

ความเข้มข้นของปรอทรวมในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาทะเลบางชนิด
ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย



นางสาวพิมพ์ร เจริญศรี

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0424-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**TOTAL MERCURY CONCENTRATIONS IN DIFFERENT TISSUES OF MARINE FISHES
INHABITED AROUND THE NATURAL GAS PRODUCTION PLATFORMS
IN THE GULF OF THAILAND**



MISS PIMPORN CHAROENSRI

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

Inter – department of Environmental Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0424-9

พิมพ์ เจริญศรี : ความเข้มข้นของปรอทรวมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลาทะเลบางชนิดที่อาศัยอยู่ในบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย. (TOTAL MERCURY CONCENTRATIONS IN DIFFERENT TISSUES OF MARINE FISHES INHABITATED AROUND THE NATURAL GAS PRODUCTION PLATFORMS IN THE GULF OF THAILAND) อ. ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 92 หน้า. ISBN 974-03-0424-9.

ศึกษาความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลาทะเลสามชนิด ได้แก่ ปลากะพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal), ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) และปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณชายฝั่งปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ การวิเคราะห์ความเข้มข้นปรอทใช้วิธี Cold Vapor Atomic Absorption ผลการศึกษาพบว่าชนิดของเนื้อเยื่อมีผลต่อการสะสมของปรอท โดยตับและไตมีความสามารถในการสะสมปรอทมากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ในปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งพบความสัมพันธ์เชิงบวกของความเข้มข้นปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อทั้งสามชนิด

ชนิดของปลา มีผลต่อการสะสมปรอท ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและตับของปลาหางแข็งสูงกว่าปลากะพงเขียวและปลากาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความเข้มข้นปรอทในไตของปลากะพงเขียวสูงที่สุด รองลงมาในปลาหางแข็งและปลากา ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งที่อาศัยในบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติมีแนวโน้มสูงกว่าในบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี แต่ไม่มีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างความเข้มข้นของปรอทกับความยาวลำตัวของปลากะพงเขียว ปลาหางแข็งและปลากาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติ และบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี

ภาควิชา สาขา.....
 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม.....
 ปีการศึกษา 2544.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม.....

4289684320 : INTER-DEPARTMENT ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: MERCURY / NATURAL PRODUCTION PLATFORMS / GULF OF THAILAND

PIMPORN CHAROENSRI : TOTAL MERCURY CONCENTRATIONS IN DIFFERENT TISSUES OF MARINE FISHES INHABITATED AROUND THE NATURAL GAS PRODUCTION PLATFORMS IN THE GULF OF THAILAND.

THESIS ADVISOR : PROF. Dr. PIAMSAK MENASVETA, Ph.D. 92 pp.

ISBN 974-03-0424-9.

The mercury concentrations in muscle tissues, liver and kidney samples of three marine fishes : snapper (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal), dusky jack (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) and chub (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) inhabited around the natural gas platforms in the gulf of Thailand and Pranburi coastal area in Prachuabkhirikhan province were studied during January to April 2001. Mercury analysis was conducted using cold vapor atomic absorption technique. The study showed that type of tissues had some relationships with mercury accumulation. Mercury accumulation in liver and kidney was higher than muscle tissues. The positive correlations between mercury concentrations and types of tissue were found in snappers and dusky jack.

Type of fishes were related with mercury accumulation. Mercury concentrations in dusky jack muscle tissues and liver were significantly higher than those of snapper and chub (p<0.05). Snapper kidney mercury concentrations was significantly higher than dusky jack and chub. (p<0.05).

The mercury concentrations in muscle tissues, liver and kidney in snapper and dusky jack inhabited around the natural gas platforms had a tendency to higher than those inhabited in Pranburi coastal area, but there was no statistical significant.

The positive correlations between mercury concentrations and the length size of these three species inhabited in both area were found.

Department INTER-DEPARTMENT

Student's signature.....*Pimporn Charoensri*

Field of study ENVIRONMENTAL SCIENCE

Advisor's signature.....*Piamsak Menasveta*

Academic year 2001

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง จากศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือจัดหาทุนสำหรับการวิจัย ให้คำปรึกษา แนะนำ ถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ และช่วยตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบุลย์ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒนาการ และรองศาสตราจารย์ เปรมจิตต์ แทนสถิตย์ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณสมบัติ อินทร์คง ที่ได้ให้ความรู้ความเข้าใจ ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ และเอื้อเพื่อข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้เอื้อเพื่อห้องปฏิบัติการและเครื่องมือในการวิเคราะห์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีระชิตีวรกุล สำหรับคำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณปรีชา จิรพรเจริญสุข ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลา ตลอดจนความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา

และเนื่องจากทุนวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัย ของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคน สำหรับน้ำใจและมิตรภาพที่ดีตลอดมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ทุกคนในครอบครัว ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. การศึกษาจากเอกสาร.....	4
3. วิธีดำเนินงานวิจัย.....	32
4. ผลการวิจัย.....	41
5. วิเคราะห์ผลการวิจัย.....	61
6. สรุปผล.....	66
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	73
ภาคผนวก ข.....	89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	92

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2-1 ปริมาณ methylmercury ในสัตว์ทะเลของสหรัฐอเมริกา.....	16
2-2 มาตรฐานปรอทในสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่างๆ และปลาของสถาบัน EPA สหรัฐอเมริกา.....	18
2-3 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณปรอทและปรอทอินทรีย์ในสัตว์น้ำขององค์การนานาชาติต่างๆ.....	19
2-4 การกำหนดปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในปลาโดยประเทศต่างๆ.....	20
2-5 สัดส่วนปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลวและปริมาณน้ำทิ้งจากแท่นผลิต ของบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด และป.ต.ท.ส.ผ. ที่ใช้เป็นบริเวณศึกษาในปี 2543.....	22
2-6 แสดงการศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในสัมปทาน ของบริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด โดยหน่วยงานต่างๆ.....	23
2-7 ปริมาณปรอทรวมในเนื้อเยื่อปลาจากแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติของ บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด ระหว่างปี 2536 – 2542.....	24
2-8 ปริมาณปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตจากอ่าวไทยตอนบน.....	25
2-9 ความเข้มข้นปรอทรวมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลในทะเลบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย.....	28
4-1 ผลการวิเคราะห์ปรอทในเนื้อเยื่อตับปลามาตรฐาน DOLT-2.....	42
4-2 การตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ recovery เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือ.....	43
4-3 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากระพงเขียว (<i>Lutjanus cinerascens</i> Forsskal) บริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย.....	45
4-4 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลาหางแข็ง (<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard) บริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย.....	46
4-5 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากา (<i>Kyphosus cinerascens</i> Forsskal) บริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย.....	47
4-6 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากระพงเขียว (<i>Lutjanus argentimaculatus</i> Forsskal) บริเวณปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.....	48
4-7 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไตของปลาหางแข็ง (<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard) บริเวณปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.....	49
4-8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลา.....	53
4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัว ของปลาชนิดต่างๆ.....	60

ก-21	การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลากระพงเทียบกับปลาหางแข็งในปี พ.ศ. 2543.....	88
ก-22	การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลากระพงเขี้ยวในปี พ.ศ. 2543 กับ ปี พ.ศ. 2544.....	88
ก-23	การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาหางแข็งในปี พ.ศ. 2543 กับ ปี พ.ศ. 2544.....	88



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1	วงจรมุมนเวียนปรอทในสิ่งแวดล้อม.....5
2-2	รูปแบบของปรอทอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม.....7
2-3	สมการการหมุนเวียนปรอทในสิ่งแวดล้อม.....8
2-4	การเปลี่ยนแปลงของปรอทในแหล่งน้ำเข้าสู่ตัวปลา.....9
2-5	กระบวนการพื้นฐานที่นำไปสู่การสะสมทางชีวภาพในปลา.....12
3-1	ปลากะพงเขียว (<i>Lutjanus argentimaculatus</i> Forsskal).....3
3-2	ปลาหางแข็ง (<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard).....33
3-3	ปลากา (<i>Kyphosus cinerascens</i> Forsskal).....33
3-4	แสดงตำแหน่งการตัดเก็บเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อปลาทะเลบริเวณใต้โคนครีบหลัง.....34
3-5	แสดงตำแหน่งที่เก็บเนื้อเยื่อตับและไตของปลา.....34
3-6	แสดงจุดเก็บตัวอย่างปลาบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย และบริเวณแหล่ง อ้างอิงที่อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.....36
3-7	Flameless Atomic Absorption Spectrophotometer Mercury Monitor Detector model 3200 (mercury Monitor™ 3200).....39
4-1	ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากะพงเขียว.....50
4-2	ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็ง.....51
4-3	ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากา.....52
4-4	ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ.....54
4-5	ความเข้มข้นของปรอทในตับของปลาชนิดต่าง ๆ.....55
4-6	ความเข้มข้นของปรอทในไตของปลาชนิดต่าง ๆ.....56
4-7	ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณ แท่นผลิตก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี.....57
4-8	ความเข้มข้นของปรอทในตับของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณ แท่นผลิตก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี.....58
4-9	ความเข้มข้นของปรอทในไตของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณ แท่นผลิตก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี.....59

บทที่ 1

บทนำ

โลหะหนักบางชนิดมีความเป็นพิษอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิต แต่โลหะหนักหลายชนิดก็มีประโยชน์ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบและส่วนประกอบหรือตัวกระตุ้นในกระบวนการผลิตต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนที่เหลือตกค้างจะปนเปื้อนกับน้ำทิ้งหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำใกล้เคียงหรือแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมทางอากาศ นอกจากนี้โลหะหนักยังปนเปื้อนมากับของเสียต่างๆ ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์และแหล่งชุมชน ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ปรอทเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูง ได้ก่อให้เกิดปัญหาพิษอย่างร้ายแรงในที่ต่างๆ หลายแห่งทั่วโลก ดังตัวอย่างกรณีโรคมินามาตะ (Minamata disease) ที่เกิดกับประชาชนในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งปรอทถูกใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการผลิต Acetaldehyde และ Vinyl Chloride น้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานจึงมีส่วนผสมของปรอทอยู่มาก เมื่อถูกปล่อยลงสู่ทะเลในอ่าวมินามาตะ สารปรอทจึงได้เข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำ เมื่อประชาชนบริโภคสัตว์น้ำที่มีปรอทปนเปื้อนสูง ทำให้ได้รับพิษของปรอท นอกจากนี้ยังมีรายงานทำนองเดียวกันเกิดขึ้นจากสารปรอทในประเทศอิรัก, ปากีสถาน, กัวเตมาลา, กานา, ยูโกสลาเวีย และสหรัฐอเมริกา ซึ่งเกิดจากการรับประทานอาหารที่มีสารปรอทเป็นส่วนผสมอยู่มากกว่าปกติ ปัญหาพิษจากปรอท ไม่เพียงทำลายสภาพแวดล้อมและชีวิตเท่านั้น แต่ยังก่อให้เกิดปัญหาทางสังคมตามมาอีกด้วย

แหล่งปลดปล่อยสารปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม มาจากแหล่งธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ กิจกรรมของมนุษย์โดยเฉพาะการสำรวจและผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ซึ่งในกระบวนการขุดเจาะและการผลิตก๊าซธรรมชาติ นอกจากปิโตรเลียมที่ได้นำขึ้นมาใช้แล้ว ยังมีองค์ประกอบที่เจือปนอยู่ในเศษหินเศษดินต่างๆ รวมถึงในน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะโลหะหนักจำพวกสารปรอทจำนวนมาก อาจแพร่กระจายลงสู่อ่าวไทย ส่งผลกระทบต่อปลาและสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง รวมถึงผลกระทบที่จะเกิดกับมนุษย์ในที่สุด

การถ่ายทอดของสารปรอทในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามี的增加ขยายทางชีวภาพ (biomagnification) ตามลำดับขั้นของผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร โดยเฉพาะปลา ถือเป็นผู้บริโภคลำดับสูง จะมีการสะสมปริมาณปรอทที่เพิ่มมากขึ้น (Cheevaparanapiwat and Menasveta, 1979) ทั้งนี้การสะสมปรอทในปลาถือเป็นปัญหาสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากปลาเป็นอาหารสำคัญของมนุษย์ เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของคนไทย อัตราการบริโภคปลาของคนไทยโดยตรงประมาณ 61 กรัมต่อวันต่อคน (Menasveta, 1993) ซึ่งอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างสูง ทำให้คนไทยมีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสารปรอทปนเปื้อนจากการบริโภคปลามากขึ้น

การสะสมของปรอทในปลาเกิดได้โดยตรงจากน้ำและจากอาหาร ซึ่งการสะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ (species) ช่วงเวลาที่ได้รับ (exposure interval) ลักษณะนิสัยการกินอาหาร (feeding habit) อัตราการเผาผลาญพลังงาน (metabolic rate) อายุหรือขนาดของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งส่วนประกอบสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น คุณภาพน้ำและปริมาณปรอท ปรอทเมื่อเข้าสู่ตัวปลา จะเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อต่างๆ ซึ่งโครงสร้างและหน้าที่เฉพาะของเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตมีส่วนสำคัญต่อระดับการปนเปื้อน ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกทำการตรวจสอบหาปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อที่สำคัญ 3 ชนิด คือ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไต และเพื่อศึกษาหาความแตกต่างของการสะสมของเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ในปลา 3 ประเภท คือ ก. ปลาหน้าดิน (demersal fish) ชนิดที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivorous species) ข. ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ชนิดที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivorous species) และ ค. ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ชนิดที่กินพืชเป็นอาหาร (herbivorous species) โดยในการศึกษาจะเปรียบเทียบการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้ผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการอธิบายรูปแบบการรับเข้าของสารปรอทในปลาทะเล เพื่อให้ประเมินผลกระทบของการปนเปื้อนของสารปรอทในอ่าวไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทรวมที่สะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไตของปลาระพงเขี้ยว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal), ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) และปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาความเข้มข้นของปรอทรวม (Total mercury) ในเนื้อเยื่อ 3 ชนิด คือ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (muscle tissue), ตับ (liver tissue) และไต (kidney tissue) ในปลา 3 ชนิด
2. ปลาทะเลที่ใช้ศึกษา 3 ชนิด คือ
 - 2.1 ปลาหน้าดิน (demersal fish) ชนิดที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivorous species) คือ ปลาระพงเขี้ยว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal)
 - 2.2 ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ชนิดที่กินสัตว์เป็นอาหาร (carnivorous species) คือ ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard)
 - 2.3 ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ชนิดที่กินพืชเป็นอาหาร (herbivorous species) คือ ปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal)
3. พื้นที่ศึกษา 2 บริเวณ คือ บริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (แหล่งอ้างอิง)

สมมติฐาน

ความเข้มข้นของปรอทรวมที่สะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไตของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อ ประเภทของปลา และมีความเข้มข้นต่างกับความเข้มข้นของปรอทรวมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลาในบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบความเข้มข้นของปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไต ของปลา กระพงเขี้ยว ปลาหางแข็ง และปลากาก ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยและบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทกับขนาดลำตัวของปลาทะเลบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติและบริเวณปราณบุรี
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้อ้างอิงในการตรวจเฝ้าระวังปริมาณปรอทในอ่าวไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การศึกษาจากเอกสาร

1. โลหะปรอท

ปรอท (Hg) เป็นโลหะชนิดเดียวที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ มีสีขาวคล้ายเงิน จึงมีชื่อเรียกว่า Liquid Silver หรือ Quick Silver โดยมีชื่อมาจากภาษาละตินว่า Hydrargyrum มีน้ำหนักโมเลกุล 200.59 ความหนาแน่น (ที่ 20° C) 13.546 g/ml จุดเดือด 356.9 °C จุดเยือกแข็ง -38.87 °C ความถ่วงจำเพาะ 13.545 และมีความสามารถละลายในน้ำต่ำ

โดยทั่วไปแล้วปรอทสามารถจำแนกออกได้เป็นหลายรูปแบบ คือ ปรอทในรูปของโลหะ (metallic form) ปรอทในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic mercury compounds) และในรูปของสารประกอบอินทรีย์ (organic mercury compounds) ปรอทที่อยู่ในรูปของโลหะจะเป็นพวกที่บริสุทธิ์ ไม่ผสมกับสารอื่น ส่วนที่อยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ mercurous chloride (calomel) และ mercuric chloride สำหรับสารประกอบในรูปของสารประกอบอินทรีย์ก็คือ alkyl, alkoxy และ aryl derivative of mercury ฯลฯ

2. ปรอทในสิ่งแวดล้อม

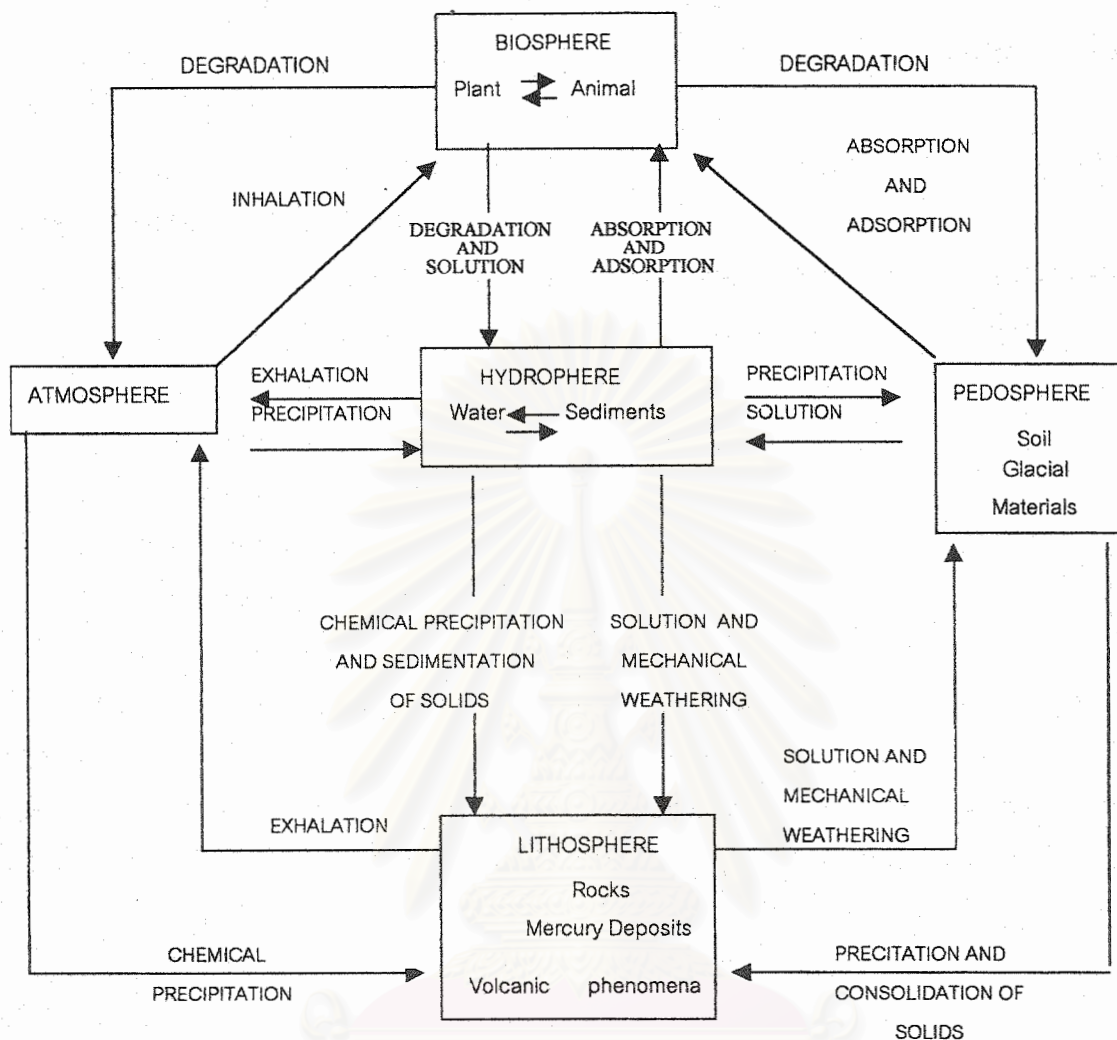
แหล่งปลดปล่อยสารปรอทในสิ่งแวดล้อม มาจากแหล่งใหญ่ ๆ 2 แหล่ง คือ

