B-81	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	276	53	0.589
B-82	<i>Alopias superciliosus</i>	PLL	250	35	0.647
B-10	<i>Auxis thazard</i>	GN	39.5	0.98	0.050
B-13	<i>Auxis thazard</i>	GN	38.5	0.80	0.049
B-16	<i>Auxis thazard</i>	GN	38	0.70	0.053
B-17	<i>Auxis thazard</i>	GN	31.5	0.40	0.044
B-21	<i>Auxis thazard</i>	GN	-	0.70	0.056
B-22	<i>Auxis thazard</i>	GN	39	0.80	0.052
B-26	<i>Auxis thazard</i>	GN	38	0.80	0.051
B-29	<i>Auxis thazard</i>	GN	35.5	0.65	0.072
B-31	<i>Auxis thazard</i>	GN	35.5	0.68	0.039
B-32	<i>Auxis thazard</i>	GN	37.5	0.85	0.044
B-53	<i>Auxis thazard</i>	GN	40	0.94	0.055
B-57	<i>Auxis thazard</i>	GN	39	0.90	0.202
B-68*	<i>Caranx Tille</i>	GN	66.8	3.30	0.886
B-64*	<i>Carcharhinus brachyurus</i>	GN	131.1	12.2	0.251
B-37	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	101	6.5	0.074
B-44	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	93.6	3.7	0.132
B-72	<i>Carcharhinus falciformis</i>	PLL	111	7.2	0.158
B-8	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	40.5	1.05	0.088
B-12	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	37	0.75	0.056
B-24	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	37	0.80	0.046
B-25	<i>Euthynnus affinis</i>	GN	42	0.83	0.062
B-50	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41	1.20	0.096
B-14	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	37.5	0.75	0.038
B-7	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.20	0.047
B-11	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	38.5	0.80	0.030
B-15	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43.5	1.26	0.039
B-18	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40	1.10	0.597

ตาราง ง-6 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
B-19	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	39	0.85	0.042
B-20	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.40	0.046
B-23	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41.5	1.10	0.046
B-27	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.15	0.042
B-28	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40.1	1.10	0.005
B-30	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	44	1.40	0.032
B-34	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	55	2.60	0.016
B-35	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	52	2.00	0.409
B-36	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	52	2.32	0.056
B-38	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	41	0.90	0.046
B-39	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	40	0.86	0.068
B-41	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	46.4	1.40	0.069
B-45	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	69	5.50	0.103
B-47	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	73	6.15	0.179
B-48	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43	1.20	0.065
B-49	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	44.2	1.30	0.071
B-51	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.10	0.063
B-52	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	43.2	1.24	0.056
B-54	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	37.4	0.82	0.046
B-55	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	45	1.45	0.090
B-56	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42	1.14	0.058
B-63*	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	77.5	6.35	0.408
B-9	<i>Kasuwonis pelamis</i>	GN	42.5	1.05	0.043
B-33	<i>Thunnus albacares</i>	PLL	137	35	0.061
B-73	<i>Thunnus albacares</i>	PLL	140	38	0.124
B-69	<i>Thunnus obesus</i>	GN	52	2.00	0.201
B-43	<i>Unidentified shark</i>	GN	87.6	3.22	0.048
B-2	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	215	30	0.375
B-4	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	210	26	0.338
B-6	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	207	27	0.101
B-40	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	129	5	0.049
B-42	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	225	29	0.376
B-58	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	253	60	1.245
B-59	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	242	40	1.024
B-60	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	255	61	1.162
B-71	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	262	60	0.609
B-74	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	202	21	0.454
B-75	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	10	0.098

ตาราง ง-6 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
B-76	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	250	51	0.488
B-78	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	-	14	0.098
B-79	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	137	5.5	0.026
B-80	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	12	0.099
B-46	<i>Xiphias gladius</i>	GN	151	8.9	0.101

หมายเหตุ: * = 1 ตัวอย่างวิเคราะห์ 3 ส่วน (ท้อง ครัวบ และ โคนหาง) คือ ปลาฉลามครัวบดำ (*Carcharhinus brachyurus*)

** = 1 ตัวอย่างวิเคราะห์ 2 ส่วน (ท้อง และ โคนหาง) คือ ปลากระมง (*Caranx tille*) และปลาทูน้าท้องแถบ (*Katsuwonus pelamis*)

ตาราง ง-7 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละตัวจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) ที่สุ่มตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม พ.ศ. 2550 พร้อมความยาวและน้ำหนักของแต่ละตัวอย่าง

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-29	<i>Alepes djedaba</i>	BT	15.3	0.051	0.031
A-30	<i>Alepes djedaba</i>	BT	17.0	0.067	0.104
A-31	<i>Alepes djedaba</i>	BT	17.4	0.069	0.203
A-6	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	288	70	0.744
A-8	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	290	90	0.396
A-12	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	230	33	0.244
A-13	<i>Alopias Superciliosus</i>	PLL	296	90	0.724
A-41	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	26.9	0.175	0.052
A-42	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	28.0	0.193	0.067
A-43	<i>Chrysochir aureus</i>	BT	25.5	0.137	0.060
A-35	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	28.5	0.086	0.055
A-36	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	25.0	0.058	0.042
A-37	<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	BT	21.5	0.035	0.052
A-56	<i>Decapterus russelli</i>	BT	19.1	0.067	0.055
A-57	<i>Decapterus russelli</i>	BT	18.5	0.050	0.121
A-58	<i>Decapterus russelli</i>	BT	20.0	0.069	0.102
A-20	<i>Drepane punctata</i>	BT	20.0	0.126	0.112
A-21	<i>Drepane punctata</i>	BT	17.9	0.105	0.079
A-22	<i>Drepane punctata</i>	BT	18.5	0.109	0.130
A-26	<i>Ephippus orbis</i>	BT	14.5	0.077	0.099
A-27	<i>Ephippus orbis</i>	BT	18.0	0.090	0.110
A-28	<i>Ephippus orbis</i>	BT	15.1	0.083	0.088
A-229	<i>Epinephelus coioides</i>	BT	36.5	0.812	0.500
A-230	<i>Epinephelus coioides</i>	BT	35.5	0.780	0.539
A-9*	<i>Istiophorus platypterus</i>	PLL	252	28	0.463
A-92	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	36.4	0.110	0.037
A-93	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	28.0	0.044	0.038
A-94	<i>Loligo devaueceli</i>	BT	25.7	0.030	0.055
A-32	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	24.3	0.061	0.055
A-33	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	25.2	0.062	0.057
A-34	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	26.0	0.062	0.055
A-181	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	33.2	0.043	0.043
A-182	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	33.9	0.066	0.039
A-183	<i>Loligo duvaueceli</i>	BT	32.4	0.041	0.048
A-107	<i>Loligo sp.</i>	BT	39.5	0.121	0.045
A-108	<i>Loligo sp.</i>	BT	32.3	0.103	0.010
A-109	<i>Loligo sp.</i>	BT	35.5	0.110	0.060

ตาราง ง-7 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-169	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.6	0.137	0.081
A-170	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	23.1	0.130	0.068
A-171	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	17.0	0.055	0.051
A-193	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	24.4	0.184	0.063
A-194	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.1	0.135	0.078
A-195	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	21.0	0.090	0.059
A-223	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	27.5	0.225	0.086
A-224	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	22.0	0.141	0.046
A-225	<i>Nemipterus bipunctatus</i>	BT	21.3	0.096	0.103
A-44	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	19.8	0.083	0.075
A-45	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	17.6	0.060	0.067
A-46	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	18.2	0.061	0.059
A-62	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.2	0.075	0.073
A-63	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.0	0.088	0.080
A-64	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.4	0.057	0.065
A-71	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.0	0.082	0.112
A-72	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.2	0.093	0.059
A-73	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.3	0.054	0.087
A-86	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.5	0.066	0.070
A-87	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	21.0	0.074	0.070
A-88	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.5	0.064	0.056
A-95	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.0	0.135	0.153
A-96	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	20.6	0.099	0.138
A-97	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	21.2	0.107	0.091
A-101	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.9	0.098	0.063
A-102	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.4	0.095	0.055
A-103	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	23.3	0.095	0.066
A-116	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	29.9	0.145	0.074
A-117	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.9	0.128	0.074
A-118	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	19.1	0.081	0.084
A-130	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	24.8	0.163	0.078
A-131	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	26.2	0.200	0.132
A-132	<i>Nemipterus japonicus</i>	BT	22.4	0.091	0.062
A-154	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	25.9	0.206	0.080
A-155	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	22.5	0.135	0.065
A-156	<i>Nemipterus peronii</i>	BT	19.1	0.090	0.095
A-142	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	22.2	0.130	0.107
A-143	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	21.4	0.118	0.039
A-144	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	21.0	0.114	0.072
A-184	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	21.0	0.125	0.080

ตาราง ง-7 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-185	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	21.0	0.107	0.082
A-186	<i>Nemipterus spp.</i>	BT	24.1	0.168	0.096
A-199	<i>Parupeneus sp.</i>	BT	17.3	0.051	0.097
A-200	<i>Parupeneus sp.</i>	BT	17.2	0.047	0.099
A-201	<i>Parupeneus sp.</i>	BT	17.0	0.050	0.087
A-148	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	18.9	0.055	0.166
A-149	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	15.7	0.040	0.089
A-150	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	15.0	0.035	0.082
A-157	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	16.9	0.051	0.125
A-158	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	17.0	0.050	0.142
A-159	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	15.2	0.041	0.130
A-166	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	15.7	0.036	0.105
A-167	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	14.9	0.033	0.059
A-168	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	15.3	0.034	0.061
A-202	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	24.9	0.190	0.083
A-203	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	25.0	0.197	0.078
A-204	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	20.5	0.109	0.123
A-214	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	26.0	0.234	0.090
A-215	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	24.5	0.194	0.088
A-216	<i>Parupeneus spp.</i>	BT	22.5	0.166	0.086
A-23	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	23.4	0.096	0.138
A-24	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	20.1	0.090	0.040
A-25	<i>Pennahia macrocephalus</i>	BT	18.4	0.083	0.042
A-38	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.0	0.143	0.053
A-39	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.7	0.167	0.079
A-40	<i>Pennahia anea</i>	BT	22.0	0.155	0.091
A-65	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	22.5	0.180	0.116
A-66	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	20.0	0.083	0.039
A-67	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.079	0.026
A-83	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	23.0	0.142	0.084
A-84	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	19.1	0.075	0.052
A-85	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.8	0.049	0.045
A-89	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	15.2	0.050	0.043
A-90	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.048	0.036
A-91	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	15.8	0.046	0.042
A-113	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.055	0.045
A-114	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.3	0.051	0.058
A-115	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.6	0.055	0.048
A-122	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	13.0	0.025	0.078
A-123	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.5	0.022	0.077

ตาราง ง-7 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-124	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.8	0.025	0.061
A-125	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	13.0	0.025	0.124
A-126	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	12.7	0.026	0.090
A-127	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	28.9	0.248	0.076
A-128	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	28.2	0.258	0.092
A-129	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	29.8	0.302	0.094
A-139	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	30.5	0.415	0.080
A-140	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	21.1	0.101	0.061
A-141	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.3	0.059	0.052
A-151	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	22.3	0.157	0.084
A-152	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.4	0.059	0.042
A-153	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.063	0.029
A-178	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.055	0.035
A-179	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.7	0.057	0.052
A-180	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.8	0.058	0.066
A-190	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.1	0.047	0.067
A-191	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	18.4	0.058	0.082
A-192	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.5	0.055	0.036
A-205	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	18.2	0.060	0.054
A-206	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.9	0.056	0.044
A-207	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.3	0.063	0.061
A-226	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.8	0.062	0.208
A-227	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	16.7	0.057	0.204
A-228	<i>Priacanthus macracanthus</i>	BT	17.0	0.061	0.035
A-133	<i>Pseudorhombus sp.</i>	BT	30.2	0.264	0.136
A-134	<i>Pseudorhombus sp.</i>	BT	22.4	0.145	0.093
A-135	<i>Pseudorhombus sp.</i>	BT	21.6	0.121	0.098
A-50	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	BT	18.1	0.065	0.042
A-51	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	BT	17.1	0.048	0.038
A-52	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	BT	19.0	0.064	0.028
A-47	<i>Saurida elongata</i>	BT	22.0	0.068	0.038
A-48	<i>Saurida elongata</i>	BT	17.8	0.032	0.035
A-49	<i>Saurida elongata</i>	BT	18.0	0.039	0.031
A-74	<i>Saurida sp.</i>	BT	27.0	0.129	0.126
A-75	<i>Saurida sp.</i>	BT	24.9	0.100	0.037
A-76	<i>Saurida sp.</i>	BT	22.6	0.067	0.042
A-53	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.0	0.055	0.085
A-54	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.0	0.046	0.076
A-55	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.0	0.033	0.041