2.1 แหล่งธรรมชาติ

ในธรรมชาติอาจพบปรอทเป็นแร่อิสระในรูปของโลหะปรอท (metallic mercury) หรือพบอยู่ในรูปปรอทซัลไฟด์ (HgS) มีสีแดงกระจายอยู่ในเนื้อหิน ที่เรียกว่า Cinnabar ปรอทสามารถพบได้ในปริมาณต่าง ๆ กัน ในดิน หิน อากาศ และแหล่งน้ำ

ปรอทพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ แต่พบในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่โลก รูปแบบที่มีมากที่สุดบนพื้นผิวโลกได้แก่ โลหะปรอท และปรอทซัลไฟด์ ซึ่งรูปแบบเหล่านี้สามารถเข้าสู่วัฏจักรทางธรณีวิทยาได้ กล่าวคือ ปรอท ได้มาจากการกัดเซาะ (erosion) และการชะล้าง (leaching) เอาสารปรอทที่เกิดขึ้นเองด้วยกระบวนการทางธรณีวิทยาตามธรรมชาติโดยน้ำฝน จากนั้นจะไหลลงสู่ลำธาร ทะเลสาบ และซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน อย่างไรก็ตามการแพร่กระจายโดยธรรมชาตินั้นหายาก และมีเป็นปริมาณน้อย ส่วนการแพร่กระจายของปรอทในชั้นดินมีลักษณะที่แน่นอนในดินชั้นบนมักพบปรอทสูงกว่าดินชั้นล่างประมาณ 5-10 เท่า โดยทั่วไปในธรรมชาติ หิน ชั้นผิวโลก ดิน และตะกอน จะมีปริมาณปรอทประมาณ 50 ppb

วงจรการหมุนเวียนของปรอทในสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2-1 กล่าวคือ ปรอทจะหมุนเวียนและสะสมในส่วนของเปลือกโลกที่เป็นของแข็ง (lithosphere) ส่วนของบรรยากาศ (atmosphere) ส่วนที่เป็นน้ำ (hydrosphere) ส่วนของดิน (pedosphere) และในส่วนของสิ่งมีชีวิต (biosphere)



รูปที่ 2-1 วงจรหมุนเวียนปรอทในสิ่งแวดล้อม (D' Itri, Frank M., 1975)

2.2 แหล่งที่มาจากการกระทำของมนุษย์

แหล่งที่มาจากการกระทำของมนุษย์ มีมากมายที่ก่อให้เกิดปัญหาหามลพิษ เนื่องจากการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางจากสารปรอท ทำให้เกิดการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมที่ใช้ปรอทได้แก่ อุตสาหกรรมสี พลาสติก โซดาไฟ คลอรีน ทอผ้า ชุบโลหะ กระดาษ และอุตสาหกรรมทำสารเคมี เป็นต้น
2. ด้านเกษตรกรรม $HgCl$ เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลง สารประกอบอินทรีย์ของปรอท ใช้ฆ่าเชื้อราในพืช บางครั้งอาจใช้ปรอทจากเมล็ดพืช เพื่อป้องกันแมลงและโรคพืช
3. อุปกรณ์เครื่องมือฟิสิกส์ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ บารอมิเตอร์ และ mercury-arc lamp

4. การทำกระจกเงา เพราะปรอท มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงได้ดี
5. ทางการแพทย์ เช่น amalgam ที่ใช้ในการอุดฟัน นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนประกอบของยาถ่ายคาโลเมล เป็นต้น

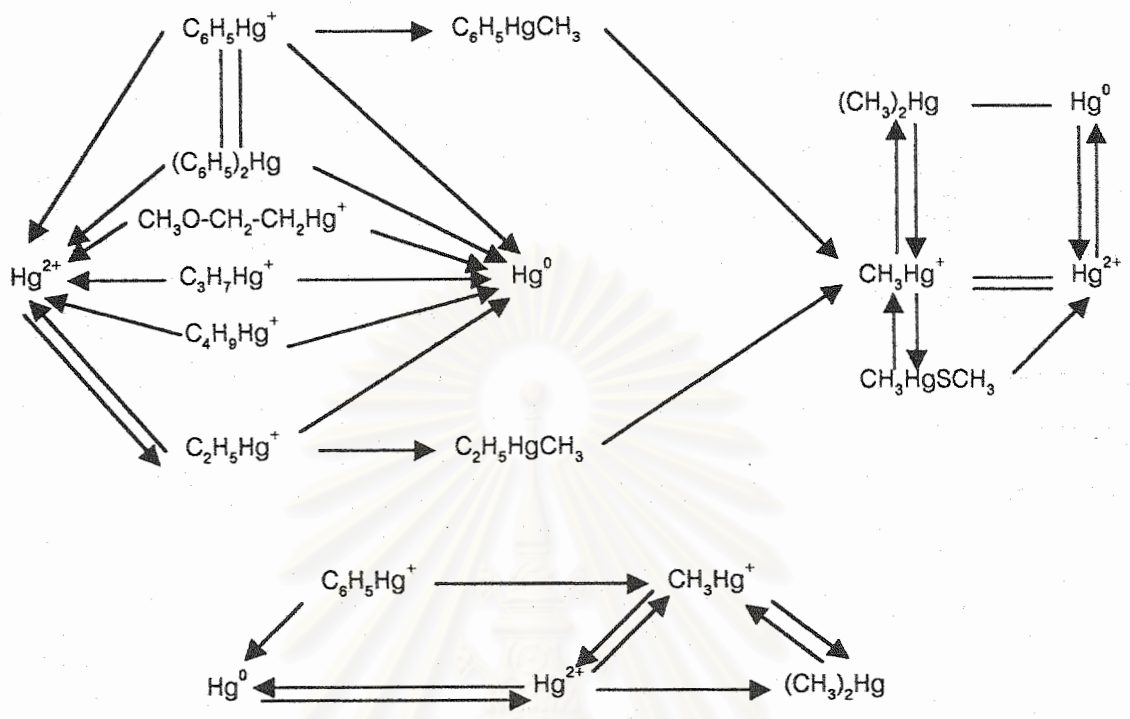
3. รูปแบบของปรอทในสิ่งแวดล้อม

ปรอทในสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจากการกระทำของมนุษย์ หรือจากธรรมชาติจะกลายเป็นมลพิษในแหล่งน้ำเป็นส่วนมาก รูปของปรอทที่พบในแหล่งน้ำ มักจะอยู่ในรูปใดรูปหนึ่ง 5 รูป ดังนี้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2539)

1. metallic mercury, Hg^0
2. inorganic divalent mercury, Hg^{2+}
3. phenylmercury, $C_6H_5Hg^+$
4. methylmercury, CH_3Hg^+
5. alkoxyalkylmercury, $CH_3OCH_2CH_2Hg^+$

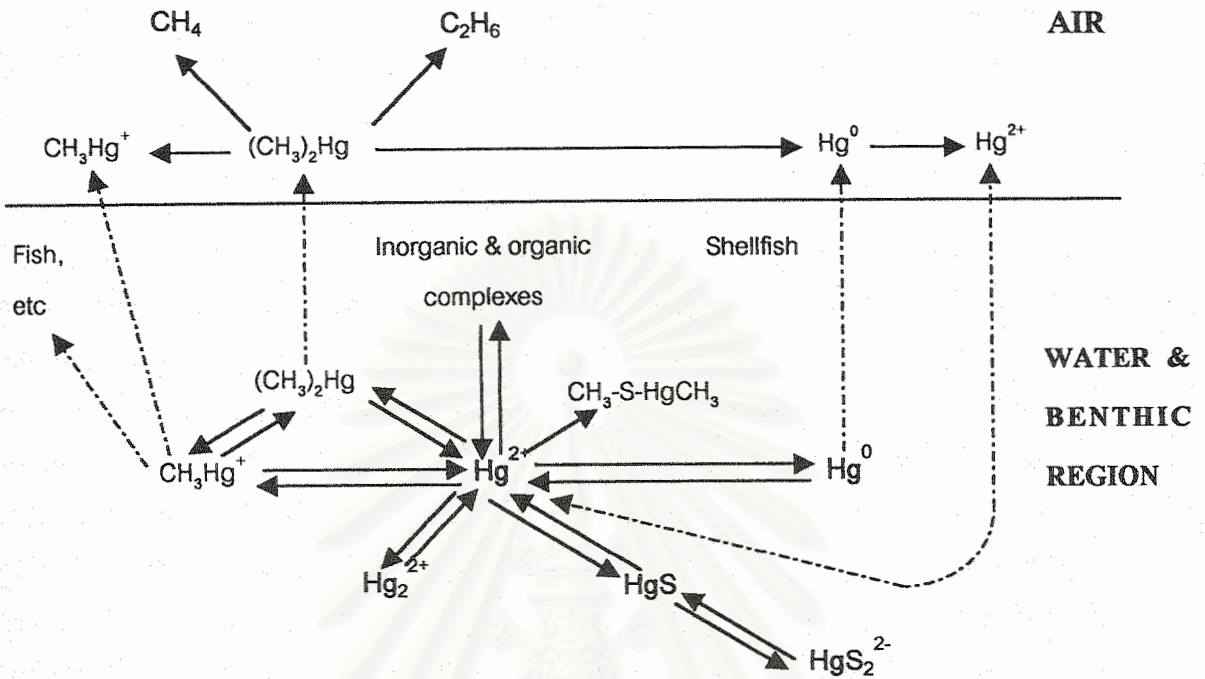
ปรอทอินทรีย์และปรอทอนินทรีย์จะละลายน้ำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำ อาทิ เช่น ค่า pH ความเค็ม ความแรงของการ oxidation - reduction ปริมาณความหลากหลายของสารปรอทในแหล่งน้ำขึ้นอยู่กับรูปแบบของปรอท โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต่างของประจุไฟฟ้าและความสามารถในการละลายน้ำ mercuric chloride ($HgCl_2$) สามารถละลายน้ำและเปลี่ยนรูปเป็น $Hg(OH)_2$, Hg^{2+} , $HgCl^+$, $Hg(OH)^+$ และ $HgCl_3^-$, $HgCl_4^{2-}$ ซึ่งเป็นไอออนลบที่มีอำนาจในการทำปฏิกิริยามากที่สุดในแหล่งน้ำ เป็นปัญหาสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ตะกอนเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกของการสะสมปรอทในแหล่งน้ำ ซึ่งปรอทส่วนใหญ่จะถูกดูดซับ (adsorption) อยู่ในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์ (organogenic sediment) ซึ่งต่อไปจะอยู่ในรูปของปรอทอนินทรีย์ และถูกเปลี่ยนเป็นปรอทอินทรีย์ในรูป methylmercury โดยกระบวนการ methylation ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของการเปลี่ยนรูปปรอทในแหล่งน้ำ ซึ่ง methylmercury ความเสถียรมาก ละลายน้ำได้ดี อีกทั้งยังสามารถสะสมและขยายปริมาณมากขึ้น ตามลำดับชั้นการบริโภคจนในที่สุดเข้าสู่มนุษย์ได้



รูปที่ 2-2 รูปแบบของปรอทอินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม (Miettinen, 1994 อ้างถึงใน รุจิรา พงศ์พลทอง, 2541)

จากรูป 2-2 การเปลี่ยนแปลงของปรอทในรูปโลหะ (metallic mercury) จะถูกออกซิไดส์ ส่วน ปรอทฟีนิล (phenyl mercury, $C_6H_5Hg^+$) และ ปรอทอัลคิล (alkyl mercury) จะถูกสลายพันธะ และด้วยกระบวนการทางชีววิทยา ไอออนของปรอท (mercuric ion, Hg^{2+}) จะถูกเปลี่ยนเป็นปรอทอัลคิล คือเป็นปรอทโมโนเมธิล (monomethylmercury) หรือปรอทไดเมธิล (dimethylmercury) ปรอทโมโนเมธิลจะถูกสะสมในสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ส่วนปรอทไดเมธิลมีแนวโน้มจะระเหยไปสู่บรรยากาศได้ง่าย แต่ถ้าในบรรยากาศมีสภาพเป็นกรดหรือได้รับแสงอุลตราไวโอเล็ต ก็เปลี่ยนรูปเป็นปรอทโมโนเมธิลตกลงมาพร้อมฝนอีก และทั้งนี้ปริมาณสัมพันธ์ของการเกิดปรอทโมโนเมธิล และปรอทไดเมธิล ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลชีพ ปริมาณสารอินทรีย์ ความเข้มข้นของปรอท อุณหภูมิ และ pH ของแหล่งน้ำ โดยแบคทีเรียช่วยในการเปลี่ยนแปลงรูปของปรอท ให้เป็นปรอทเมธิลในธรรมชาติ



รูปที่ 2-3 สมการการหมุนเวียนปรอทในสิ่งแวดล้อม (U.S. Department of the Interior, 1987)

ในสิ่งมีชีวิตสามารถเกิด methylmercury ได้ โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตเล็กๆ โดยการย้าย methyl group จากเมทิลโคบาลามีน (methyl cobalamine) ไปยังเมทิลเมอร์คิวรีไอออน (Hg_2^+) ซึ่งอาจเรียกกระบวนการนี้ว่า nonenzymatic methylation เพราะเมทิลโคบาลามีนเป็นเมทิลเอเจนท์ที่ดีมาก และมีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตเล็กๆ ยังสามารถทำให้เกิดไดเมทิลเมอร์คิวรี (dimethylmercury) ได้อีกด้วย

ปรอทในสภาพที่เป็นไอสามารถทำปฏิกิริยากับโอโซน ออกไซด์ของไนโตรเจนและออกซิแดนท์อื่นๆ เพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นออกไซด์ในเตรด หรือเกลือของปรอทสารปรอทเหล่านี้จะคงอยู่ในอากาศ จนกระทั่งถูกฝนชะล้างลงสู่พื้นดินและแหล่งน้ำต่อไป

การสะสมปรอทของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น ยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิด้วย เมื่อแหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะมีผลดังนี้

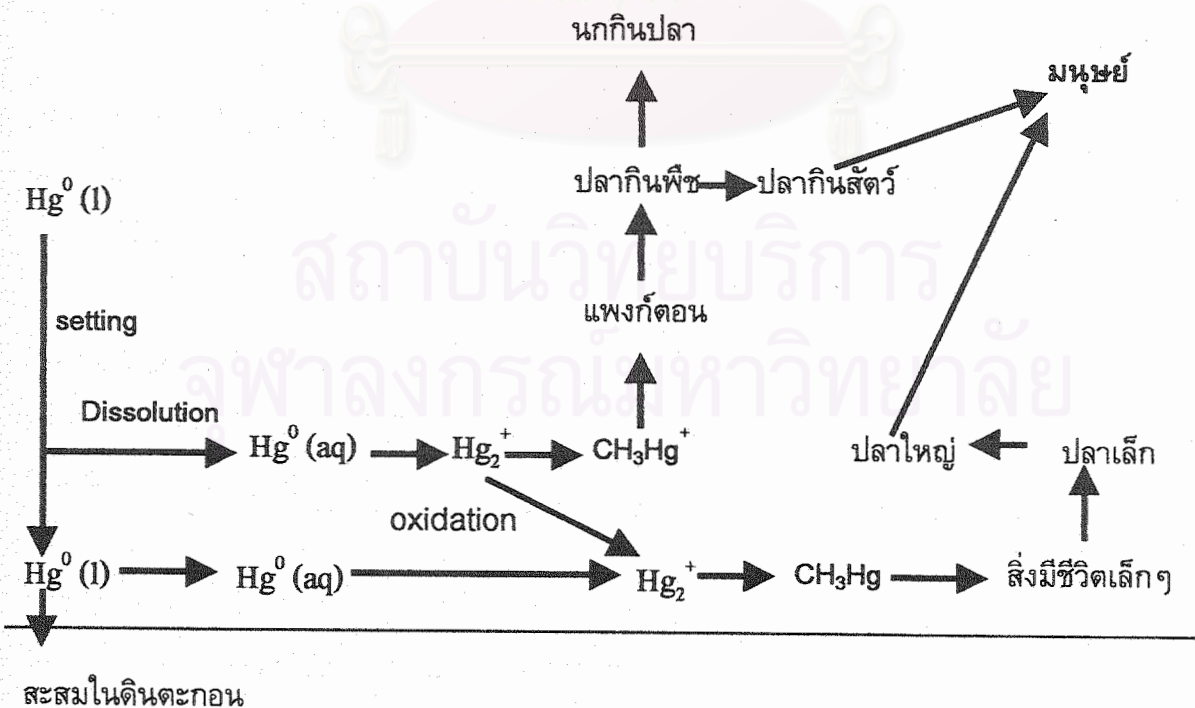
1. กระตุ้นให้อัตรา metabolism เพิ่มขึ้น และเพิ่ม activity ซึ่งเป็นการช่วยเสริมการสะสมปรอทในแหล่งน้ำด้วยอัตราเร่ง
2. เร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำที่เป็นอาหารสัตว์ และยังขยายเวลาของการหาอาหารเข้าไปในช่วงฤดูกลางที่อากาศหนาวเย็น การสะสมปรอทจึงสูงขึ้นพร้อมกับสัตว์มีขนาดเพิ่มขึ้นด้วย
3. เร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปรอทเป็น methylmercury ในทางชีวภาพสูงขึ้น

4. การเปลี่ยนรูปแบบต่างๆ ของปรอทเป็น mercuric (II) ion มักเกิดขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเกิด methylation

5. ทุกรูปแบบของปรอทโดยเฉพาะ methylmercury ละลายน้ำได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูง ทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำดูดซับสะสมได้ง่ายและมากขึ้น

4. วงจรการถ่ายทอดปรอทในห่วงโซ่อาหาร

สำหรับในร่างกายมนุษย์ สัตว์ และห่วงโซ่อาหารในทะเล จะพบสารปรอทส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ methylmercury (CH_3Hg^+) ซึ่งสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำได้ สารปรอทสามารถระบายลงสู่แหล่งน้ำในรูปของสารประกอบที่มีสารปรอทเป็นองค์ประกอบได้ 3 รูป คือ 1) Elemental Mercury (Hg^0) 2) Inorganic Mercury (Hg_2^+) และ 3) Methylated Forms (Monomethylmercury และ Dimethylmercury) ซึ่ง 3 รูปแบบนี้สามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาโดยอาศัยกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาภายในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ สารปรอทสามารถอยู่ได้ทั้งในรูปของสารละลายหรืออยู่ในสภาพของแข็งซึ่งตกตะกอน การเปลี่ยนแปลงของสารปรอทในรูปของสารละลายและของแข็งสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ โดยอาศัยหลักการสมดุลโดยจะเป็นวัฏจักรเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ดังนั้นสัตว์น้ำที่อยู่ในบริเวณที่มีสารปรอทเจือปน จะสามารถรับสารปรอทเข้าสู่ร่างกายได้ จากน้ำ ตะกอนดิน และอาหารที่กินเข้าไปโดยสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อในรูปของ methylmercury (รูปที่ 2-4)



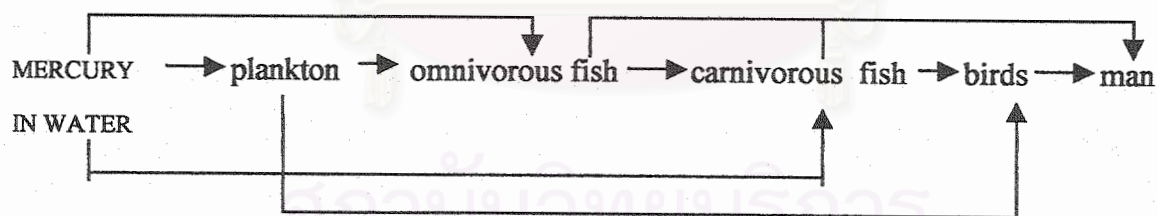
รูปที่ 2-4 การเปลี่ยนแปลงของปรอทในแหล่งน้ำเข้าสู่ตัวปลา (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

การเปลี่ยนแปลง methylmercury ในทะเลเกิดขึ้นได้หลายทาง methylmercury สามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้โดยกระบวนการทางชีววิทยาและสามารถสะสมในสัตว์น้ำ รวมทั้งการตกตะกอนซึ่งจะทำให้เกิดขบวนการ Demethylated และการย่อยสลายของ methylmercury การสะสมของสารปรอทในสัตว์น้ำ จะพิจารณาถึงความเข้มข้นของปรอทในสัตว์น้ำ เนื่องจากการหายใจของสัตว์น้ำจำเป็นต้องให้น้ำผ่านเหงือกเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนออกซิเจน และส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การบริโภคอาหารที่มีสารปรอทปนอยู่ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของ methylmercury ในปลาเกือบทั้งหมดมาจากการกินอาหาร

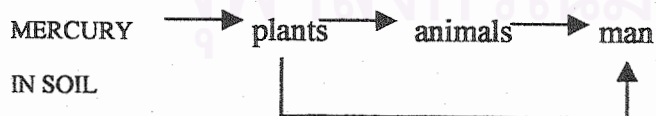
อาหารเป็นแหล่งสำคัญสำหรับมนุษย์ในการรับเอาปรอทเข้าสู่ร่างกาย ปรอทจากแหล่งต่างๆ สามารถสะสมอยู่ในอาหารโดยขบวนการต่างๆ เช่น ปรอทส่วนที่ใช้ทางการเกษตรกรรม และตกค้างอยู่ในดิน อาจถูกดูดซึมไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืชที่เพาะปลูกได้ ปรอทจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีบางส่วนถูกปล่อยไปในอากาศหรือสะสมอยู่ในดินและอาจอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดการสะสมปรอทในสิ่งมีชีวิตต่อไป ตามลำดับชั้นห่วงโซ่อาหารได้

การถ่ายเทปรอทจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งไปยังสิ่งมีชีวิตหนึ่ง เกิดได้โดยสัตว์ใหญ่ที่กินสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เป็นทอดๆ เช่น ตัวแพลงก์ตอนกินแบคทีเรีย ปลาเล็กกินแพลงก์ตอน ปลาใหญ่กินปลาเล็ก คนหรือสัตว์กินปลา พืชจะสะสมในตัวสัตว์มากขึ้น ตามลำดับห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้น กระบวนการนี้เรียกว่า การเพิ่มขยายทางชีวภาพ (biomagnification) เป็นกระบวนการที่นับว่ามีบทบาทสำคัญในการถ่ายเทสารพิษจากสิ่งแวดล้อมมาสู่มนุษย์ ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสูงสุดในห่วงโซ่อาหาร จนเกิดอันตรายต่อมนุษย์ในที่สุด ดังสมการแสดงถึงวงจรสารปรอทในห่วงโซ่อาหารจากสิ่งแวดล้อม ดังนี้

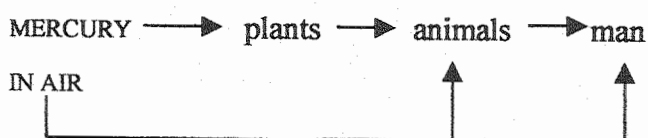
Hydrosphere -- Biosphere



Pedosphere -- Biosphere



Atmosphere -- Biosphere



5. การสะสมของปรอทในปลา

สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำจะได้รับปรอทโดยตรงจากน้ำ และจากการสะสมตามลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหาร เมื่อปรอทมีความเข้มข้นมากกว่า 10 - 20 ppb จะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปรอทจะถูกดูดซึมและสะสมต่อไปตามลำดับขั้นของสิ่งมีชีวิต ซึ่งการสะสมเป็นผลเนื่องมาจากได้รับโดยตรงจากน้ำผ่านผิวหนัง หรือผ่านทางช่องเหงือกระหว่างการหายใจ และการสะสมจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ (species), ช่วงเวลาที่ได้รับ (exposure interval), ลักษณะนิสัยการกินอาหาร (feeding habit), อัตราเมตาบอลิซึม (metabolic rate), อายุหรือขนาดของสิ่งมีชีวิต, คุณภาพน้ำ และปริมาณปรอท แหล่งใหญ่ของความเข้มข้นของปรอทที่เพิ่มขึ้นในสัตว์น้ำจะเกิดจากอาหารที่บริโภคเข้าไป และการสะสมของปรอทในห่วงโซ่อาหารจะมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับของผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหาร

สำหรับการสะสมปรอทในปลาเกิดได้โดยตรงจากการดูดซับจากน้ำผ่านผิวหนังและเนื้อเยื่อในระบบทางเดินหายใจของปลา ซึ่งความจริงแล้ว น้ำไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังและเยื่อบุได้ เนื่องจากถูกปกคลุมด้วยเกล็ดและเนื้อเยื่อที่ติดกัน อย่างไรก็ตามมีการสะสมในปริมาณไม่มากที่สามารถเข้าไปแทนที่องค์ประกอบธรรมชาติเดิมได้ ในวิธีการอื่น เนื้อเยื่อบริเวณเหงือกและระบบหายใจมีเนื้อที่มากมายให้เลือดสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม เนื้อเยื่อถุงลมคือส่วนบางที่สุดและกระบวนการแลกเปลี่ยนที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการแลกเปลี่ยนซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในช่องระบบทางเดินหายใจและการหายใจและการไหลของน้ำในช่องเหงือก

การปนเปื้อนทั้งหมดที่เกิดจากการดูดซับโดยตรงจากน้ำ เป็นผลมาจากสิ่งไม่มีชีวิตในสิ่งแวดล้อมและผลจากกระบวนการทางฟิสิกส์เคมีของโมเลกุล โครงสร้างและหน้าที่เฉพาะของเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตมีส่วนสำคัญต่อระดับการปนเปื้อน ความแตกต่างขึ้นอยู่กับวัยและชนิดของสิ่งมีชีวิต

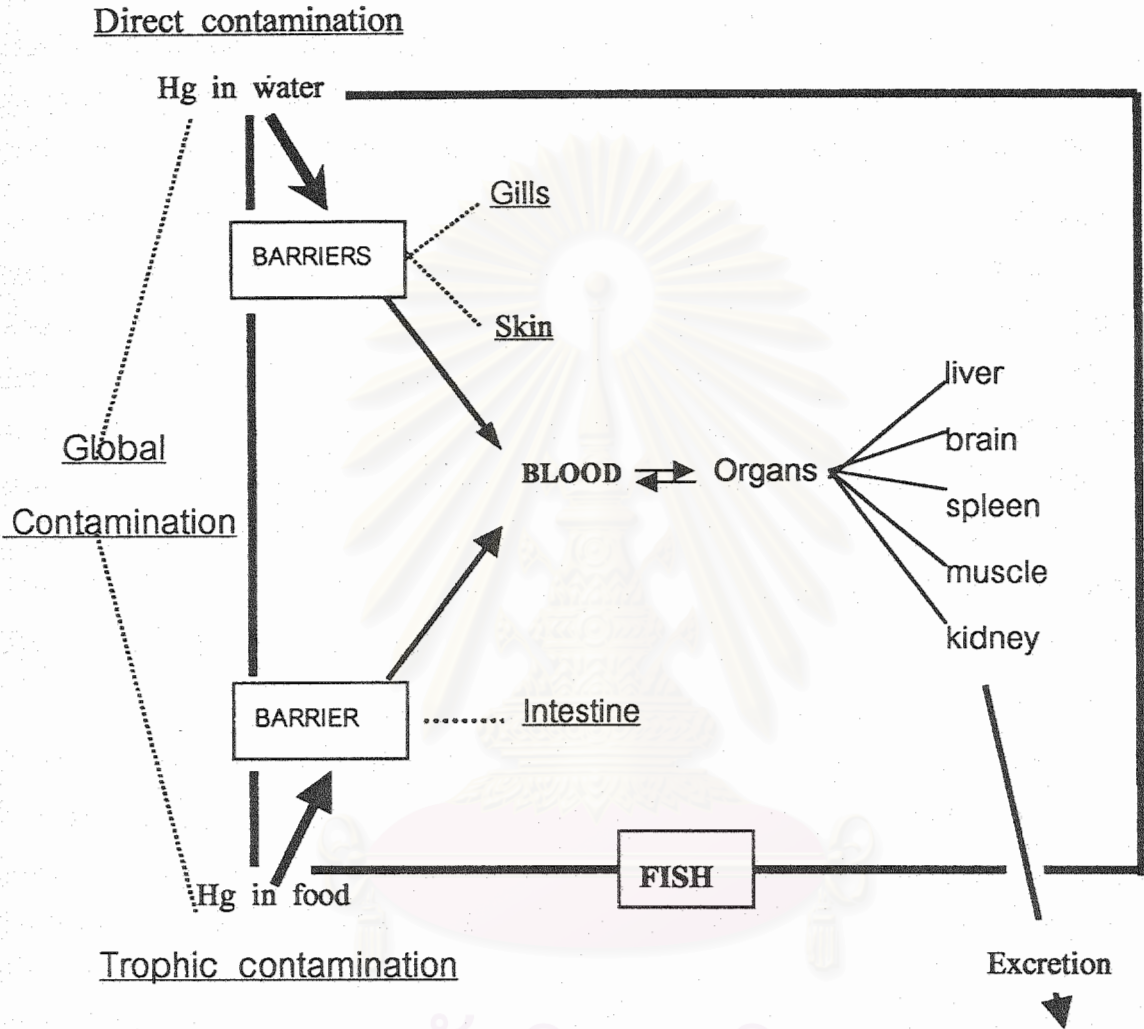
การรับปรอททางอ้อม คือ การรับประทานอาหาร โดยเกิดบริเวณลำไส้ซึ่งเป็นบริเวณที่มี microvilli ช่วยเพิ่มพื้นที่ของการสัมผัสอาหาร ปรอทจากระบบย่อยอาหารและน้ำจะเข้าสู่กระแสเลือดด้วยกระบวนการ active หรือ passive transport เช่นเดียวกับที่เกิดบริเวณผิวหนังและระบบหายใจ ลักษณะเฉพาะของการปนเปื้อน ชนิดของอาหารและชนิดของสิ่งมีชีวิตล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของความแตกต่างของการสะสมปรอททางอ้อมนี้

การสะสมปรอทในปลาสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2-5

1. ปรอทมีการเคลื่อนย้ายผ่านระบบหมุนเวียนของร่างกาย ในหลายกรณีพบว่า เลือดเป็นส่วนสำคัญของการสะสมปรอทในร่างกาย โดยมีการเคลื่อนย้ายปรอทผ่าน plasma membrane ของเซลล์เม็ดเลือดแดงไปยังเซลล์อื่นๆ ในร่างกาย

2. ปรอทมีการสะสมในอวัยวะเป้าหมาย โดยระดับการสะสมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี ปริมาณน้ำที่ผ่านเข้าออกในร่างกายและปริมาณเนื้อเยื่อในบริเวณที่มีการสะสม ในระหว่างกระบวนการนี้ ปรอทจะเคลื่อนที่ผ่านเนื้อเยื่อที่ติดกันในสิ่งมีชีวิต (เช่น capillary walls และ plasma membranes) ไปสู่เซลล์ของอวัยวะต่างๆ

3. การขับถ่ายปรอท ใต้เป็นอวัยวะสำคัญของการขับถ่ายปรอท โดยจะมีการขับถ่ายผ่านกระบวนการต่างๆ ในไตออกนอกร่างกายร่วมกับยูรีน (Boudou, Georgescauld and Desmazes, 1983)



รูปที่ 2-5 กระบวนการพื้นฐานที่นำไปสู่การสะสมทางชีวภาพในปลา (A. Boudou, D. Georgescauld และ J.P. Desmazes, 1983)

อัตราการรับและสะสมของสารปรอทในปลาจะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ความเค็มของน้ำมีอิทธิพลต่ออัตราการสะสมของปรอทในร่างกายปลา Hannerz (1968) พบว่าอัตราการสะสมของสารปรอทในปลาที่อยู่ในน้ำจืดจะเร็วกว่าในน้ำกร่อย (ความเค็มประมาณ 15 ppt) Larssen (1970) รายงานว่าปลาในน้ำทะเลซึ่งมีความเค็มปกติ (ประมาณ 30 ppt) จะมีอัตราการสะสมของสารปรอทภายในตัวได้เร็วกว่าปลาที่อาศัยอยู่ในน้ำกร่อย เขาสันนิษฐานว่า ที่เป็นเช่นนี้เพราะปลาทะเลดื่มน้ำทะเลเพื่อการปรับระดับความเข้มข้นภายในตัว (osmoregulation) ในน้ำทะเลมากกว่าในน้ำกร่อย จึงมีโอกาที่จะรับสารปรอทเข้าไปในร่างกายได้มากกว่า

บทบาทของทางเดินอาหารในปลาที่มีต่อการรับและสะสมสารปรอทได้ถูกแสดงไว้โดย Meittinen และคณะ (1970), Matida et al (1974) และ Menasveta (1974) จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าประมาณ 33-90% ของ methyl mercury ได้ถูกรับเอาไว้โดยลำไส้ปลา Jemelov (1971) ได้รายงานว่ ปรอทรวมทั้งหมดที่อยู่ในปลา pike นั้น ประมาณ 50% ได้มาจากน้ำ ส่วนปรอทในปลา whitefish ซึ่งเป็นเหยื่อของปลา pike นั้น ประมาณ 10% ของปรอทในตัวของปลาได้มาจากอาหาร ที่เหลืออีก 90% ได้มาจากน้ำ Olson และคณะ (1973) ได้เปรียบเทียบการรับสารปรอทเข้าทางเหงือกและทางผิวหนังของปลา พบว่า ปรอทเกือบทั้งหมดจะถูกรับไว้ทางเหงือก

Matida (1971) พบว่า สารปรอทที่ได้ถูกผสมลงในอาหารแล้วใช้ทดลองเลี้ยงปลาจะมีการสะสมที่ตับและไตมากที่สุด ไม่ว่าสารนั้นจะอยู่ในรูปใด Hannerz (1988) พบว่าปลา pike ที่ถูกเลี้ยงอยู่ประมาณ 70 - 90 วัน ในน้ำที่มี methyl mercury เจือปนอยู่เล็กน้อย จะมีความเข้มข้นปรอทสะสมมากที่สุดในไต รองลงมาในตับ ม้าม กระเพาะ หัวใจ สมอง รังไข่ ตา และกระดูก มีความเข้มข้นน้อยที่สุด Menasveta (1974) รายงานว่า อาหารปลาที่มี methylmercury ผสมอยู่ด้วย จะยังผลให้มีการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อสูงกว่า เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณปรอทในท่ทุกส่วนของร่างกาย และถ้าปรอทในอาหารเป็นรูปของปรอทอินทรีย์ ก็จะทำให้มีปริมาณสะสมในเนื้อเยื่อโครงสร้าง เช่น กระดูกและผิวหนังสูงกว่าในเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณปรอทในทุกส่วนของร่างกาย

ปลาสามารถกำจัดปรอทอินทรีย์ออกจากร่างกายได้เร็วกว่าปรอทอินทรีย์ อัตราการกำจัดปรอทออกจากร่างกายแบ่งออกได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงแรกจะมีการกำจัดในอัตราที่เร็ว เมื่อปรอทในร่างกายปลาได้ลดลงจนถึงระดับหนึ่งแล้ว อัตราการกำจัดในช่วงที่สองจะช้ากว่าในช่วงแรก Amend (1970) พบว่าปลาแซลมอนขนาดวัยรุ่นที่ได้ถูกเจือปนสารปรอท จนมีความเข้มข้นปรอทรวมในตัวสูงมาก แต่เมื่อได้ปล่อยลงทะเลไปแล้ว และอีก 4 ปีต่อมา ปลาดังกล่าวได้กลับมาวางไข่เมื่อจับขึ้นมาตรวจ พบความเข้มข้นของปรอทรวมในตัวอยู่ในระดับปกติ แสดงให้เห็นว่า ปลาเล็กที่ถูกเจือปนโดยปรอทอาจคืนสภาพกลับเข้าสู่สภาวะปกติได้ การเจริญเติบโต โดยการเพิ่มน้ำหนัก มีโอกาสลดความเข้มข้นของปรอทรวมในตัวปลาได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2539)