ตาราง ง-7 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-77	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	25.3	0.112	0.038
A-78	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.5	0.042	0.040
A-79	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.4	0.051	0.028
A-98	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.5	0.066	0.058
A-99	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.8	0.041	0.042
A-100	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	18.0	0.050	0.055
A-110	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.1	0.096	0.041
A-111	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.8	0.084	0.030
A-112	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.4	0.085	0.037
A-119	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	28.8	0.158	0.081
A-120	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	27.3	0.144	0.084
A-121	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	29.5	0.187	0.102
A-145	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	25.5	0.126	0.045
A-146	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.0	0.088	0.042
A-147	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.7	0.082	0.056
A-163	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.6	0.098	0.035
A-164	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.2	0.062	0.044
A-165	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	21.5	0.064	0.046
A-175	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	27.9	0.172	0.057
A-176	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.0	0.048	0.055
A-177	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.4	0.048	0.035
A-187	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	28.0	0.172	0.055
A-188	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.3	0.067	0.032
A-189	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.4	0.059	0.062
A-208	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.5	0.088	0.042
A-209	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	19.1	0.052	0.056
A-210	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	20.8	0.057	0.050
A-217	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	22.7	0.093	0.045
A-218	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	23.1	0.092	0.060
A-219	<i>Saurida undosquamis</i>	BT	24.0	0.103	0.048
A-80	<i>Sphyraena barracuda</i>	PLL	114	7.000	0.035
A-81	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	22.0	0.059	0.113
A-82	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	21.4	0.055	0.114
A-19	<i>Sphyraena forsteri</i>	BT	23.0	0.068	0.942
A-59	<i>Sphyraena jello</i>	BT	25.2	0.077	0.066
A-60	<i>Sphyraena jello</i>	BT	24.1	0.061	0.069
A-61	<i>Sphyraena jello</i>	BT	24.6	0.073	0.078

ตาราง ง-7 (ต่อ)

CODE	ชื่อวิทยาศาสตร์	เครื่องมือ	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปรอท (มก./กก.)
A-136	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.5	0.120	0.131
A-137	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	20.9	0.092	0.049
A-138	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.5	0.102	0.059
A-160	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.0	0.107	0.083
A-161	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.089	0.058
A-162	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	20.4	0.091	0.054
A-172	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	24.3	0.141	0.091
A-173	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.8	0.131	0.097
A-174	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.077	0.042
A-196	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	25.3	0.172	0.074
A-197	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	23.5	0.134	0.074
A-198	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	24.3	0.123	0.059
A-220	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	22.5	0.143	0.062
A-221	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.083	0.057
A-222	<i>Trachinocephalus myops</i>	BT	21.0	0.098	0.066
A-104	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	71.4	0.368	0.053
A-105	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	66.5	0.355	0.056
A-106	<i>Trichiurus lepturus</i>	BT	65.6	0.353	0.044
A-68	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	15.0	0.035	0.099
A-69	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	13.4	0.025	0.093
A-70	<i>Upeneus moluccensis</i>	BT	14.0	0.027	0.064
A-211	<i>Upeneus</i> sp.	BT	16.0	0.037	0.107
A-212	<i>Upeneus</i> sp.	BT	15.0	0.036	0.108
A-213	<i>Upeneus</i> sp.	BT	14.5	0.036	0.054
A-2	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	40	1.096
A-3	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	160	10	0.168
A-4	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	186	16	0.508
A-5	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	230	35	0.556
A-7	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	47	0.341
A-11	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	240	45	0.396
A-14	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	142	8	0.226
A-15	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	148	9.5	0.122
A-16	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	173	15	0.244
A-17	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	189	18	1.125
A-18	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	100	2.2	0.031
A-1	<i>Xiphias gladius</i>	PLL	172	13	0.363

หมายเหตุ: * = 1 ตัวอย่างวิเคราะห์ 3 ส่วน (ท้อง ครีบ และ โคนหาง) คือ ปลากระโทงร่ม (*Istiophorus platypterus*)

ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบ T-Test และ การทดสอบ One-way ANOVA

1. การทดสอบ One-way ANOVA แบบ Multiple Comparisons (Fisher's Least Significant Difference: LSD)

1.1 ความแตกต่างของปรอทในสัตว์น้ำชนิดเดียวกัน ตามพื้นที่เก็บตัวอย่างในอ่าวเบงกอล

1.1.1 ความแตกต่างของปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาทูลำท้อแถบ (K. pelamis)

สมมติฐาน

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาทูลำท้อแถบ (K. pelamis) ในแต่ละพื้นที่ไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่; $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาทูลำท้อแถบ (K. pelamis) ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

นั่นคือ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีคู่ใดคู่หนึ่ง อย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตาราง จ-1 ผลการทดสอบ One – Way ANOVA ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาทูลำท้อแถบ (K. pelamis) ในแต่ละพื้นที่

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.195	2	.098	6.460	.005
Within Groups	.408	27	.015		
Total	.604	29			

ตาราง จ-2 Multiple Comparisons ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาทูลำท้อแถบ (K. pelamis) ในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD)

(I) Area	(J) Area	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Area A	Area B	-.05577	.090259	.542	-.24097	.1294
	Area C	-.12277*	.090259	.001	-.50797	-.1757
Area B	Area A	.05577	.090259	.542	-.1294	.24097
	Area C	-.26700*	.12002	.009	-.5198	-.01462
Area C	Area A	.12277*	.090259	.001	.1757	.50797
	Area B	.26700*	.12002	.009	.01462	.5198

* The mean difference is significant at the .05 level.

สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ ANOVA พบว่า ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลาทูน่าท้องแถบในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากการทดสอบโดยใช้ Multiple Comparisons ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) พบว่า ค่าเฉลี่ยของโปรตีนในปลาทูน่าท้องแถบจากพื้นที่ A แตกต่างกับพื้นที่ C และค่าเฉลี่ยของโปรตีนในปลาทูน่าท้องแถบ (*K. pelamis*) พื้นที่ B แตกต่างกับพื้นที่ C

1.1.2 ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ในแต่ละพื้นที่ไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่; $i \neq j$; $i, j = 1, 2, 3$ ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

นั่นคือ จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อมีคู่ใดคู่หนึ่ง อย่างน้อยหนึ่งคู่ที่แตกต่างกัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตาราง จ-□ ผลการทดสอบ One – Way ANOVA ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ในแต่ละพื้นที่

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.100	2	1.050	20.187	.000
Within Groups	.670	1□	.052		
Total	2.770	15			

ตาราง จ-4 Multiple Comparisons ปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) ในแต่ละพื้นที่ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD)

(I) Area	(J) Area	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Area A	Area B	.19188	.17941	.00	-.19176	.58151
	Area C	-.58250*	.18516	.008	-.98285	-.18215
Area B	Area A	-.19188	.17941	.00	-.58151	.19176
	Area C	-.77618*	.122575	.000	-1.04118	-.51157
Area C	Area A	.58250*	.18516	.008	.18215	.98285
	Area B	.77618*	.122575	.000	.51157	1.04118

* The mean difference is significant at the .05 level.

สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดสอบ ANOVA ปรากฏว่า ปริมาณเนื้อปลาในเนื้อปลากระโทงแทงคาบแต่ละพื้นที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากการทดสอบโดยใช้ Multiple Comparisons ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Difference (LSD) พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณเนื้อปลาในปลากระโทงแทงคาบ จากพื้นที่ A แตกต่างกับพื้นที่ C และค่าเฉลี่ยของปริมาณเนื้อปลาในปลากระโทงแทงคาบ พื้นที่ B แตกต่างกับพื้นที่ C

2. การทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test

2.1 ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามันไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามันแตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

ตาราง จ-5 ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper	
Hg (mg/kg)	Equal variances assumed	-.282	105	.778	-.0077	.027194	-.06162	.046177
	Equal variances not assumed	-.006	14.715	.717	-.0077	.021004	-.05222	.017768

สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจาก 95% ค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางตรงกันข้าม แสดงว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกัน และค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จาก 95% ค่าประมาณแบบช่วงของ μ_d พบว่า ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นบวกเหมือนกัน สรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” ไม่มีความแตกต่างกัน จากค่า Sig. มากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_0: \mu_d = 0$ นั่นคือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” มีความไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2 ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดที่มีเหมือนกัน ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

2.2.1 ปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*Alopias superciliosus*)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันแตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

ตาราง จ-6 ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. superciliosus*) ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper	
Hg (mg/kg)	Equal variances assumed	1.297	10	.224	.14917	.115047	-.107174	.405507
	Equal variances not assumed	1.297	8.768	.228	.14917	.115047	-.112140	.41047

สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจาก 95% ค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางตรงกันข้ามกัน

แสดงว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. Superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกัน และค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d = 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. Superciliosus*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จาก 95% ค่าประมาณแบบช่วงของ μ_d พบว่า ค่าต่ำสุดเป็นลบและค่าสูงสุดเป็นบวก สรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. Superciliosus*) จาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” ไม่มีความแตกต่างกัน จากค่า Sig. มากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d = 0$ นั่นคือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยปลาฉลามหางยาวหน้าหู (*A. Superciliosus*) จาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.2.2 ปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*)

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันแตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน

ตาราง จ-7 ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในปลากระโทงแทงดาบ (*Xiphias gladius*) ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Hg (mg/kg)	Equal variances assumed	-2.669	26	.01	-.6661	.17775	-.648992	-.08426
	Equal variances not assumed	-.560	25.098	.002	-.6661	.10298	-.578670	-.154558

สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจาก 95% ค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันแตกต่างกัน และค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จาก 95% ค่าประมาณแบบช่วงของ μ_d พบว่า ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ สรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” แตกต่างกัน จากค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ นั่นคือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยปลากระโทงแทงดาบ (*X. gladius*) จาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างเครื่องมือประมงที่ใช้เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

2.3.1 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างเครื่องมือเบ็ดรavnน้ำลึก

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกแตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับโดยเครื่องมือประมงเบ็ดรavnน้ำลึก จากอ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน

ตาราง จ-8 ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึก ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

		t-test for Equality of Means							
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
						Lower	Upper		
Hg (mg/kg)	Equal variances assumed	-.555	44	.001	-.1792	.089425	-.498144	-.17696	
	Equal variances not assumed	-.922	41.591	.000	-.1792	.081051	-.481518	-.15402	

สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจาก 95% ค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกแตกต่างกัน และค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จาก 95% ค่าประมาณแบบช่วงของ μ_d พบว่า ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบเหมือนกัน สรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” แตกต่างกัน จากค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ นั่นคือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำที่จับโดยเบ็ดรavnน้ำลึกจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3.2 เปรียบเทียบปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำระหว่างอวนลอย

สมมติฐาน

$H_0: \mu_d = 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยอวนลอยไม่แตกต่างกัน

$H_1: \mu_d \neq 0$ หรือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยอวนลอยแตกต่างกัน

โดยที่ $\mu_d =$ ผลต่างของปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่จับโดยเครื่องมืออวนลอย จาก
อ่าวเบงกอล และทะเลอันดามัน

ตาราง จ-9 ผลการทดสอบ T-Test แบบ Independent Samples Test ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อ
สัตว์น้ำที่จับโดยอวนลอย ในอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า)

		t-test for Equality of Means						
		t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
							Lower	Upper
Hg (mg/kg)	Equal variances assumed	-5.522	48	.000	-.5680	.064620	-.48671	-.226877
	Equal variances not assumed	-2.274	105	.106	-.5680	.156874	-.851172	.11756

สรุปผลการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจาก 95% ค่าประมาณแบบช่วง (95% Confidence Interval of the Difference) ของ μ_d จะพบว่าค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบ ซึ่งมีเครื่องหมายในทิศทางเดียวกัน แสดงว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยอวนลอยแตกต่างกัน และค่า Sig. น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลและทะเลอันดามันที่จับโดยอวนลอย แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จาก 95% ค่าประมาณแบบช่วงของ μ_d พบว่า ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเป็นลบเหมือนกัน สรุปได้ว่า ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำที่จับโดยอวนลอยจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” แตกต่างกัน จากค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน $H_1: \mu_d \neq 0$ นั่นคือ ปริมาณปรอทเฉลี่ยในสัตว์น้ำที่จับโดยอวนลอยจาก “อ่าวเบงกอล” และ “ทะเลอันดามัน” แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาคผนวก จ

ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลที่ศึกษา

ตาราง จ-1 ลักษณะการกินอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลแต่ละชนิด (ที่มา: Froese and Pauly, 2009)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด		สภาพแวดล้อม	อาหาร
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
1. <i>Alepes djedaba</i>	40	0.1	reef-associated; oceanodromous; marine	ปลาขนาดเล็ก copepods และ crustaceans ขนาดเล็ก
2. <i>Alopias superciliosus</i>	488	363.8	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0-500 ม. ปกติพบที่ 0-100 ม.	ปลาที่อาศัยอยู่กลางน้ำ (lancetfishes, herring, mackerel และ small billfishes) และปลาหน้าดิน รวมถึงหมึก
3. <i>Auxis thazard</i>	65	1.7	pelagic-neritic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ มากกว่า 50 ม.	สัตว์น้ำขนาดเล็ก เช่น ปลา หมึก และ planktonic crustaceans (megalops) และตัวอ่อนของ stomatopod
4. <i>Caranx Tille</i>	80	7.	reef-associated; marine ความลึกที่พบ 30-100 ม.	ปลา และ crustaceans
5. <i>Carcharhinus brachyurus</i>	30	304.6	reef-associated; oceanodromous; brackish; marine ความลึกที่พบ 0-360 ม.	ปลากลางน้ำและปลาหน้าดิน รวมทั้ง cephalopods ฉลามขนาดเล็ก และกระเบน
6. <i>Carcharhinus falciformis</i>	350	346	reef-associated; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0-4000 ม. ปกติพบที่ 0-500 ม.	ส่วนใหญ่เป็นปลาแต่บางครั้งกินหมึก แมงกะพรุน รวมทั้งปูที่อาศัยกลางน้ำ
7. <i>Chrysochir aureus</i>	30 (SL)	-	benthopelagic; brackish; marine	crustaceans ขนาดเล็ก
8. <i>Cynoglossus cynoglossus</i>	10	-	demersal; brackish; marine	สัตว์หน้าดิน ไม่มีกระดูกสันหลัง
9. <i>Decapterus russelli</i>	45	45	benthopelagic; marine ความลึกที่พบ 40-75 ม.	ส่วนใหญ่จะเป็นแพลงก์ตอนขนาดเล็กที่ไม่มีกระดูกสันหลัง
10. <i>Drepane punctata</i>	50	-	reef-associated; amphidromous; brackish; marine ความลึกที่พบ 10-49 ม.	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและปลาท้องน้ำขนาดเล็ก

ตาราง ฉ-1 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด		สภาพแวดล้อม	อาหาร
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
11. <i>Ehippus orbis</i>	5	-	reef-associated; amphidromous; marine ความลึกที่พบ 10–30 ม.	ไข่ปลา สัตว์หน้าดินที่ไม่มีกระดูกสันหลังและเศษสารอินทรีย์ที่เน่า สลาย (Detritus)
12. <i>Epinephelus coioides</i>	10	15	reef-associated; brackish; marine ความลึกที่พบ 0–100 ม.	สัตว์น้ำขนาดเล็ก เช่น ปลา กุ้ง และปู
13. <i>Euthynnus affinis</i>	100	14	pelagic-neritic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0–100 ม.	ปลาขนาดเล็กทุกชนิด โดยเฉพาะ clupeoids, atherinids ส่วนใหญ่ เป็นหมีก crustaceans และแพลงก์ตอนสัตว์
14. <i>Istiophorus platypterus</i>	348	100	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0–100 ม. ปกติพบมากกว่า 30 ม.	ปลาชนิดต่างๆ รวมทั้ง crustaceans และ cephalopods
15. <i>Kasuwonis pelamis</i>	110	34.5	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0–60 ม.	ปลา crustaceans, cephalopods และ mollusks บางครั้งก็กินปลา ชนิดเดียวกันเอง
16. <i>Loligo duvauceli</i>	0-35	-	pelagic; marine - neritic	กินสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กกว่า
17. <i>Nemipterus bipunctatus</i>	30	-	demersal; non-migratory; marine ความลึกที่พบ 18–100 ม.	ส่วนใหญ่จะเป็น crustaceans, cephalopods (หมีก), ปลาขนาดเล็ก และ polychaetes
18. <i>Nemipterus japonicus</i>	30	0.596	demersal; non-migratory; marine ความลึกที่พบ 5–80 ม.	ปลาขนาดเล็ก crustaceans, mollusks (ส่วนใหญ่เป็น cephalopods), polychaetes และ echinoderms
19. <i>Nemipterus peronii</i>	9	-	demersal; non-migratory; brackish; marine ความลึกที่พบ 17–100 ม.	ปลา crustaceans, mollusks และ polychaetes
20. <i>Nemipterus spp.</i>	3	-	demersal; marine	สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กและปลาชนิดอื่นๆ
21. <i>Parupeneus spp.</i>	3-30	-	demersal; marine	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก
22. <i>Pennahia macrocephalus</i>	3	-	demersal; marine ความลึกที่พบ 0–100 ม.	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก
23. <i>Pennahia anea</i>	30	-	demersal; marine ความลึกที่พบ 0–60 ม.	crustaceans ขนาดเล็ก และปลาขนาดเล็ก

ตาราง จ-1 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด		สภาพแวดล้อม	อาหาร
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
4. <i>Priacanthus macracanthus</i>	30	-	reef-associated; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0-400 ม.	ปลา
5. <i>Pseudorhombus sp.</i>	45	-	demersal; marine	สัตว์หน้าดิน
6. <i>Rastrelliger kanagurta</i>	35 (FL)	-	pelagic-neritic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0-90 ม.	phytoplankton (พวกไดอะตอม) zooplankton (cladocerans, ostracods, larval polychaetes) ไข่ของ <i>Cheilio inermis</i> และแพลงก์ตอนขนาดใหญ่ เช่น ตัวอ่อนของกุ้งและปลา
7. <i>Saurida elongata</i>	50	-	demersal; marine ความลึกที่พบ 0-100 ม.	ปลา (ปลา anchovy และ ปลากระบอกแดง <i>Mullus surmuletus</i>) crustaceans และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ
8. <i>Saurida sp.</i>	3 - 50	-	demersal; marine; reef-associated; amphidromous; marine	ปลา (ปลา anchovy และ ปลากระบอกแดง <i>Mullus surmuletus</i>) crustaceans และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ
9. <i>Saurida undosquamis</i>	31, 50	-	reef-associated; amphidromous; marine ความลึกที่พบ 1-350 ม.	ปลา (ปลา anchovy และ ปลากระบอกแดง <i>Mullus surmuletus</i>) crustaceans และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นๆ
30. <i>Sphyraena barracuda</i>	00	50	reef-associated; brackish; marine ความลึกที่พบ 1-100 ม. ปกติพบที่ 3-30 ม.	ปลา cephalopods และบางครั้งก็อาจจะกินกุ้งเป็นอาหาร
31. <i>Sphyraena forsteri</i>	75	-	reef-associated; marine ความลึกที่พบ 6-300 ม.	ส่วนใหญ่จะเป็นปลาแต่บางครั้งก็อาจจะกินกุ้งและหมึก
32. <i>Sphyraena jello</i>	150	11.5	reef-associated; oceanodromous; brackish; marine ความลึกที่พบ 0-00 ม.	ส่วนใหญ่เป็นปลาชนิดต่างๆ แต่บางครั้งก็อาจจะกินหมึก
33. <i>Thunnus albacares</i>	39	00	pelagic-oceanic; oceanodromous; brackish; marine ความลึกที่พบ 1-50 ม. ปกติพบ 1-100 ม.	ปลา crustaceans และหมึก
34. <i>Thunnus obesus</i>	50	10	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0-50 ม.	ปลาชนิดต่างๆ cephalopods และ crustaceans โดยจะหากินทั้งกลางวันและกลางคืน

ตาราง ฅ-1 (ต่อ)

ชื่อวิทยาศาสตร์	ขนาดสูงสุด		สภาพแวดล้อม	อาหาร
	ความยาว (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)		
35. <i>Trachinocephalus myops</i>	40	-	reef-associated; marine ความลึกที่พบ 0-400 ม. ปกติจะอยู่ที่ 3-90 ม.	ปลา และ crustaceans ขนาดเล็ก
36. <i>Trichiurus lepturus</i>	34	5	benthopelagic; amphidromous; brackish; marine ความลึกที่พบ 0-589 ม. ปกติพบที่ 100- 350 ม.	euphausiids, planktonic crustaceans และปลาขนาดเล็ก
37. <i>Upeneus moluccensis</i>	0	-	reef-associated; brackish; marine ความลึกที่พบ 10-100 ม.	ปลา crustaceans และหมีก
38. <i>Xiphias gladius</i>	455	650	pelagic-oceanic; oceanodromous; marine ความลึกที่พบ 0 - 800 ม. ปกติพบที่ 0-550 ม.	กินปลาเป็นอาหารหลัก ส่วนใหญ่เป็น Atlantic mackerel, barracudinas, silver shark, redfish, herring และ lanternfishes แต่ บางครั้งอาจจะกินพวกครัสเตเชียน (crustaceans) และหมีก (squids)

¹ เพศเมีย □ เพศผู้

ภาคผนวก ข
ค่า HQ และ PTWI ของตัวอย่างสัตว์น้ำแต่ละชนิด
พร้อมตัวอย่างการหาค่า HQ และ PTWI

ตาราง ข-1 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ ค่า Average mercury daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า PTWI (กก./สัปดาห์) ของสัตว์น้ำทั้ง 11 ชนิดจากอ่าวเบงกอล โดยใช้น้ำหนักตัวผู้บริโภค 50 กก. และ 60 กก.

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ค่าเฉลี่ย Hg (มก./กก. นน. เปียก □	ADI (มก./ กก./วัน □	Hazard Quotient	PTWI (กก./สัปดาห์ □	
					50 กก.	60 กก.
<i>Caranx tille</i>	กระมง	0.886	0.476	4.76	0.10	0.12
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนู	0.514	0.276	2.76	0.17	0.21
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	0.478	0.257	2.57	0.19	0.22
<i>Carcharhinus brachyurus</i>	ฉลามครีบดำ	0.251	0.135	1.35	0.35	0.42
<i>Thunnus obesus</i>	ทูน่าตาโต	0.201	0.108	1.08	0.44	0.53
<i>Carcharhinus falciformis</i>	ฉลาม silky	0.122	0.065	0.65	0.73	0.88
<i>Katsuwonus pelamis</i>	ทูน่าท้องแถบ	0.100	0.059	0.59	0.80	0.97
<i>Thunnus albacares</i>	ทูน่าครีบเหลือง	0.092	0.050	0.50	0.96	1.16
<i>Auxis thazard</i>	โอแกลบ	0.064	0.034	0.34	1.39	1.67
<i>Euthynnus affinis</i>	โอลาย	0.063	0.034	0.34	1.41	1.70
Unidentified shark	ฉลาม	0.048	0.026	0.26	1.85	2.22

ADI = Average mercury daily intake, HQ = Hazard Quotient, PTWI = Provisional Tolerable Weekly Intake
 BW. = 50 กก. สำหรับคนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่น้ำหนักเฉลี่ย 50 กก., BW. = 60 กก. สำหรับคนทั่วไปน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก.