C.A. Oliveira Ribeiro et.al. (1996) ศึกษาการสะสมและการกระจายของปรอทอินทรีย์ในปลาเขตร้อน (*Trichomycterus zonatus*) ผลการศึกษาจากห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่า critical organ ของ *T. zonatus* คือ ไต เหงือก และตับ และพบปริมาณของปรอทอินทรีย์ในไต ตับ เหงือก และผิวหนัง แตกต่างกันตามระยะเวลาที่ได้รับสาร โดยพบว่าในระยะแรกปริมาณปรอทอินทรีย์จะพบในเหงือกมากที่สุด ขณะที่ความเข้มข้นปรอทอินทรีย์ในเหงือกลดลง ความเข้มข้นปรอทอินทรีย์ในตับจะเพิ่มขึ้น ส่วนไตมีบทบาทสำคัญในการกำจัดปรอทอินทรีย์และเป็นอวัยวะเป้าหมาย ในตอนท้ายของการทดลองจะพบปริมาณปรอทอินทรีย์สะสมมากที่สุดในไต ตับ เหงือก และผิวหนัง ตามลำดับ

6. ข้อจำกัดการบริโภคปลาที่มีสารปรอทปนเปื้อน

ในบรรดาอาหารทุกประเภท กล่าวได้ว่า อาหารจำพวกปลาเป็นแหล่งสำคัญที่สุดที่นำปรอทเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ เนื่องจากสารปรอทมีการตกค้าง และเปลี่ยนแปลงอยู่ในแหล่งน้ำมากกว่าในสิ่งแวดล้อมอื่น สารปรอทจึงตกค้างอยู่ในปลามากกว่าในสัตว์บก และพืชผัก มีการศึกษามากมาย ยืนยันว่า โดยเฉลี่ยแล้วพิษตกค้างของสารปรอทในปลาเมื่ออยู่สูงกว่าในอาหารประเภทอื่นได้ทั้งหมด

การที่สารปรอทที่ตกค้างอยู่ในอาหารที่เราบริโภคอยู่เป็นประจำนี้ จะเป็นอันตรายมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับ สภาพร่างกายของแต่ละบุคคล ปริมาณสารที่ได้รับเข้าไป ความยาวนาน และความต่อเนื่องของการรับสารปรอทนั้นเข้าสู่ร่างกาย เป็นต้น

6.1 ปริมาณตกค้างของสารปรอทในอาหารของคนไทย

คนไทยนิยมบริโภคเนื้อปลามากแล้ว เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี ย่อยง่าย ในปัจจุบัน คนเราตระหนักถึงสุขภาพมากขึ้น คนไทยจึงนิยมบริโภคปลาแทนเนื้อสัตว์อื่นๆ กันมากขึ้น ทำให้ยังมีโอกาสได้รับสารปรอทเข้าไปมากด้วย

➤ การประมาณค่า Weekly Dietary Intake (WDI) ของปรอท

ค่า Weekly Dietary Intake (WDI) คือปริมาณที่คนได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยการบริโภคอาหารในเวลาหนึ่งสัปดาห์ (ไม่โครกรัมต่อคนต่อสัปดาห์) ซึ่งค่า WDI นี้ สามารถใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าที่ร่างกายของมนุษย์ที่สามารถต้านทานการได้รับพิษชั่วคราวต่อสัปดาห์ (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) ที่กำหนดขึ้นโดยโครงการความร่วมมือขององค์กรระหว่างประเทศ (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA) ซึ่งค่า PTWI ของปรอทนั้นคือ 5 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักร่างกายต่อสัปดาห์ และเพื่ออำนวยความสะดวกจึงใช้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของคนทั่วไป คือ 60 กิโลกรัมต่อคน ดังนั้น ค่า PTWI ของปรอทในคนทั่วไป จึงมีค่าเท่ากับ 300 ไมโครกรัมต่อคนต่อสัปดาห์

ส่วนค่า WDI ของคนไทยคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยการบริโภคปลาเป็นอาหารเท่ากับ 61 กรัมต่อวันต่อคน คูณด้วยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของปรอทในปลาที่บริโภค ดังสมการ

$$WDI = M \times C \times 7$$

โดยที่

WDI คือ ปริมาณของโลหะหนักที่คนได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการบริโภคอาหารในเวลาหนึ่งสัปดาห์ (ไม่โครกรัมต่อคนต่อสัปดาห์)

M คือ ปริมาณอาหารที่คนบริโภคในหนึ่งวัน (กรัมต่อวันต่อคน)

C คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในอาหาร (ไมโครกรัมต่อกรัม)

7 คือ จำนวนวันในหนึ่งสัปดาห์

ค่าเฉลี่ยของ WDI ที่ประมาณได้นี้ อาจจะสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้เพื่อประโยชน์ในการป้องกันการกำหนดระเบียบหรือข้อบังคับในการใช้ปรอทในวัตถุประสงค์ต่างๆ และเป็นการประเมินความ

เสียง ที่ผู้บริโภคปลาทะเลจะได้รับปรอทเกินค่ามาตรฐาน เพื่อลดปริมาณการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในอนาคตได้

6.2 ปริมาณตกค้างของสารปรอทในอาหารของต่างประเทศ

สถาบัน Food and Drug Administration (FDA) ของสหรัฐอเมริกา ได้ทำการศึกษาปริมาณ methylmercury ในสัตว์ทะเล โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างสัตว์ทะเลในเดือนตุลาคม ค.ศ. 1992 ถึงเดือนกันยายน ค.ศ. 1994 ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 2-1

จากการศึกษาจะเห็นว่า ปลาฉลามและปลานาก มีปริมาณ methylmercury สูงกว่าปลาชนิดอื่นๆ มาก นักพิษวิทยาของ FDA จึงได้จำกัดการบริโภคปลาฉลามและปลานากสำหรับสตรีมีครรภ์ สตรีที่กำลังจะตั้งครรภ์ ให้ไม่เกิน 1 ครั้งต่อเดือน เนื่องจากสารปรอทจะส่งผลกระทบต่อทารกในครรภ์ ซึ่งทารกนั้นมีความไวต่อการรับพิษมากกว่ามารดาหรือผู้ใหญ่ ซึ่งมีระบบโครงสร้างของประสาทจัดเรียงตัวกันแล้ว โดยกำหนดการบริโภคปลาชนิดที่มีระดับ methylmercury ปนเปื้อนเฉลี่ย 1 ppm (เช่น ปลาฉลามและปลานาก) ให้บริโภคได้ประมาณ 7 ออนซ์/สัปดาห์ ส่วนปลาที่มีระดับ methylmercury ปนเปื้อนเฉลี่ย 0.5 ppm นั้นได้จำกัดการบริโภค ประมาณ 14 ออนซ์/สัปดาห์ ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณ methylmercury อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

การจำกัดปริมาณการบริโภคดังกล่าว ไม่รวมถึงอาหารทะเล 10 ชนิด คือ ปลาทูน่ากระป๋อง(tuna), ปลาแซลมอน (salmon), ปลาแฟลทฟิช (flatfish), ปลาดุก (catfish), ปลาค็อด (cod), ปลาพอลล็อก (pollock), ปู (crabs), หอยกาบ (clams), หอยแครง (scallops), กุ้งฝอย (shrimp) เนื่องจากอาหารทะเลทั้ง 10 ชนิดนี้มีปริมาณ methylmercury น้อยกว่า 0.2 ppm ทั้งนี้หอยคนหักที่จะบริโภคปลามากกว่าปริมาณที่กำหนดต่อสัปดาห์ (2.2 ปอนด์ หรือประมาณ 1 กิโลกรัม) (<http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/mercury.html>)

ในรัฐ Louisiana เดือนสิงหาคม ค.ศ. 1992 ได้เสนอคำแนะนำเกี่ยวกับการบริโภคปลาจากแม่น้ำ Ouachita เพื่อให้ประชาชนตระหนักถึงพิษภัยและผลกระทบจากการบริโภค เนื่องจากพบการปนเปื้อนของปรอทในแม่น้ำ Ouachita ในระยะ 100 ไมล์ จากเขต Louisiana - Arkansas ถึงช่องระหว่างประตูน้ำของเขื่อนโคลัมเบีย โดยให้เด็กที่อายุต่ำกว่า 17 ปี สตรีมีครรภ์ และสตรีให้นมบุตร ควรงดการบริโภคปลา largemouth bass (ปลาจำพวกกระพง) และควรจำกัดการบริโภคปลาอื่นๆ ไม่เกิน 2 มื้อต่อเดือน (<http://www.lgs.lsu.edu/le/health/mercury2.htm>)

ตารางที่ 2-1 ปริมาณ methylmercury ในสัตว์ทะเลของสหรัฐอเมริกา

ชนิด	ปริมาณ methylmercury (ppm)	ปริมาณเฉลี่ย (ppm)
ตัวอย่างในประเทศ		
- ปลาตุ๊ก (Catfish)	ND – 0.16	ND
- ปลาค็อด (Cod)	ND – 0.17	0.13
- ปู (Crab)	ND – 0.27	0.13
- ปลาฟลาวเดอร์ (Flounder)	ND	ND
- ปลาเฮก (Hake)	ND	ND
- ปลาฮาไลบัต (Halibut)	0.12 – 0.63	0.24
- ปลาพอลล็อก (Pollock)	ND	ND
- ปลาแซลมอน (Salmon) บรรจุกะป๋อง	ND	ND
- ปลาแซลมอน (Salmon) สดหรือแช่แข็ง	ND	ND
- ปลาฉลาม (Shark)	0.30 - 3.52	0.84
- ปลาฉนาก (Swordfish)	0.36 - 1.68	0.88
- ปลาทูน่า (Tuna) บรรจุกะป๋อง	ND - 0.34	0.2
- ปลาทูน่า (Tuna) สดหรือแช่แข็ง	ND - 0.76	0.38
ตัวอย่างที่นำเข้า		
- ปลาพอลล็อก (Pollock)	ND - 0.78	0.16
- ปลาฉลาม (Shark)	ND - 0.70	0.36
- ปลาฉนาก (Swordfish)	0.80 - 1.61	0.86
- ปลาทูน่า (Tuna) บรรจุกะป๋อง	ND - 0.39	0.14
- ปลาทูน่า (Tuna) สดหรือแช่แข็ง	ND - 0.75	0.27

หมายเหตุ : - ND (not detect) น้อยกว่า 1 ppm

(ค่ามาตรฐานปรอทในรูป methylmercury ที่ FDA กำหนดไว้ คือ 1 ppm)

ที่มา : <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/mercury.html>

7. มาตรฐานปรอทในสิ่งแวดล้อมทางทะเล

เกณฑ์มาตรฐานที่เกี่ยวกับสารปรอทในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของไทย ปรากฏอยู่ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน เรื่องกำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล พ.ศ. 2543 โดยกำหนดไว้ในส่วนของมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งเพื่อการอนุรักษ์แหล่งธรรมชาติอื่นๆ นอกจากแหล่งประมงว่าค่ารวมของปรอท (Total mercury) ในน้ำต้องมีค่าไม่เกิน 0.0001 มิลลิกรัมต่อลิตร

นอกจากนี้ยังได้มีกำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 โดยเป็นการกำหนดมาตรฐาน เพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่ควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม ค่าที่ควบคุมของปริมาณปรอทในน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานปรอทในสิ่งแวดล้อมทางน้ำโดยทั่วไป ที่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งกำหนดโดย สถาบัน Environmental Protection Agency ของรัฐบาลกลาง สหรัฐอเมริกา ดังตารางที่ 2-2



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-2 มาตรฐานปรอทในสิ่งแวดล้อมทางน้ำต่าง ๆ และปลา ของสถาบัน EPA สหรัฐอเมริกา

ประเภท	มาตรฐานปรอท	หมายเหตุ
Ambient water	<ul style="list-style-type: none"> - 0.144 µg/l for ingestion of both water and aquatic organisms; - 0.146 µg/l for ingestion of only aquatic organism - 2.4 µg/l for freshwater acute exposure - 0.012 µg/l for freshwater chronic exposure - 2.1 µg/l for marine acute exposure - 0.025 µg/l for marine chronic exposure 	<ul style="list-style-type: none"> - กำหนดภายใต้ Clean Water Act 304(a) - Ambient water criteria แตกต่างกันในแต่ละรัฐ (may change with GLI) <p>(50 FR 30791)</p>
ระดับปรอทที่ตรวจพบ	<ul style="list-style-type: none"> - 0.2 µg/l (200 mg/l) = recommended method 	<ul style="list-style-type: none"> - วิธีการตรวจวัดปรอทในน้ำที่ได้ รับการรับรองโดย EPA แล้ว ส่วนวิธีการตรวจวัดปรอทระดับต่ำสามารถใช้ได้ เพียง แต่ EPA ยังไม่ได้รับรอง
ปลา	<ul style="list-style-type: none"> - 1 µg/g (1 mg/kg หรือ 1 ppm) 	<ul style="list-style-type: none"> - ระดับที่ FDA กำหนดสำหรับ methylmercury

ที่มา : www.epa.gov/grtlakes/bns/mercsrce/images/envstand.pdf อ้างถึงใน ศูนย์บริการวิชาการ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

เกณฑ์มาตรฐานของปรอทในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะกำหนดไว้ในส่วนของคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยในส่วนของ การกำหนดมาตรฐานในปลาหรือสัตว์น้ำอื่น ๆ โดยเฉพาะสัตว์ทะเลซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนไทยยังมีอยู่น้อย อย่างไรก็ตามพบว่ามีปรากฏอยู่ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) ในเรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ซึ่งได้กำหนดความเข้มข้นของปริมาณปรอทในอาหารทะเลให้มีค่าได้ไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัม/อาหาร 1 กรัม น้ำหนักเปียก หรือประมาณ 1.25 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง โดยให้ มีค่าได้ไม่เกิน 0.02 ไมโครกรัม/กรัม ในอาหารประเภทอื่น

สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของปรอทในสัตว์น้ำที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล โดยสถาบัน EPA ของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดค่ามาตรฐานปรอทที่ยอมให้มีได้ในเนื้อปลาได้ไม่เกิน 1

ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก $\mu\text{g/g}$ หรือ 1 mg/kg (ppm) โดยเฉพาะในรูปของปรอทเมธิล (methylmercury) เท่านั้น สำหรับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบัน Food and Drug Administration (FDA) ของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดระดับความเข้มข้นสูงสุดของปรอทที่อนุญาตให้มีได้ในอาหารและปลา ไว้ในเอกสาร US. Department of Health and Human Services "Toxicological Profile for Mercury" ไว้ที่ระดับ 1 ppm

ส่วนองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดระดับความเข้มข้นสูงสุดของปริมาณปรอทเป็นขีดจำกัดความปลอดภัยไว้ที่ 0.5 mg/kg (ppm) นอกจากนี้ WHO ยังได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานของ methylmercury ในปลาและผลิตภัณฑ์จากปลา โดยให้มี methylmercury ในปลาทั่วไปได้ไม่เกิน 0.5 mg/kg และปลากินเนื้อไม่เกิน 1 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 2-3)

ตาราง 2-3 เกณฑ์มาตรฐานปริมาณปรอทและปรอทอินทรีย์ในสัตว์น้ำขององค์การอนามัยโลก

องค์กรต่าง ๆ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้	หมายเหตุ
ปรอทรวม (Total Mercury)		
- FDA	1 mg/kg	March 1999
- WHO	0.5 mg/kg	All fish
เมธิลเมอร์คิวรี (methylmercury)		
- FDA	$1 \mu\text{g/g}$ (1 mg/kg หรือ 1 ppm)	เป็นระดับที่ FDA กำหนดสำหรับ methylmercury
- WHO	0.5 mg/kg 1 mg/kg	ปลาทุกชนิดยกเว้นปลาล้ำเหยื่อ ปลาล้ำเหยื่อ (เช่น ปลาดาบ, ทูน่า swordfish, pike ฯลฯ)

ที่มา : อูไรพรรณ วุฒิสงห์ชัย , 2544 อ้างถึงใน ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

ประเทศต่างๆ ในโลกได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานปริมาณปรอทที่กำหนดให้มีได้ในอาหารส่งออกและนำเข้าประเภทสัตว์ทะเลของประเทศต่างๆ ที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 การกำหนดปริมาณปรอทสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในปลาโดยประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (ppm)	หมายเหตุ
สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เชคและสโลวัก	0.1 0.5	อาหารทุกประเภทรวมทั้ง ผลิตภัณฑ์จากปลา ปลาทูน่า ปลากระโทงแทง และปลาดอลลี
ยูโกสลาเวีย	น้อยกว่า 0.1 – 0.5	
อาร์เจนตินา	0.2 0.5	ปลาทูน่า (เล็ก) ปลาทูน่า (โตเต็มที)
ญี่ปุ่น	0.4	ยกเว้นทูน่า และ sturgeon
ไทย	0.5	ส่งออกและนำเข้าอาหาร ทะเล
ออสเตรเลีย แคนาดา นิวซีแลนด์ โปรตุเกส สเปน ฮังการี ออสเตรีย ซาอุดีอาระเบีย กายอานา เคนยา คูเวต นิวซีแลนด์ สวิสเซอร์แลนด์ กรีซ สหรัฐอเมริกา เวเนซุเอลา	0.5	
ฝรั่งเศส อิตาลี	0.7	
ฟินแลนด์ สวีเดน	1.0	รับประทานอาหารปลาครั้ง เดียวใน 1 สัปดาห์
ไซปรัส เดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์	1.0	

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2536

8. สถานภาพการปนเปื้อนของปรอทจากการผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย

ปรอทพบในรูปสารเจือปนจากการผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย โดยปรอทดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดอยู่ในชั้นดินชั้นหินลึกลงไปใต้พื้นท้องทะเล พบว่ามีปรอทเจือปนอยู่ในก๊าซธรรมชาติและผลผลิตจากหลุมก๊าซเป็นครั้งแรกโดยบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ ใน พ.ศ. 2528 พบปรอทดังกล่าวในก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลว ตะกอนของก๊าซธรรมชาติเหลว (Condensate sludge)

และน้ำที่ผลิตได้จากชั้นก๊าซธรรมชาติ บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์รายงานว่าสามารถแยกและกำจัดปรอทได้ประมาณร้อยละ 96 สำหรับอีกร้อยละ 4 คือส่วนที่พบในน้ำที่ผลิตได้จากชั้นดินชั้นหินใต้ท้องทะเลนั้น จะผ่านการบำบัดขั้นต้นก่อนที่จะปล่อยลงสู่อ่าวไทย ทางที่ระบายน้ำทิ้งจากขบวนการผลิต

ในต้นปี พ.ศ. 2541 บริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ ได้นำเทคโนโลยีการบำบัดน้ำที่ทันสมัยมาใช้เพื่อกำจัดปรอทที่เจือปนดังกล่าว พร้อมทั้งนำเทคโนโลยีการอัดน้ำกลับสู่ชั้นดินชั้นหินในพื้นที่ที่อ่าวไทย ได้แก่ แท่นผลิตกลางเอราวัณ ซึ่งสรุปว่าในการกำจัดปรอทที่เจือปนนั้นใช้ทั้งวิธีการบำบัดน้ำทิ้ง และการอัดน้ำกลับสู่ชั้นดินชั้นหิน

สำหรับปรอทที่เจือปนในรูปต่างๆ ได้แก่ 1. ก๊าซธรรมชาติเหลว 2. ในตะกอนที่ได้จากการผลิตและพบในเรือบรรทุกก๊าซธรรมชาติเหลวตลอดจนถึงและอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ และ 3. น้ำที่ได้จากการผลิต ซึ่งเป็นน้ำทิ้งลงสู่อ่าวไทย ซึ่งส่วนที่ 3 นี้เป็นส่วนที่ทางบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ รายงานว่าจะเป็นส่วนที่น่าจะเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ซึ่งในส่วนของน้ำทิ้งดังกล่าวนี้ จากจำนวนแท่นผลิตของบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ ประมาณ 80 แท่น มีการปล่อยน้ำทิ้งจำนวน 8 แท่น ซึ่งจะได้รับการบำบัดเบื้องต้นแล้ว คิดเป็นปริมาณน้ำทิ้งประมาณ 65,000 บาร์เรล ปริมาณปรอทในรูปแบบต่างๆที่รายงานโดยบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด ได้แก่

- | | |
|---|---|
| 1. ก๊าซธรรมชาติ | อยู่ในช่วง 10-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| 2. ก๊าซธรรมชาติเหลว (condensate) | อยู่ในช่วง 500-800 ppb |
| 3. น้ำทิ้งจากขบวนการต่าง (produced water) | อยู่ในช่วง 30 – 800 ppb |
- (ยูโนแคลไทยแลนด์, 2541 อ้างถึงใน สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ, 2541)

น้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตก๊าซธรรมชาติ มีปริมาณแตกต่างกันไปในแต่ละแท่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังผลิตก๊าซธรรมชาติและก๊าซธรรมชาติเหลวในแต่ละแท่นนั้นๆ ที่ได้ดำเนินการอยู่ โดยปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลว และน้ำทิ้งในแท่นผลิตต่างๆ ของบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด และ ป.ต.ท.สผ. แสดงไว้ในตารางที่ 2-5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2-5 สัดส่วนปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลว และปริมาณน้ำทิ้ง จากแท่นผลิตของบริษัทยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด และป.ต.ท.ส.ผ. ที่ใช้เป็น บริเวณศึกษาในปี 2543

แท่นผลิต	กำลังผลิต		ปริมาณน้ำทิ้ง	
	ก๊าซธรรมชาติ (mmcf)	ก๊าซธรรมชาติเหลว (mbbl)	(bbls)	%
เอราวัณ	101,796.193	3,136	6,526,465	28.09
ปลาทอง	12,828.678	677	1,390,517	5.98
สตูล	45,821.141	1,686	4,107,736	17.68
พูนาน	42,052.356	1,551	4,594,471	19.77
ไพลิน	85,577.631	3,370	1,554,469	6.69
บงกช	200,579.947	4,902	5,060,805	21.78
รวม	488,655.946	15,322	23,234,463	100

หมายเหตุ : mmcf = 10^3 million cubic feet

mbbl = million barrels

bbls = barrels

ที่มา : กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมทรัพยากรธรณี, 2544 อ้างถึงใน ศูนย์บริการวิชาการแห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

จะเห็นได้ว่าแหล่งใหญ่ของน้ำทิ้งมาจากแท่นเอราวัณ ซึ่งเป็นแท่นผลิตหลักของบริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด และรองลงมาคือแท่นบงกช ซึ่งเป็นของ บริษัท ป.ต.ท.ส.ผ. จำกัด โดยมีปริมาณน้ำทิ้งไม่แตกต่างกันมากนัก เพียงแต่เทคโนโลยีในระบบบำบัดและการกำจัดน้ำทิ้งใน แท่นบงกชยังไม่มีมีความทันสมัยเท่าไรนัก อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาอันใกล้นี้ กรมทรัพยากรธรณี ได้มีนโยบายในการที่จะให้แท่นผลิตก๊าซธรรมชาติต่างๆ ที่มีการปล่อยน้ำทิ้งใช้ระบบที่เรียกว่า "Zero Discharge" เพื่อไม่ให้มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่อ่าวไทยโดยตรงอีกต่อไป

บริษัท ยูโนแคลไทยแลนด์ จำกัด และหน่วยงานต่างๆ ได้ทำการศึกษาปริมาณปรอท ในปลาทะเลบริเวณแท่นเจาะก๊าซธรรมชาติ ตั้งแต่ปี 2523 เป็นต้นมาจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทที่อาจปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมและสะสมในสัตว์น้ำ ผลการศึกษาแสดงไว้ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 แสดงการศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ
ในสัมปทานของบริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด โดยหน่วยงานต่าง ๆ

วัน/เดือน/ปี	จำนวนชนิด ปลาทะเลที่ ศึกษา	จำนวนตัว อย่างปลา ทะเลทั้งสิ้น	ผลการศึกษา	หมายเหตุ
July-August 1990	8	16	ไม่มีข้อมูล	Battelle, 1991 a
1990	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	0.055 - 0.324 (µg/g wet weight)	Menasveta(1990) * เฉพาะ Erawan
February 1993	24	65	Erawan : 0.036 -3.080 Platong : 0.044 – 1.330 Funan : 0.006 – 0.602 (mg/kg dry wt)	ARRI, 1993
June-July 1994	20	58	0.218 mg/kg dry wt	ARRI, 1995
February 1995	20	66	0.212 mg/kg dry wt	ARRI, 1995
May 1997	20	103	Erawan : 0.24 Platong : 0.28 Funan : 0.13 (mg/kg)	Tetra Tech Inc, 1997

ที่มา : ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

นอกจากนี้ โครงการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทในอ่าวไทยซึ่งดำเนินการโดยสถาบันวิจัย
ทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ตรวจสอบปริมาณการปนเปื้อนของสารปรอทใน
เนื้อเยื่อปลาทะเลจากแทนผลิตก๊าซธรรมชาติของ บริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด จำนวน 4
แทน คือ แทนเอราวัณ ปลาทอง สตูล และพุนาน โดยมีแหล่งอ้างอิงที่ปราณบุรี จังหวัด
ประจวบคีรีขันธ์เป็นแหล่งเปรียบเทียบ ผลที่ได้จากการศึกษา แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทใน
เนื้อเยื่อปลา และปริมาณปรอทที่เกินค่ามาตรฐานในแต่ละบริเวณและแต่ละครั้งของการเก็บตัว
อย่าง ดังแสดงในตาราง 2-7

ตาราง 2-7 ปริมาณปรอทรวมในเนื้อเยื่อปลาจากแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติของ บริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด ระหว่างปี 2536 – 2542

ปี	ค่าทางสถิติ	เฮราวัน	ปลาทอง	พูนาน	ตูด	ปรางมูรี	ระยะเวลาเก็บ
2536	mean (ppm dry wt)	0.036-3.080	0.044-1.330	0.006-0.602	*	*	9-17 ก.พ. 2536
2538	mean (ppm dry wt)	0.281	0.213	2.33	*	*	20 ม.ค.-15 ก.ค. 2537
	>0.5 ppm (%)	11.63	7.5	2.33	*	*	
2540	mean (ppm dry wt) ¹	0.15	0.164	0.1719	0.1743	0.0715	22 ก.ค.-7 พ.ค. 2540
	mean (ppm dry wt) ²	0.2189	0.0868	0.1001	0.0946	0.0677	10-26 ม.ค. 2541
	>0.5 ppm wet wt (%) ¹	5.56	5.56	13.04	14.29	0.00	
	>0.5 ppm wet wt (%) ²	7.50	0.00	2.86	0.00	0.00	
2541	mean (ppm dry wt) ¹	0.3395	0.2088	0.1295	0.2278	0.161	1-14 ต.ค. 2541
	mean (ppm dry wt) ²	0.2083	0.2586	0.2894	0.3682	0.1439	13-24 มี.ค. 2542
	>0.5 ppm wet wt (%) ¹	18.18	7.41	0.00	15.00	6.25	
	>0.5 ppm wet wt (%) ²	7.69	25.00	23.53	20.00	0.00	
2542	mean (ppm dry wt) ¹	0.1977	0.3431	0.1954	0.2962	0.1574	30 ก.ค.-12 ก.ย. 2542
	mean (ppm dry wt) ²	0.2255	0.133	0.1426	0.1651	0.1149	8-20 ธ.ค. 2542
	>0.5 ppm wet wt (%) ¹	14.29	33.33	5.88	11.11	0.00	
	>0.5 ppm wet wt (%) ²	13.33	0.00	3.33	0.00	0.00	

หมายเหตุ : ¹ = เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1
² = เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2
* = ไม่มีการเก็บตัวอย่าง

ที่มา : ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

9. การศึกษาปริมาณสารปรอทในปลาและสัตว์น้ำในอ่าวไทย

การศึกษาเกี่ยวกับสารปรอทในปลาและสัตว์น้ำในอ่าวไทย มีรายงานดังนี้

Cheevaparanapivat และ Menasveta (1979) ศึกษาปริมาณปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ในปลา 191 ตัวอย่าง, สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 27 ตัวอย่าง บริเวณอ่าวไทยตอนบน ได้ผลดังตาราง 2-8 นอกจากนี้ยังพบการขยายตัวทางชีวภาพของปรอทตามห่วงโซ่อาหารที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย และจากการเปรียบเทียบในปลาผิวน้ำและปลาหน้าดิน ไม่พบความแตกต่างกันในปริมาณปรอททั้งในปริมาณรวมและปริมาณปรอทอินทรีย์

ตารางที่ 2-8 ปริมาณปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตจากอ่าวไทยตอนบน

ชนิด	ปริมาณปรอทรวม (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		ปริมาณปรอทอินทรีย์ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย
Composite plankton	2-5	3	0-1	0.5
Loligo	6-27	14	3-17	8
Penaeus sp.	2-16	11	1-10	6
ปลา (22 ชนิด)	6-650	41	4-280	23

ที่มา : Cheevaparanapiwat และ Menasveta, 1979

สาวิกา เกษมศรี (2525) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย พบปริมาณสารปรอทในปลาหน้าดินและปลาผิวน้ำ มีค่าเฉลี่ย 69.13 ppb และ 37.47 ppb เหตุที่ปลาหน้าดินมีค่าเฉลี่ยของปริมาณสารปรอทสูงกว่าปลาผิวน้ำมาก เนื่องจากปริมาณสารปรอทในดินตะกอนมีมากกว่าในน้ำทะเล ดังนั้นปลาที่มีแหล่งอาหารอยู่บริเวณหน้าดิน จะมีโอกาสได้รับสารปรอทเข้าสู่ตัวปลาได้มากกว่าปลาที่มีแหล่งหาอาหารอยู่บริเวณผิวน้ำ

สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสุวรรณี เงินบำรุง (2527) ศึกษาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง ทำจีน แมกลอง เพชรบุรี และปราณบุรี ในเดือนเมษายน 2522 ถึงเดือนมีนาคม 2523 พบว่าปริมาณปรอทมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.012 - 0.151 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก

โตมร มีเดช (2528) ทำการศึกษาปริมาณปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ในน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา และได้รายงานถึงปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่ที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณดังกล่าวและบริเวณอ้างอิงคือ จังหวัดระยอง พบว่าปริมาณปรอทรวมในหอยแมลงภู่ที่เก็บได้จากปากแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ในช่วง 0.015 - 0.018 ไมโครกรัมต่อกรัม ปรอทเมทิลอยู่ในช่วง 2.395-2.829 นาโนกรัมต่อกรัม ส่วนปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่ที่เก็บจากจังหวัดระยองมีปริมาณรวมอยู่ในช่วง 0.006 - 0.010 ไมโครกรัมต่อกรัม และปรอทเมทิลอยู่ในช่วง 2.368-2.503 นาโนกรัมต่อกรัม

ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ และคณะ (2530) ได้ตรวจวัดปริมาณสารปรอทในสัตว์ทะเลเป็นระยะเวลา 14 ปี ระหว่างปี 2516-2529 โดยใช้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 1,680 ตัวอย่าง จากการสำรวจในอ่าวไทยและทะเลใกล้ฝั่งทะเลอันดามัน 37 ครั้ง พบค่าเฉลี่ยประมาณ 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก และมีเพียง 4 ตัวอย่าง ที่มีปรอทสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก

ประกาย บริบูรณ์ และคณะ (2530) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์ทะเลบริเวณน่านน้ำไทย ตามโครงการวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย ตั้งแต่เดือนเมษายน 2516 ถึงเดือนกันยายน 2526 สำหรับในอ่าวไทย เก็บตัวอย่างทั้งหมด 25 ครั้ง ได้จำนวนตัวอย่าง 945 ตัวอย่าง ปริมาณปรอทที่พบมีตั้งแต่ น้อยกว่า 0.0001 ถึง 0.578 ไมโครกรัม/กรัม โดยมีค่า

เฉลี่ยคือ 0.040 ไมโครกรัม/กรัม และพบว่าร้อยละ 3.7 ของตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณปรอทเกิน 0.1 ไมโครกรัม/กรัม

แวนดา ทองระอา (2531) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ จากบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย ในปี 2529 โดยเก็บตัวอย่างจากสะพานปลา 4 แห่ง คือ สะพานปลาอ่างศิลา-สะพานปลาเขาสามมุก สะพานปลาบางเสร่ จังหวัดชลบุรี และ สะพานปลาบ้านแพ จังหวัดระยอง พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.041-0.043, 0.039-0.035, 0.041-0.046 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

Hungspreugs และคณะ (1989) ได้รายงานถึงปริมาณปรอทในปลาและหอยจากอ่าวบ้านดอนจังหวัดสุราษฎร์ธานีเมื่อปี 1987 ดังนี้ ปลามีค่า 0.004-0.008 ไมโครกรัม/กรัม หมึกมีค่า 0.008 ไมโครกรัม/กรัม กุ้งมีค่า 0.012 ไมโครกรัม/กรัม หอยลายมีค่า 0.017 ไมโครกรัม/กรัม หอยตะไกรมีค่า 0.010-0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และหอยแครงมีค่า 0.018-0.029 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก

แวนดา ทองระอา และคณะ (2534) ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยการเก็บตัวอย่างปลา หมึก ปูม้า กุ้ง ตึกแตน หอยนางรม และกุ้ง รวม 95 ชนิด จากสะพานปลา 4 แห่ง ในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ได้แก่ สะพานปลาบ้านแพ จังหวัดระยอง, สะพานปลาอ่างศิลา, สะพานปลาบางเสร่ และ สะพานปลาเขาสามมุก จังหวัดชลบุรี เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2530 ถึงเดือนกันยายน 2531 พบปริมาณปรอทเฉลี่ยในปลาสูงกว่าสัตว์ทะเลชนิดอื่น คือมีค่า 0.035 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก และมีปริมาณเฉลี่ยในหมึก กุ้ง ปู กุ้ง ตึกแตน หอยนางรม และกุ้ง ตามลำดับดังนี้ 0.028, 0.021, 0.021, 0.016, 0.017 และ 0.010 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก

Menasveta (1993) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลบริเวณแท่นเจาะก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย 3 แท่น ปริมาณปรอทที่วิเคราะห์ได้อยู่ในช่วง 0.006 – 3.08 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง พบว่าปริมาณเพิ่มขึ้นจากในอดีต ปริมาณปรอทสูงสุดพบในปลาช่อนทะเล

Menasveta และคณะ (1995) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาทะเลบริเวณแท่นเจาะก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย 3 แท่น เปรียบเทียบกับปลาบริเวณอ้างอิงจากสุขาภิบาลบางเสร่ พบปริมาณปรอทตั้งแต่น้อยกว่า 0.01 – 1.270 ไมโครกรัม/กรัม ในปลาบริเวณแท่นเจาะก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย และ 0.020 – 0.993 ไมโครกรัม/กรัม ในปลาบริเวณอ้างอิง

ปิยะนารถ ตุ่มวอน (2539) ศึกษาการสะสมของโลหะหนักและการแปรผันในระยะยาวของคุณภาพน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนใน รายงานถึงปริมาณปรอทในแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ และปลาทะเลชนิดต่างๆ ที่เก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลบางเสร่ จังหวัดชลบุรี ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.009, 0.013 และ 0.093-0.730 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ พบว่ามีการเพิ่มขยายทางชีวภาพของปรอทในลำดับขั้นของผู้บริโภค พบว่าปริมาณปรอทในปลาทะเลมีแนวโน้มสูงขึ้น

อัยยา กังสุวรรณ และคณะ (2540) ทำการศึกษาปริมาณการสะสมของโลหะหนักในหมึกสายและหมึกกระดอง ที่เก็บตัวอย่างจากท่าเทียบเรือจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร ระยอง สงขลา และนครศรีธรรมราช ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2536 ผลการวิเคราะห์พบปริมาณปรอท 0.02 - 0.04 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก

สุชาติดา มะแส (2540) ศึกษาการสะสมของปรอทและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผลิตในเขตภาคใต้ตอนล่าง รายงานว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ 0.03 - 0.13 ไมโครกรัม/กรัม ในขณะที่ปลาแช่เยือกแข็งมีค่าเฉลี่ยปริมาณปรอทสูงกว่าผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งอื่นๆ คือ 0.09 ไมโครกรัม/กรัม

รุจิรา พงศ์พลทอง (2541) ศึกษาความเข้มข้นของปรอทในเนื้อปลาช่อนทะเลบริเวณอ่าวไทยและทะเลอันดามัน เก็บตัวอย่างปลาช่อนทะเลบริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย, เขตสุขาภิบาลบางเสร่ จ.ชลบุรี, เขตอำเภอขนอม จ.นครศรีธรรมราช และท่าเทียบเรือประมงจังหวัดระนอง ในเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2541 พบความเข้มข้นปรอทเฉลี่ย 0.393, 0.095, 0.080 และ 0.078 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ พบความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นปรอทกับขนาดลำตัวปลาช่อนทะเลในปลาที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณชายฝั่งทะเลบางเสร่, ชายฝั่งอำเภอขนอม และชายฝั่งทะเล จ.ระนอง

ศุภวัตร กาญจน์อดิเรกลาก และคณะ (2542) ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลบางชนิด บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ได้วิเคราะห์ความเข้มข้นของปรอท แคดเมียม ทองแดง สังกะสี และเหล็ก ในปลา 22 ชนิด และหมึก 4 ชนิด ที่สุ่มจากอวนลากแผ่นตะเฆ่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ตั้งแต่ช่องแสมสาร จังหวัดชลบุรี ถึงบ้านหาดเล็ก จังหวัดตราด ในปี 2538 โดยวิเคราะห์หาปริมาณปรอทด้วยเครื่อง mercury detector ประกอบกับวิธี cold vapor พบว่าค่าปริมาณปรอทในปลาและหมึกดังกล่าวอยู่ในช่วง 0.00001 - 0.25061 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก นอกจากนี้ได้คำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณการปนเปื้อนของปรอทสู่คนโดยการบริโภคปลาซึ่งอยู่ในระดับต่ำคือ 10.26 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต และคณะ (2542) ศึกษาการตรวจวัดปริมาณปรอทรวมในเนื้อเยื่อปลา ฟิชชิ่ง และดินตะกอน บริเวณโรงแยกก๊าซธรรมชาติมาบตาพุด ก่อนและหลังปิดระบบ พบว่าปริมาณปรอทรวมในดินทั้งค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุด มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน ปริมาณปรอทรวมในฟิชชิ่ง มีค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดที่พบสูงกว่าเดิม ส่วนปริมาณปรอทรวมในปลาพบว่าค่าที่ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