ตาราง ข-2 ปริมาณการปนเปื้อนของปรอทเฉลี่ยในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ ค่า Average mercury daily intake (ADI) ค่า Hazard Quotient (HQ) และค่า PTWI (กก./สัปดาห์) ของสัตว์น้ำทั้ง 32 ชนิดจากทะเลอันดามัน (น่านน้ำพม่า) โดยใช้น้ำหนักตัวผู้บริโภค 50 กก. และ 60 กก.

ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ	ค่าเฉลี่ย Hg (มก./กก. นน. เปียก □	ADI (มก./ กก./วัน □	Hazard Quotient	PTWI (กก./สัปดาห์ □	
					50 กก.	60 กก.
<i>Sphyræna barracuda</i>	น้ำดอกไม้	0.942	0.506	5.06	0.09	0.11
<i>Alopias superciliosus</i>	ฉลามหางยาวหน้าหนู	0.527	0.283	2.83	0.17	0.20
<i>Epinephelus coioides</i>	กะรังดอกแดง	0.519	0.279	2.79	0.17	0.21
<i>Istiophorus platypterus</i>	กระโทงรม	0.463	0.249	2.49	0.19	0.23
<i>Xiphias gladius</i>	กระโทงแทงดาบ	0.431	0.232	2.32	0.21	0.25
<i>Alepes djedaba</i>	สีกุน	0.113	0.06	0.61	0.79	0.95
<i>Pseudorhombus sp.</i>	ตาเดียว	0.109	0.059	0.59	0.81	0.98
<i>Drepane punctata</i>	ไบโพธิ์จุด	0.107	0.057	0.57	0.83	1.00
<i>Parupeneus spp.</i>	แพะ	0.099	0.053	0.53	0.89	1.07
<i>Ephippus orbis</i>	ไบป้อ	0.099	0.053	0.53	0.90	1.08
<i>Decapterus russelli</i>	ทูแขก	0.093	0.050	0.50	0.96	1.15
<i>Upeneus sp.</i>	หนวดถายี่	0.090	0.048	0.48	0.99	1.19
<i>Sphyræna forsteri</i>	สาก	0.088	0.047	0.47	1.25	1.50
<i>Upeneus moluccensis</i>	หนวดถายี่	0.085	0.046	0.46	1.04	1.25
<i>Nemipterus japonicus</i>	ทรายแดงญี่ปุ่น	0.081	0.043	0.44	1.10	1.32
<i>Nemipterus peronii</i>	ทรายแดง	0.080	0.043	0.43	1.11	1.34
<i>Nemipterus spp.</i>	ทรายแดง	0.079	0.043	0.43	1.12	1.34
<i>Pennahia anea</i>	จวดขาว	0.074	0.040	0.40	1.20	1.44
<i>Pennahia macrocephalus</i>	จวด	0.073	0.039	0.39	1.21	1.45
<i>Sphyræna jello</i>	สาก	0.071	0.038	0.38	1.02	1.22
<i>Nemipterus bipunctatus</i>	ทรายแดง	0.071	0.038	0.38	1.26	1.51
<i>Trachinocephalus myops</i>	ปากคมหูดำ	0.070	0.038	0.38	1.26	1.51
<i>Priacanthus macracanthus</i>	ตาหวานจุดน้ำตาล	0.069	0.037	0.37	1.29	1.55
<i>Saurida sp.</i>	ปากคม	0.068	0.037	0.37	1.30	1.56
<i>Chrysochir aureus</i>	จวดเขียว	0.060	0.032	0.32	1.49	1.79
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคมหางจุด	0.052	0.028	0.28	1.72	2.07
<i>Trichiurus lepturus</i>	ดูบเงินใหญ่	0.051	0.028	0.28	1.74	2.08
<i>Cynoglossus cynoglossus</i>	ลิ้นหมา	0.050	0.027	0.27	1.79	2.15
<i>Loligo duvauceli</i>	หมึกกล้วย	0.047	0.025	0.25	1.88	2.25
<i>Loligo sp.</i>	หมึก	0.039	0.021	0.21	2.31	2.77
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	ลิ้ง	0.036	0.019	0.19	2.46	2.95
<i>Saurida elongata</i>	ปากคม	0.035	0.019	0.19	2.54	3.04

ADI = Average mercury daily intake, HQ = Hazard Quotient, PTWI = Provisional Tolerable Weekly Intake
 BW. = 50 กก. สำหรับคนเอเชียตะวันออกเพียงได้ที่น้ำหนักเฉลี่ย 50 กก., BW. = 60 กก. สำหรับคนทั่วไปน้ำหนักเฉลี่ย 60 กก.

ตัวอย่างการหาค่า HQ และ PTWI

1. ตัวอย่างการหาค่า HQ

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

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

โดยที่ ค่า Rfd (Reference dose for chronic oral exposure) สำหรับปรอท เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน (EPA, 2005)

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

โดยที่	CF	=	ความเข้มข้นของปรอทเฉลี่ยในปลา (มก./กก.)
	IR	=	อัตราการรับประทานเนื้อปลา ค่าเฉลี่ยสำหรับคนไทย = 0.028 กก./มื้อ
	FI	=	สัดส่วนการรับประทานที่ปนเปื้อน เท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย)
	EF	=	ความถี่ของการรับสัมผัส = 350 มื้อ/ปี (EPA, 1989)
	ED	=	ระยะเวลาที่สัมผัส = 30 ปี (EPA, 1989)
	BW	=	น้ำหนักตัวเฉลี่ย น้ำหนักของคนไทยเฉลี่ย = 50 กก. (Agusa <i>et al.</i> , 2007)
	AT	=	ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง = 10,950 วัน (EPA, 1989)

ที่มาของค่าต่างๆ ที่ใช้แทนค่าในสมการ

ในการคำนวณหาค่า HQ และ ADI สำหรับการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำจากอ่าวเบงกอลในการศึกษาครั้งนี้ แทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ จ-1 และ จ-2 ดังนี้