กรมควบคุมมลพิษ (2543) รายงานการศึกษาปริมาณปรอทรวมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณทะเลต่างๆ ของประเทศไทย 3 แหล่ง ปริมาณปรอทที่ได้แสดงในตารางที่ 2-9 โดยสรุปได้ว่า

- เดือนมิถุนายน 2541 เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำทะเลชนิดต่างๆ 119 ตัวอย่าง โดยใช้วนลากจาก 7 สถานีในอ่าวไทย พบว่าความเข้มข้นของปรอทมีค่าอยู่ในช่วง 0.008-0.628 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งมี 2 ตัวอย่างที่มีค่าปรอทเกิน 0.5 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก (ค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนของกระทรวงสาธารณสุข)

- เดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม 2541 เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำเศรษฐกิจจาก 15 สถานีบริเวณปากแม่น้ำ ผสมเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดเดียวกันก่อนทำการวิเคราะห์ พบความเข้มข้นปรอทอยู่ในช่วง 0.016- 0.128 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งความเข้มข้นปรอทในสัตว์น้ำแต่ละประเภทมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข

- ปี พ.ศ. 2539-2541 เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำเศรษฐกิจบริเวณหน้านิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดพบความเข้มข้นปรอทรวมมีค่าอยู่ในช่วง 0.012-0.416 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนเช่นกัน

ตารางที่ 2-9 ความเข้มข้นปรอทรวมในเนื้อเยื่อสัตว์ทะเลในทะเลบริเวณต่าง ๆ ของประเทศไทย

บริเวณศึกษา	ปริมาณปรอทรวม (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง
	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย	
นอกฝั่งทะเลอ่าวไทย	0.008-0.628	0.080+0.100	มิถุนายน พ.ศ. 2541
ชายฝั่งทะเล (ปากแม่น้ำ)	0.016-0.128	0.044+0.020	มิ.ย.-ก.ค. พ.ศ. 2541
นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	0.012-0.416	0.104+0.096	พ.ศ. 2539-2541
ค่าเฉลี่ย	0.008-0.628	0.076+0.072	

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2543

10. การศึกษาปริมาณสารปรอทในปลาและสัตว์น้ำในทะเลต่างประเทศ

การศึกษาเกี่ยวกับสารปรอทในปลาและสัตว์น้ำในทะเลของต่างประเทศ มีรายงานดังนี้

Andre, Ribeyre และ Boudou (1990) ทำการศึกษาปริมาณปรอทรวมในโลมา (*Stenella Attenuata*) 44 ตัวที่ติดมากับการลากอวนปลาทุ่นจากบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออก (80-140 องศาตะวันออก และ 10 องศาใต้ถึง 20 องศาเหนือ) ทำการศึกษาปริมาณปรอทใน 18 อวัยวะ พบปริมาณปรอทเฉลี่ยในเลือด 0-36 ไมโครกรัม/กรัม, ในตับ 0-62 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนปริมาณเฉลี่ยในอวัยวะอื่นอยู่ระหว่าง 1-5 ไมโครกรัม/กรัม

Monteiro และ Lopes (1990) ศึกษาปริมาณปรอทในปลาฉนาก โดยเก็บตัวอย่างปลาฉนากด้วยการวางเบ็ดราวในเขต ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ปี ค.ศ. 1987 พบปริมาณปรอท 0.06 – 4.91 ไมโครกรัม/กรัม พบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณปรอทกับความยาว น้ำหนักตัว อายุ และเพศของปลา

Cossa, Sanjuan และ Noel (1994) ศึกษาการแพร่กระจายของปรอทในน้ำทะเลบริเวณช่องแคบโดเวอร์ (Strait of Dover) ซึ่งเป็นช่องแคบระหว่างอังกฤษกับฝรั่งเศส ในระหว่างเดือนกันยายน ค.ศ. 1990 ถึงเดือนธันวาคม ค.ศ. 1991 พบว่าปรอทส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารแขวนลอยมากกว่าสารละลาย และประมาณ 20-90 % ของปริมาณปรอทรวมจะมีค่าสูงมากที่บริเวณชายฝั่งคือบริเวณใกล้เมือง Folkeston ในประเทศอังกฤษ และเมือง Cap Griz - Nex ในประเทศฝรั่งเศส

Zhou (1994) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปรอทที่แพร่กระจายบริเวณผิวน้ำน้ำทะเลและในสิ่งแวดล้อมของทะเลจีนตะวันออก โดยเก็บตัวอย่างน้ำและสิ่งมีชีวิตต่างๆ จากบริเวณชายฝั่งเมืองเซี่ยงไฮ้ พบปริมาณปรอทในน้ำทะเลลดลงเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำทะเลห่างจากฝั่งมากขึ้น และได้รายงานผลการศึกษาของ Chen และคณะ ว่าพบปริมาณปรอทในสาหร่ายโคฟีปอด, หอยสองฝา, หอยนางรม, gastropod, decapod, coelenterate, cephalopod และปลาบริเวณปากแม่น้ำ Jiu Long ตามลำดับดังนี้ 0.117, 0.675, 0.513, 0.411, 0.201, 0.270, 0.106, 0.456, 0.762 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

นอกจากนี้ยังรายงานถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณปรอทไปตามห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตบริเวณแม่น้ำ Jiyun โดยมีปริมาณปรอทใน แพงก์ตอน เบนโทส ปลากินพืช ปลาที่กินได้ทั้งพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และนกหรือสัตว์ปีกที่กินสัตว์น้ำ 0.34, 0.48, 0.90, 1.70 และ 3.29 ไมโครกรัม/กรัมตามลำดับ

Richardson, Garnham และ Fabris (1994) ศึกษาปริมาณโลหะปริมาณน้อยในหอยแมลงภู่ (*Mytilus edulis planulatus*) โดยคัดตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่มีอายุและขนาดเท่ากันจากบริเวณอ่าวพอร์ตฟิลลิป (Port Phillip Bay) ในรัฐวิกตอเรียไปเลี้ยงในสถานที่ต่างๆ กันภายในเขตชายฝั่งทางตอนใต้และทางตะวันตกของประเทศออสเตรเลีย ได้แก่ บริเวณ South Channel ในรัฐ Victoria, Kwinana, ในอ่าว St. Vincent, Beacon Head ทางใต้ฝั่งตะวันตก, Port pirie อยู่ใน Port Phillip Bay (เป็นบริเวณควบคุม) และ Edithburge อยู่ในบริเวณ Spencer Gulf หลังจากทำการเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน (ทำ 3 ซ้ำ) พบปริมาณปรอทเฉลี่ยในแต่ละสถานี 0.078, 0.552, 0.080, 0.065, และ 0.070 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปริมาณกันแล้วพบว่าปริมาณปรอทในบริเวณอื่นมีปริมาณสูงกว่าบริเวณควบคุม หมายถึงการสะสมของปรอทในหอยแมลงภู่จะมากขึ้นตามปริมาณปรอทที่มีในสิ่งแวดล้อมที่มันอาศัยอยู่

Herut และคณะ (1996) ศึกษาการพักตัวและการลดปริมาณการปนเปื้อนของปรอทในสิ่งแวดลอม โดยการใช้อุณหภูมิศึกษาการปนเปื้อนของปรอทบริเวณอ่าวไฮฟา (Haifa Bay) ประเทศอิสราเอล โดยการเก็บตัวอย่างดินตะกอน ตะกอนผิวหน้าท้องทะเล ตะกอนแขวนลอยในน้ำและหอยสองฝามาทำการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมปรอท พบว่าปริมาณปรอทในดินตะกอนลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น และมีปริมาณลดลงในแต่ละปีจากปี ค.ศ. 1985 ถึง ปี ค.ศ. 1993 ส่วนในตะกอนแขวนลอยในน้ำ พบปริมาณการสะสมในตะกอนที่เก็บจากระดับน้ำลึกมากกว่าในตะกอนที่เก็บจากที่ระดับน้ำตื้น แต่มีปริมาณการสะสมลดลงในแต่ละปีจากปี ค.ศ. 1984 ถึง ปี ค.ศ. 1993 เหมือนกัน

ส่วนปริมาณปรอทในหอยสองฝา *Macro corallina* นั้นทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างปี ค.ศ. 1979 ถึง ปี ค.ศ. 1993 จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 1500 ตัวอย่าง พบปริมาณปรอท 0.530 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณการสะสมลดลงเรื่อยๆ ในแต่ละปี

ในปลา *Sagocentron rubrum* และ *diplodus sargus* ที่เก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกันนั้น พบปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 0.0005-0.012 ไมโครกรัม/กรัม ใน *D. sargus* และ 0.001 ไมโครกรัม/กรัม ใน *S. rubrum* แต่สิ่งที่เหมือนกันของปลาทั้งสองชนิดนี้คือ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณปรอทกับน้ำหนักตัวและมีปริมาณการสะสมปรอทลดลงเรื่อยๆ จากปีแรกจนถึงปีสุดท้ายที่ทำการศึกษา เช่นเดียวกับที่พบในการศึกษาปริมาณปรอทในตะกอนทะเล ตะกอนแขวนลอยในน้ำทะเลและหอยสองฝาข้างต้น

Phillips, Heilprin และ Hart (1997) ศึกษาปริมาณปรอทในปลากระพง (*Paralabrax nebulifer*) ที่เก็บตัวอย่างจากบริเวณตอนใต้ของอ่าวแคลิฟอร์เนีย โดยการเก็บตัวอย่างปลากระพงในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1993 พบปริมาณปรอทอยู่ในช่วง 100-360 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก และรายงานถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณปรอทกับอายุและความยาวของปลาด้วย

Storelli, Stuffer และ Marcotrigiano (1998) ศึกษาปริมาณปรอทรวมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาหน้าดินและปลาที่อาศัยอยู่ทะเลน้ำลึก ได้แก่ ปลา yellow gumard (*Trigla lucerna*), ปลา red gumard (*Aspitrigla cuculus*), ปลา red fish (*Helicolenus dactylopterus*), ปลา Skate (Raje spp.), ปลา goldline (*Sarpa salpa*), ปลา atlantic bonito (*Sarda sarda*), ปลา mackerel (*Scomber scombrus*) และปลา chub mackerel (*Scomber Japonicus*) บริเวณทะเล South Adriatic Sea ทางตอนใต้ของอิตาลี ในเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม ค.ศ. 1995 ผลการศึกษาพบว่าปลาหน้าดินที่มีปริมาณปรอทสูงสุดคือปลา Skate (1.02 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก) ส่วนปลาทะเลน้ำลึกที่มีปริมาณปรอทสูงสุด คือ ปลา atlantic bonito (0.34 ไมโครกรัม/กรัม) ปริมาณปรอทต่ำสุดพบในปลา goldline (0.07 ไมโครกรัม/กรัม) 28% ของตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณปรอทเกิน 0.5 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทกับน้ำหนักของปลาทุกชนิด แต่ไม่พบความสัมพันธ์ในปลา goldline และปลา Skate

Kress และคณะ (1998) เมื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ดั้งเดิม (Southeastern Mediterranean Sea) ซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพธรรมชาติ กับพื้นที่ฝั่งกลบของเสีย 2 แห่งในธรรมชาติพบความเข้มข้นโลหะหนักใน Crustaceans คือ $Fe > Cu > Zn > Mn > Cd > Hg$ ในขณะที่ปลาหน้าดินจะพบความเข้มข้นโลหะหนักในลำดับที่แตกต่างกัน คือ $Fe > Zn > Mn > Cu > Hg > Cd$ จะพบว่าในปลาที่อาศัยในน้ำลึก จำพวกปลาหน้าดิน จะพบปริมาณปรอทและแคดเมียมมากกว่าในปลาที่อาศัยที่ตามชายฝั่ง นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างโลหะหนักที่พบในพื้นที่ 2 ประเภท

Foster, Drake และ Didomenico (2000) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณปรอทตามฤดูกาลในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และอวัยวะสืบพันธุ์ของปลา Largemouth bass (*Micorpterus salmoides*) ที่อ่างเก็บน้ำ Dorena รัฐ Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการทดลองในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนในปี ค.ศ. 1995 และในฤดูใบไม้ผลิ ฤดูร้อน ฤดูหนาวในปี ค.ศ. 1996 ผลการศึกษาไม่พบความต่างของปริมาณปรอทตามฤดูกาลในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ แต่พบปริมาณปรอทในตับและรังไข่มีค่าแตกต่างกันตามฤดูกาล ซึ่งปริมาณปรอทในตับปลาในฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าในฤดูใบไม้ผลิ ส่วนปริมาณปรอทในรังไข่ในฤดูหนาวมีค่าสูงกว่าในฤดูใบไม้ผลิ พบว่าเนื้อเยื่อตับมีการสะสมปรอทมากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ซึ่งปริมาณปรอทที่ขึ้นลงนี้ไม่มีผลต่อการบริโภคปลาของประชาชน

Joiris, Das และ Holsbeek (2000) ได้ศึกษาการสะสมและการเปลี่ยนรูปของปรอทในปลาทะเลจากประเทศบังคลาเทศ รายงานว่าในปลาจะพบปรอทในรูป methylmercury โดยทั่วไปจะมีปริมาณมากกว่า 80% ของปริมาณปรอทรวม ยกเว้นในบางพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของปรอทน้อย เช่นในทะเลยูโรเปียนอาร์กติก และบังคลาเทศ พบว่าในปลาบางชนิดจะแสดงรูปแบบความเข้มข้นปรอทอินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มข้นของ methylmercury จะลดลงตามอายุ ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวลำตัว ในขณะที่ปลาบางชนิดที่อยู่ในระดับการบริโภคชั้นสูง จะเห็นความสัมพันธ์ชัดเจนมากขึ้น สัตว์ที่หากินตามพื้นพบ methylmercury ในระดับต่ำ ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น การกินและขนาดลำตัวมีผลต่อระดับปรอทอินทรีย์ในกล้ามเนื้อของปลา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่าง

1.1 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

เก็บตัวอย่างปลาทะเลโดยการตกด้วยเบ็ดและสายเอ็น โดยเลือกเก็บปลา 3 ประเภท ประเภท คือ ก. ปลาหน้าดินชนิดที่กินสัตว์ คือ ปลากระพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal), ข. ปลาผิวน้ำชนิดที่กินสัตว์ คือ ปลาหางแข็ง (*caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) และ ค. ปลาผิวน้ำชนิดที่กินพืช คือ ปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) (รูป 3-1 ถึง รูป 3-3) โดยเก็บปลาที่มีน้ำหนักใกล้เคียงกัน และน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัมขึ้นไป

นำตัวอย่างปลา มาชั่งน้ำหนัก วัดความยาว จำแนกชนิดของปลา บันทึกข้อมูลพื้นฐาน ถ่ายรูป และเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ จะเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อข้างลำตัวส่วนบน (รูป 3-4) ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างตับและไต (รูป 3-5) จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ -20°C ก่อนทำการวิเคราะห์



รูปที่ 3-1 ปลากระพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal)



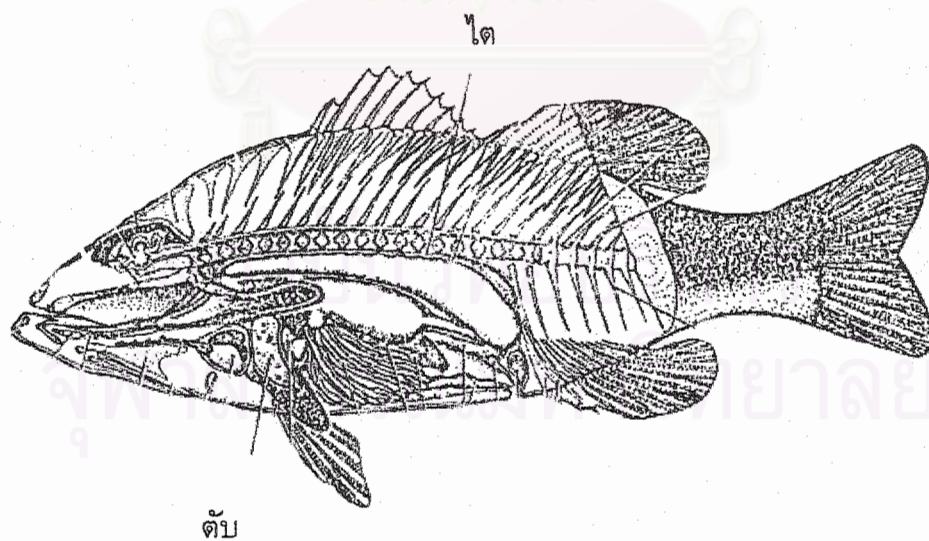
รูปที่ 3-2 ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard)



รูปที่ 3-3 ปลาเก๋า (*Kyphosus cinerascens* Forsskal)



รูปที่ 3-4 แสดงตำแหน่งการตัดเก็บเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อปลาทะเลบริเวณใต้โคนครีบหลัง



รูปที่ 3-5 แสดงตำแหน่งที่เก็บเนื้อเยื่อตับและไตของปลา

1.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง

- บริเวณแทนผลิตภัณฑ์ชาธรรมชาติกลางอ่าวไทย 6 แทน คือ สตูล ปลายทาง ฟูนาน เอรಾವัน ไพลิน และบงกช
- บริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นแหล่งอ้างอิง (รูป 3-6)

2. การเตรียมสารเคมี

ในการทดลอง ใช้สารเคมีที่ใช้เป็น analytical grade ทั้งสิ้น

2.1 สารละลายผสมระหว่างกรดไนตริกกับกรดซัลฟูริก อัตราส่วน 1:1

เตรียมในตู้ดูดควัน ใส่ น้ำกลั่น ในขวดก่อน จึงเติม HNO_3 ลงไปในน้ำ จากนั้นเติม H_2SO_4 ลงไปในปริมาณที่เท่ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ทิ้งไว้ให้เย็น

2.2 สารละลายอิมตัวของโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต

โดยเติมโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตในน้ำกลั่น คนให้ละลาย เติมโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟตเพิ่ม จนไม่สามารถละลายได้อีกที่อุณหภูมิห้อง นำบีกเกอร์ไปให้ความร้อนบน hot plate จนได้เป็นสารละลายใสไม่มีสี ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เก็บใส่ขวดแก้ว

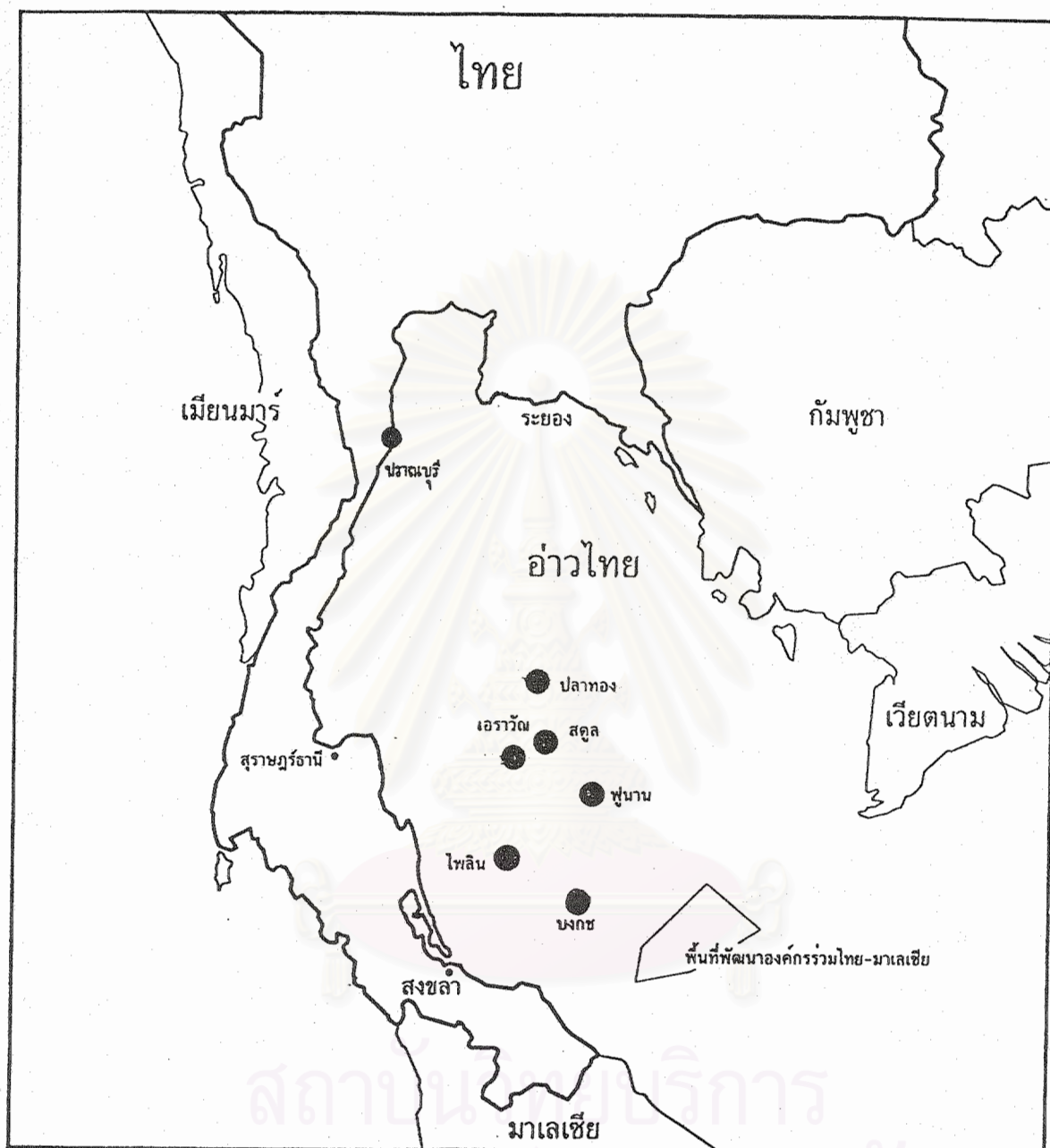
2.3 Reducing Agent

เตรียมจาก Ammonium Chloride ($\text{NH}_2\text{OH}.\text{HCL}$)	20	กรัม
Tin (II) Chloride Dihydrate ($\text{SnCl}_2.2\text{H}_2\text{O}$)	33	กรัม
Sodium Chloride (NaCl)	20	กรัม
Hydrazine sulfate	1	กรัม
Conc. Sulphuric Acid (H_2SO_4)	9	มิลลิลิตร

ปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2.4 Standard Solution for Standard curve

เตรียมสารละลายผสมของกรดไนตริกกับกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 10% ในอัตราส่วน 1:1 โดยใช้กรดไนตริก 50 มิลลิลิตร ผสมกรดซัลฟูริก 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3-6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างปลาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย
และบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

บทที่ 4

ผลการศึกษา

1. ผลการตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นปรอท

1.1 ตรวจสอบมาตรฐานการวิเคราะห์โดยหาความเข้มข้นปรอทในระดับปลามาตรฐาน DOLT-2 (Dogfish liver certified reference materials for trace metal (DOLT-2) National Research Council Canada) ซึ่งมีค่าความเข้มข้นปรอทที่รับรองแล้ว 2.14 ± 0.28 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข) หมายถึงค่าที่ยอมรับได้เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทออกมาแล้วอยู่ในช่วง $1.86 - 2.42$ ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในการศึกษาครั้งนี้ทำการวิเคราะห์หาปรอทในระดับปลามาตรฐาน DOLT-2 ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์หาปรอทในเนื้อปลาตัวอย่างในทุกชุดการทดลอง ได้ผลของปริมาณปรอทในเนื้อปลามาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ความเข้มข้นของปริมาณปรอทเฉลี่ยในระดับปลามาตรฐาน DOLT-2 (Dogfish liver certified reference materials for trace metal) ที่วิเคราะห์ได้ คือ 1.93 ± 0.19 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ซึ่งมีค่า 2.14 ± 0.28 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง แสดงถึงการมีประสิทธิภาพสูงของการวิเคราะห์ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในพิสัยของค่าความเข้มข้นของปรอทที่ได้รับรองแล้ว ($1.86 - 2.42$ ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)

1.2 การทำ recovery เนื้อเยื่อตัวอย่างควบคู่ไปกับการวิเคราะห์หาปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาตัวอย่างในทุกชุดการทดลอง จากการทดลอง ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ recovery ดังผลในตารางที่ 4-2

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ recovery ที่ได้คือ 99.5904 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงความสามารถของวิธีการและเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณปรอทที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพสูงเป็นที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อตับปลามาตรฐาน DOLT-2
(Dogfish liver certified reference materials for trace metal)

ลำดับที่ DOLT-2	น้ำหนักสารมาตรฐาน DOLT-2 (กรัม)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัม)
1	0.2501	2.0571
2	0.2500	2.0170
3	0.2500	1.8771
4	0.2501	2.0612
5	0.2506	1.9980
6	0.2503	1.9447
7	0.2501	1.9629
8	0.2510	1.9907
9	0.2508	1.8755
10	0.2500	2.0652
11	0.2509	2.0105
12	0.2508	2.0896
13	0.2508	1.8921
14	0.2512	1.8344
15	0.2512	1.9284
16	0.2500	1.9213
17	0.2518	1.1960
18	0.2512	1.9009
19	0.2500	1.9830
20	0.2509	1.9544
ค่าเฉลี่ย	0.2506	1.9280
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0005	0.1864

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-2 การตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ **recovery** เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		ชุด recovery		ความเข้มข้นปรอทที่เติม ในชุด recovery (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)	recovery (%)
	ชุดตัวอย่าง (A)	ชุด recovery (C)	ปริมาณ Hg ที่เติม	น้ำหนัก		
			(ไมโครกรัม)	เนื้อเยื่อ (กรัม)		
1	0.1324	0.2989	0.2	1.0384	0.1926	91.9681
2	0.1969	0.3499	0.2	1.0557	0.1894	90.5661
3	0.1666	0.4141	0.2	1.0017	0.1997	113.0616
4	0.0382	0.2065	0.2	1.0026	0.1995	86.8810
5	0.0687	0.2598	0.2	1.0099	0.1980	97.3984
6	0.0539	0.2704	0.2	1.0328	0.1936	109.2312
7	0.0572	0.2283	0.2	1.0629	0.1882	93.0453
8	0.0528	0.2258	0.2	1.1846	0.1688	101.8800
9	0.0612	0.2222	0.2	1.1797	0.1695	96.3011
10	0.1399	0.3154	0.2	1.1144	0.1795	98.7573
11	0.3295	0.487	0.2	1.0459	0.1912	93.5238
12	0.117	0.2877	0.2	1.3143	0.1522	106.8832
13	0.0697	0.2668	0.2	1.1152	0.1793	107.1314
14	0.1393	0.3559	0.2	1.0255	0.1950	106.4527
15	0.0028	0.1871	0.2	1.0765	0.1858	99.2114
16	0.1082	0.2649	0.2	1.2233	0.1635	97.5000
17	0.0064	0.1867	0.2	1.0967	0.1824	98.9059
18	0.1455	0.3542	0.2	1.024	0.1953	103.9281
ค่าเฉลี่ย	0.1048	0.2879	0.2000	1.0891	0.1846	99.5904
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.0783	0.0805	0.0000	0.0863	0.0135	7.1027

- หมายเหตุ
1. Recovery (%) = $\frac{\text{ความเข้มข้นปรอทในชุด Recovery (C)}}{\text{ความเข้มข้นปรอทในตัวอย่าง (A) + ความเข้มข้นปรอทที่เติม (B)}} \times 100$
 2. ชุด Recovery : เติมสารละลายปรอทความเข้มข้น 1 ppm ปริมาณ 200 ไมโครลิตร ในเนื้อเยื่อตัวอย่าง
 3. ค่าความเข้มข้นปรอทรวมในตัวอย่างเป็นค่าทดสอบ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงในตัวอย่างเดียวกัน

2. ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาทะเล

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไต ของปลาทะเล 3 ชนิด ได้แก่ ปลากระพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal) ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) และปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) ที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ รวม 204 ตัวอย่าง จากบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ 136 ตัวอย่าง และจากบริเวณปราณบุรี 68 ตัวอย่าง ปลาที่ใช้ในการศึกษา มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัม ความยาวเฉลี่ย 57 เซนติเมตร จากการวิเคราะห์หาความเข้มข้นปรอทด้วยวิธี Cold Vapor Atomic Absorption ได้ผลการศึกษา ดังนี้

2.1 บริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย

ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ปลากระพงเขียวมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไตเท่ากับ 0.0934, 0.6264 และ 2.0015 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ปลาหางแข็งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตเท่ากับ 0.1692, 0.5061 และ 0.3445 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และปลากามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตเท่ากับ 0.0350, 0.3872 และ 0.1364 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ รายละเอียดได้แสดงไว้ในตาราง 4-3 ถึง ตาราง 4-5

ตาราง 4-3 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากะพงขาว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal) บริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ (เรียงลำดับตามความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (kg)	ความยาว (cm)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		
			เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	ตับ	ไต
9	5.40	76.00	0.3187	2.7167	8.0452
10	4.25	66.00	0.1141	0.6938	3.4838
7	2.80	63.00	0.1063	0.8314	1.9580
4	1.60	49.00	0.1045	0.4923	2.0507
11	1.80	49.00	0.0631	0.1767	0.3119
5	1.70	51.00	0.0590	0.2161	0.2545
8	2.85	60.00	0.0584	0.2516	0.3125
3	2.30	58.00	0.0583	0.9086	3.3862
1	2.05	52.00	0.0571	0.1354	0.2472
6	1.65	50.00	0.0544	0.2717	1.5295
2	2.40	56.00	0.0339	0.1957	0.4374
ค่าเฉลี่ย	2.62	57.27	0.0934	0.6264	2.0015
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.20	8.52	0.0790	0.7468	2.3484
พิสัย	1.60-5.40	49.00-76.00	0.0339-0.3187	0.1354-2.7167	0.2472-8.0452

ตาราง 4-4 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) บริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ (เรียงลำดับตามความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (kg)	ความยาว (cm)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		
			เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	ตับ	ไต
9	3.30	71.0	0.4588	0.4604	0.4081
8	3.20	75.0	0.3499	1.0730	0.8835
2	4.00	75.0	0.1928	1.0246	0.2637
4	3.65	63.0	0.1380	0.3935	0.3300
3	3.50	69.0	0.1292	0.2433	0.1441
12	2.70	68.0	0.1244	0.2609	0.1840
10	2.70	71.0	0.1220	0.2660	0.2145
11	2.80	63.0	0.1178	0.5388	0.3485
7	2.80	68.0	0.1131	0.5661	0.4903
5	2.60	64.0	0.1123	0.5133	0.4653
1	2.50	62.0	0.1034	0.4319	0.1915
6	3.00	69.0	0.0685	0.3008	0.2110
ค่าเฉลี่ย	3.06	68.17	0.1692	0.5061	0.3445
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.47	4.47	0.1158	0.2770	0.2048
พิสัย	2.50-4.00	62.00-75.00	0.0685-0.4588	0.2433-1.0730	0.1441-0.8835

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4-5 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) บริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติ (เรียงลำดับตามความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (kg)	ความยาว (cm)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		
			เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	ตับ	ไต
3	2.00	45.0	0.0955	0.1733	0.0161
2	1.95	48.0	0.0680	0.4506	0.0335
4	1.85	44.0	0.0582	0.2009	0.1244
1	1.60	45.0	0.0441	0.2137	0.0690
10	1.95	45.5	0.0310	2.3915	0.2217
11	1.40	42.5	0.0282	0.2531	0.7250
8	1.50	43.0	0.0192	0.1089	0.0711
5	1.60	44.0	0.0163	0.0850	0.0716
9	1.60	45.0	0.0157	0.0984	0.0621
7	2.00	46.0	0.0062	0.0917	0.0460
6	1.00	38.0	0.0028	0.1922	0.0601
ค่าเฉลี่ย	1.68	44.18	0.0350	0.3872	0.1364
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.31	2.53	0.0288	0.6729	0.2028
พิสัย	1.00-2.00	38.00-48.00	0.0028-0.0955	0.0850-2.3915	0.0161-0.7250

2.2 บริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ในบริเวณชายฝั่งปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปลากระพงเขียวมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตเท่ากับ 0.0580, 0.2507 และ 0.4438 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนปลาหางแข็งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตเท่ากับ 0.1597, 0.4506 และ 0.3336 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ รายละเอียดได้แสดงไว้ในตาราง 4-6 และตาราง 4-7

ตาราง 4-6 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากระพงเขียว (*Lutjanusargentimaculatus* Forsskal) บริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี (เรียงลำดับตามความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (kg)	ความยาว (cm)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		
			เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	ตับ	ไต
8	3.90	63.5	0.1101	0.4318	0.6786
5	3.50	65.0	0.0711	0.4358	0.4788
2	2.55	57.0	0.0676	0.2448	0.3687
4	3.80	64.0	0.0601	0.4523	0.8696
3	1.60	50.0	0.0530	0.0657	0.3245
1	2.65	55.0	0.0376	0.1329	0.1861
6	1.80	49.0	0.0321	0.1303	0.3587
7	2.15	53.0	0.0321	0.1121	0.2856
ค่าเฉลี่ย	2.74	57.06	0.0580	0.2507	0.4438
ส่วนเบี่ยงเบน	0.90	6.42	0.0261	0.1646	0.2256
พิสัย	1.60-3.90	49.00-65.00	0.0321-0.1101	0.0657-0.4523	0.1861-0.8696

ตาราง 4-7 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) บริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี (เรียงลำดับตามความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ)

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (kg)	ความยาว (cm)	ความเข้มข้นปรอท (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก)		
			เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	ตับ	ไต
3	3.40	72.0	0.2315	1.0780	1.1099
4	2.70	61.0	0.1941	0.5019	0.3660
9	2.50	61.5	0.1639	0.6910	0.5640
1	1.35	51.5	0.1601	0.1696	0.1346
5	2.30	59.0	0.1557	0.2473	0.0437
7	1.25	46.0	0.1369	0.5389	0.2982
6	2.80	60.0	0.1345	0.2583	0.0885
2	2.45	62.0	0.1306	0.2265	0.2369
8	1.40	49.5	0.1296	0.3440	0.1608
ค่าเฉลี่ย	2.24	58.06	0.1597	0.4506	0.3336
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.75	7.88	0.0341	0.2917	0.3318
พิสัย	1.25-3.40	46.00-72.00	0.1296-0.2315	0.1696-1.0780	0.0437-1.1099

3. ผลการวิเคราะห์

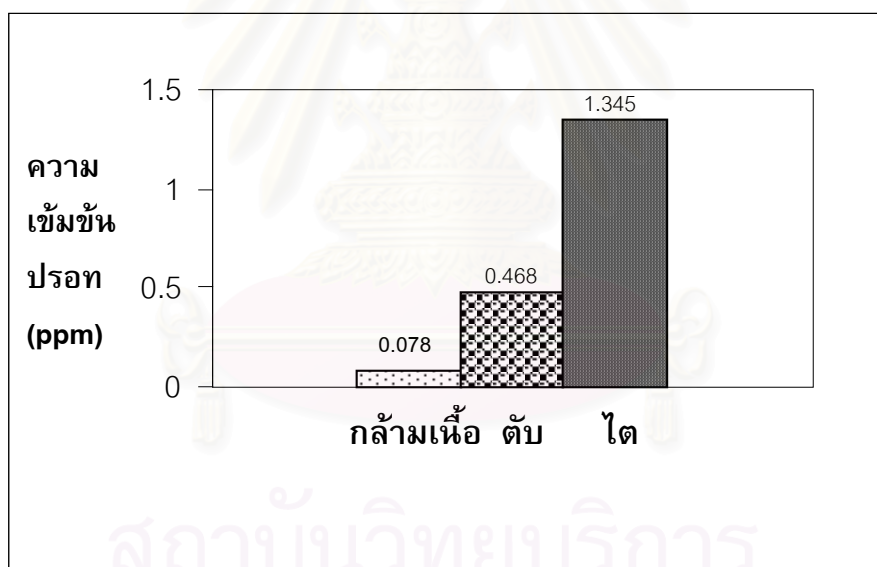
3.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาการสะสมในปลากระพงเขียว ปลาหางแข็งและปลากา ได้ผลดังนี้

3.1.1 ปลากระพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal)

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากระพงเขียว โดยการ

วิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ ก-1) พบความเข้มข้นปรอทสูงสุดในไต รองลงมาในตับ และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับ โดยความเข้มข้นปรอทในไตสูงกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากระพงเขียวได้แสดงไว้ในรูป 4-1

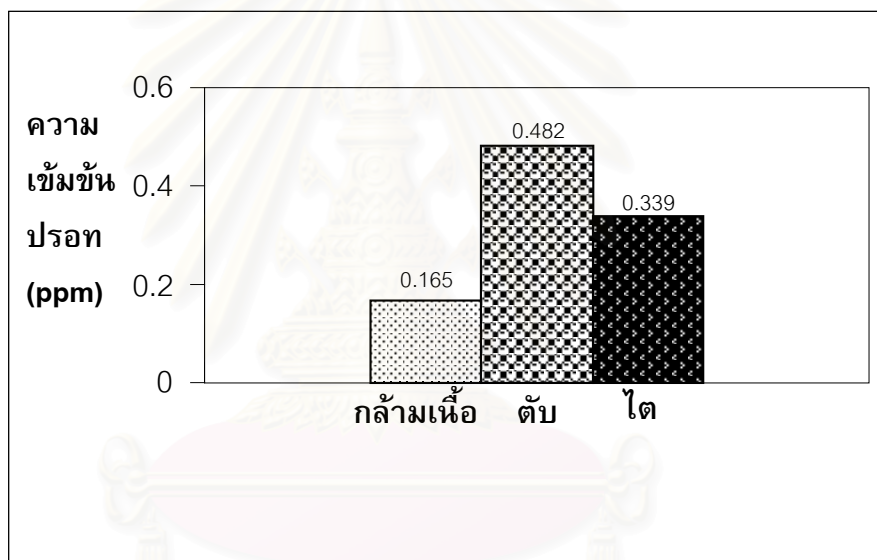


รูป 4-1 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากระพงเขียว

3.1.2 ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus*, Quoy & Gaimard)