- CF (Contaminant concentration of mercury in fish)
 - หมายถึง ปริมาณปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ หน่วยเป็น มก./กก. น้ำหนักเปียก
 - ใช้ค่าเฉลี่ยของปรอทที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้
- IR (Ingestion rate)
 - หมายถึง ปริมาณเนื้อปลาหรืออาหารทะเลที่รับประทานในแต่ละมื้อ หน่วยเป็น กก./มื้อ
 - FAO (2005) รายงานปริมาณการบริโภคเนื้อปลาหรืออาหารทะเลของคนไทยไว้เท่ากับ 85 ก./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
 - EPA (1989) กำหนดค่าความถี่ของการรับสัมผัสเป็น 350 มื้อ/ปี
- ED (Exposure duration)
 - หมายถึง ระยะเวลาที่สัมผัส มีหน่วยเป็นปี
 - สำหรับความเป็นพิษที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง (non-carcinogenic effect) EPA (1999) กำหนดให้ใช้ระยะเวลา 30 ปี
- BW (Body weight)
 - หมายถึง น้ำหนักตัวโดยเฉลี่ยของคนไทย มีหน่วยเป็น กก.
 - Agusa *et al.* (2007) สำหรับคนไทย กำหนดให้ใช้น้ำหนักตัวเท่ากับ 50 กก.
- AT (Average time exposed)
 - หมายถึง อายุขัยเฉลี่ยของประชากรที่จะได้รับความเสี่ยง มีหน่วยเป็น วัน
 - สำหรับสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง EPA (1989) กำหนดให้ใช้อายุเฉลี่ย 30 ปี
คูณด้วย 365 วัน (30 × 365) ดังนั้น AT = 10,950 วัน
- Rfd (Reference dose for chronic oral exposure)
 - ค่า Rfd สำหรับปรอท = 0.1 มก./กก.นน.ตัว/วัน (EPA, 2005)

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณค่า HQ ในการบริโภคปลากระมัง (*C. tille*) จากอ่าวเบงกอล

$$\begin{aligned}
 ADI &= \frac{(CF)(IR)(FI)(EF)(ED)}{(BW)(AT)} \\
 &= \frac{(0.886)(0.028)(1)(350)(30)}{(50)(10,950)} \\
 &= 0.476 \text{ มก./กก./วัน}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 HQ &= \frac{\text{Average mercury daily intake}}{\text{Rfd}} \\
 &= \frac{0.476}{0.1} \\
 &= 4.76
 \end{aligned}$$

หากค่า $HQ > 1$ แสดงว่า ปริมาณปรอทที่ร่างกายได้รับอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคอาจก่อให้เกิดโรคต่างๆ ซึ่งไม่ใช่โรคมะเร็ง ในที่นี้ได้ > 1 แสดงว่า การบริโภคเนื้อปลากระมง (*C. tille*) จากอ่าวเบงกอลมีความเสี่ยงมาก

2. ตัวอย่างการหาค่า PTWI

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

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

โดยที่

- $PTWI$ = ปริมาณปรอททั้งหมดที่ร่างกายได้รับอย่างปลอดภัยมีหน่วยเป็น กรัม/สัปดาห์
- TRV = ปริมาณปรอทที่มนุษย์จะรับได้วันละ 1.6 มก./กก./วัน
- BW = น้ำหนักตัวมีหน่วยเป็น กก.
- C_f = ค่าเฉลี่ยของปรอทในปลาแต่ละชนิดมีหน่วยเป็น มก./กก.
- 7 = จำนวนวัน/สัปดาห์

ที่มาของค่าต่างๆ ที่ใช้แทนค่าในสมการ

ในการคำนวณหาค่า PTWI สำหรับการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลอันดามันในการศึกษาครั้งนี้ แทนค่าตัวแปรต่างๆ ในสมการ จ-3 (JECFA, 2005) ดังนี้

- TRV หมายถึง ปริมาณปรอทที่มนุษย์จะรับได้ = ไม่เกินวันละ 0.23 มก./กก./วัน
- BW หมายถึง น้ำหนักตัวของผู้บริโภคโดยใช้น้ำหนักตัวเฉลี่ยของคนทั่วไป 60 กก. (JECFA, 2005) และคำนวณโดยใช้ 50 กก. สำหรับคนไทย (Agusa *et al.*, 2007)
- C_f หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปรอทในปลาแต่ละชนิด โดยคิดค่า 90% ของปรอทที่ปนเปื้อนในปลาอยู่ในรูปของปรอทอินทรีย์ (Windom and Cranmer, 1998) หน่วยเป็น มก./กก.

วิธีการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณค่า PTWI ในการบริโภคปลากระมง (*C. tille*) จากอ่าวเบงกอล โดยค่าเฉลี่ยของปรอททั้งหมดเท่ากับ 0.886 มก./กก. อยู่ในรูปของปรอทอินทรีย์เท่ากับ 0.797 มก./กก.

$$\begin{aligned}
 PTWI &= \frac{(0.23)(60)(7)}{(0.797)} \\
 &= 121.2 \text{ กรัม/สัปดาห์} \\
 &= 0.12 \text{ กก./สัปดาห์}
 \end{aligned}$$

และเมื่อคำนวณสำหรับคนไทยที่น้ำหนักตัวเฉลี่ยเท่ากับ 50 กก. (EPA, 2005) จะได้ค่า PTWI = 0.10 กก./สัปดาห์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นายจิณฉัตรธรรม หารเทา	
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5010920006	
วุฒิการศึกษา		
วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

จิณฉัตรธรรม หารเทา, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล, สายัณห์ พรหมจินดา, เพ็ญจันทร์ ละอองมณี, นาวิณี ชุมทองและอิสระ ชาญราชกิจ. 2551. การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อปลาจากทะเลอันดามันตอนบน. ในเอกสารประกอบ *การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ปี 2551*. 25-27 สิงหาคม 2551 ณ โรงแรมภูเก็ต เมโทรโพล จังหวัดภูเก็ต.

Sompongchaiyakul, P., J. Hantow, S. Sornkrut, M. Sumontha and R.P.P.K. Jayasinghe. 2009. An Assessment of Mercury Concentration in Fish Tissues Caught from Three Compartments of the Bay of Bengal. In: *The Ecosystem-Based Fishery Management in the Bay of Bengal*. p. 221-232.