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็ง โดยการวิเคราะห์

ทางสถิติ (ตาราง ก-2) พบว่า พบความเข้มข้นปรอทสูงสุดในตับ รองลงมาในไต และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับ โดยที่ตับและไตสูงกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4-2

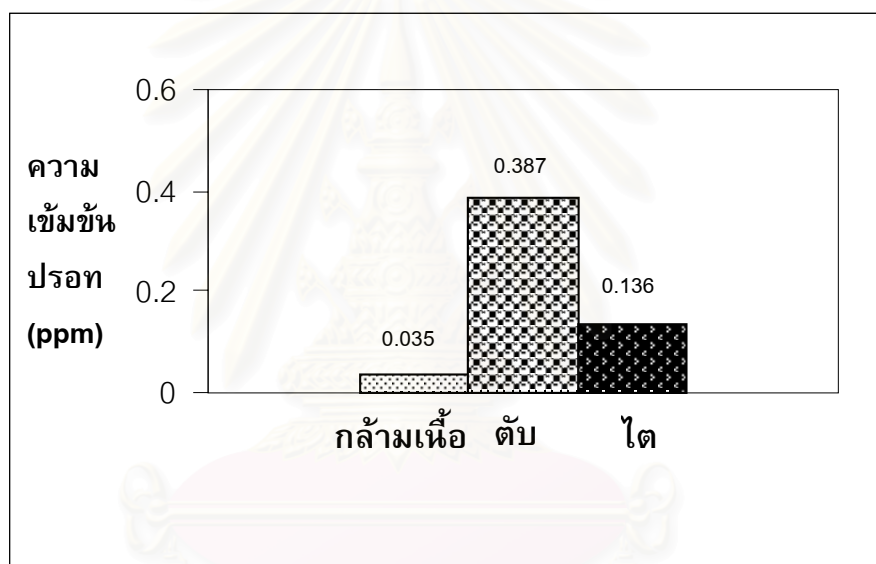


รูป 4-2 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็ง

3.1.3 ปลาเกา (*Kyphosus cinerascens*, Forsskal)

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาเกา โดยการวิเคราะห์ทาง

สถิติ (ตาราง ก-3) พบว่าความเข้มข้นปรอทสูงที่สุดในตับ รองลงมาในไต และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาเกาได้แสดงไว้ในรูป 4-3



รูป 4-3 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาเกา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 การทดสอบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และปลากา

ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และปลากา โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตาราง ก-4 ถึง ตาราง ก-6) พบว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งพบความสัมพันธ์ในทางบวกของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อทั้งสามชนิดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดหนึ่งสูง ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดอื่นก็มีค่าสูงตามไปด้วย ส่วนในปลากาไม่พบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อทั้งสามชนิด รายละเอียดได้แสดงไว้ในตาราง 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลา

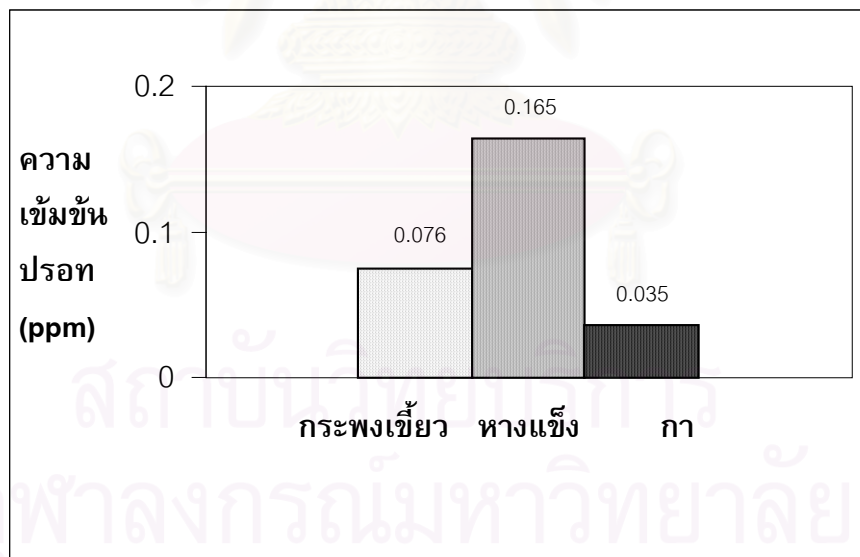
	เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ - ตับ		เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ - ไต		ไต - ตับ	
	ค่า r	ความสัมพันธ์	ค่า r	ความสัมพันธ์	ค่า r	ความสัมพันธ์
ปลากระพงเขียว	0.943	สูง	0.893	สูง	0.959	สูง
ปลาหางแข็ง	0.451	กลาง	0.475	ต่ำ	0.821	กลาง
ปลากา	0.034	ไม่มี	-0.123	ไม่มี	0.166	ไม่มี

3.2 เปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทในปลาชนิดต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทในปลาชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ได้ผลดังนี้

3.2.1 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

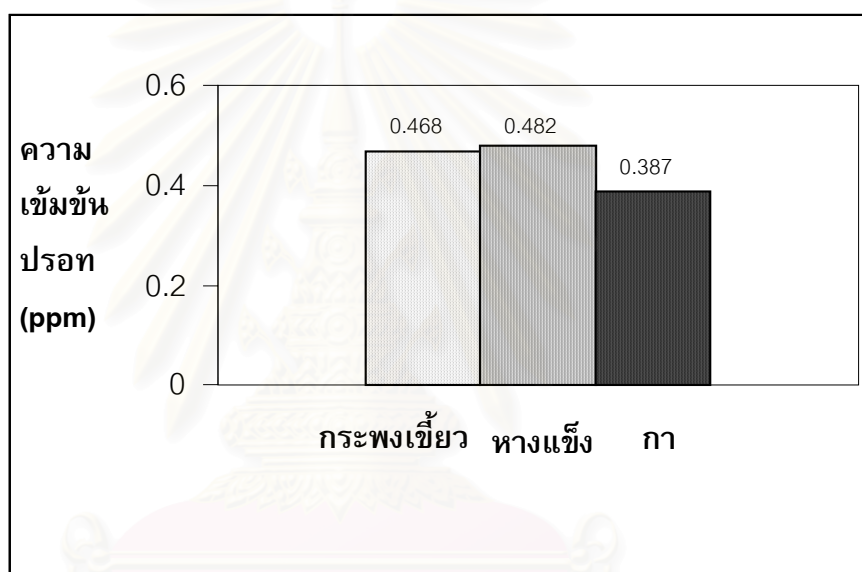
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ ก-7) พบว่าปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อสูงที่สุด รองลงมาในปลากระพงเขียวและปลากาตามลำดับ โดยปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทสูงกว่าปลากระพงเขียว และปลากาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนปลากระพงเขียวมีความเข้มข้นปรอทสูงกว่าปลากาอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูป 4-4



รูป 4-4 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ

3.2.2 ตับ

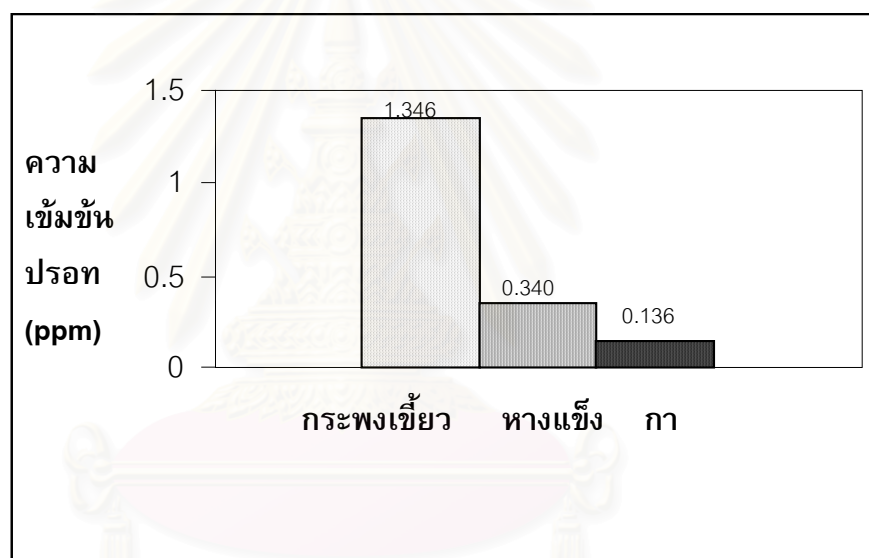
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในตับของปลาชนิดต่างๆ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ ก-8) พบว่าปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทสูงที่สุด รองลงมาในปลากระพงเขียวและปลากา ตามลำดับอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความเข้มข้นปรอทในตับของปลาชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูป 4-5



รูป 4-5 ความเข้มข้นปรอทในตับของปลาชนิดต่าง ๆ

3.2.3 ไต

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในไตของปลาชนิดต่างๆ โดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ ก-9) พบว่าปลากระพงเขียวมีความเข้มข้นปรอทสูงที่สุด รองลงมาในปลาหางแข็งและปลา กาก ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความเข้มข้นปรอทในไตของปลาชนิดต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูป 4-6



รูป 4-6 ความเข้มข้นปรอทในไตของปลาชนิดต่างๆ

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

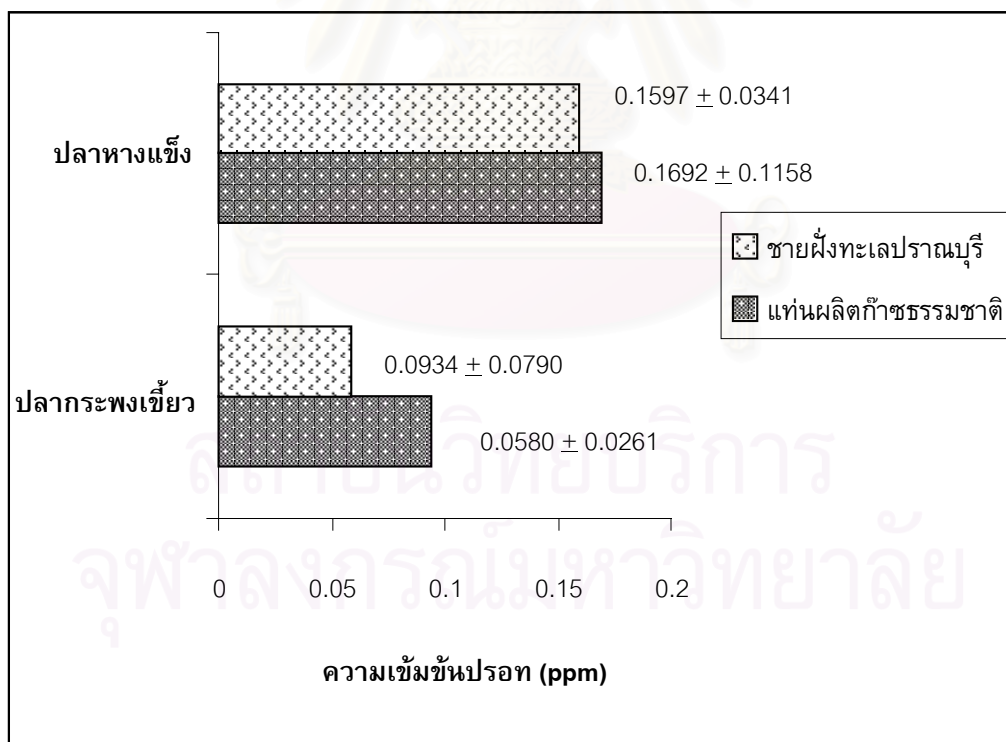
3.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทของปลาในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทของปลาในบริเวณแทนผลิตภัณฑารชรมชาติกับบริเวณชาย

ฝั่งทะเลปรานบุรี โดยพิจารณาการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ได้ผลดังนี้

3.3.1 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

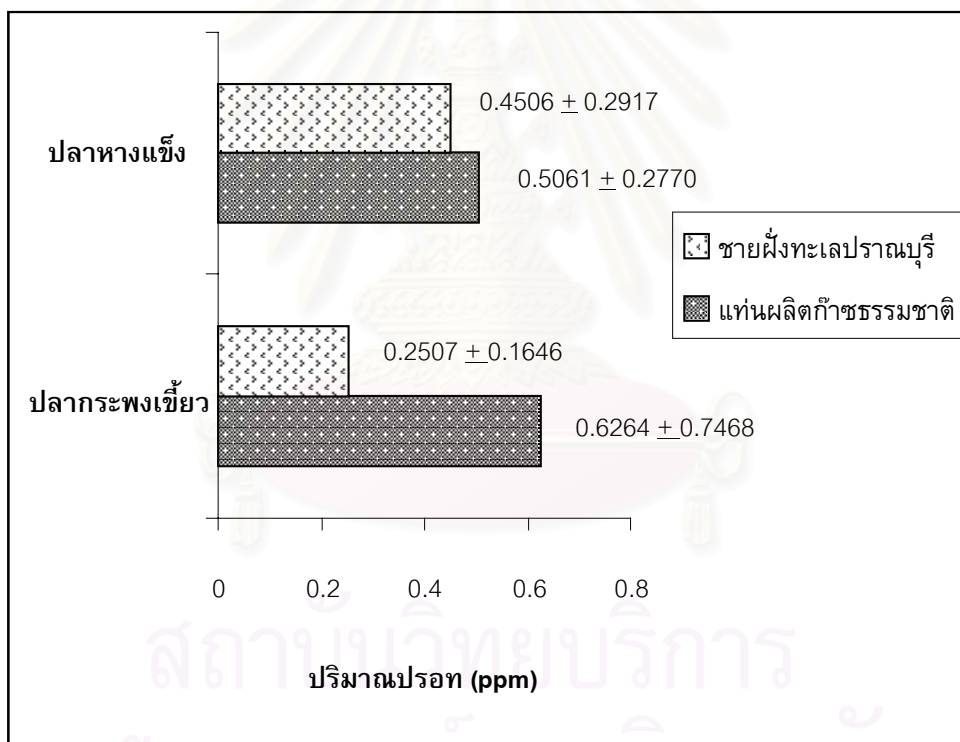
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาทั้งสองบริเวณโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตาราง ก-10 และ ตาราง ก-11) พบว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตภัณฑารชรมชาติมีความเข้มข้นปรอทสูงบริเวณชายฝั่งทะเลปรานบุรีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาทั้งสองบริเวณ ดังแสดงไว้ในรูป 4-7



รูป 4-7 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตภัณฑารชรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปรานบุรี

3.3.2 ตับ

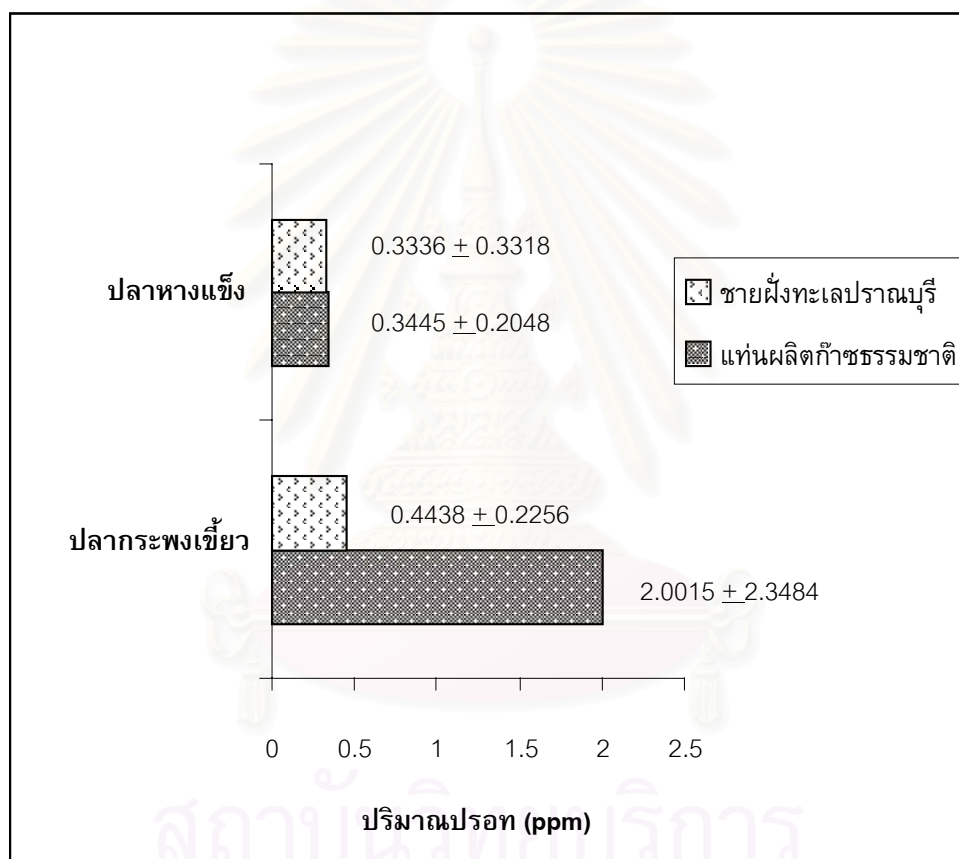
เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทในตับของปลาทั้งสองบริเวณโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตาราง ก-12 และ ตาราง ก-13) พบว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีความเข้มข้นปรอทสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความเข้มข้นปรอทในตับของปลาทั้งสองบริเวณได้แสดงไว้ในรูป 4-8



รูป 4-8 ความเข้มข้นปรอทในตับของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี

3.3.3 ไต

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในไตของปลาทั้งสองบริเวณโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางที่ ก-14 และ ตารางที่ ก-15) พบว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีความเข้มข้นปรอทสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ความเข้มข้นปรอทในไตของปลาทั้งสองบริเวณได้แสดงไว้ในรูป 4-9



รูป 4-9 ความเข้มข้นปรอทในไตของปลาที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติเปรียบเทียบกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลา

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient, r) ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลา (ตั้งตาราง ก-16 ถึง ตาราง ก-20) พบว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวกค่อนข้างสูงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในปลาที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีและปลากระพงเขียวบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ ยกเว้นปลาหางแข็งและปลากาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์ในระดับกลางอย่างไม่มีนัยสำคัญ รายละเอียดแสดงไว้ในตาราง 4-9

ตารางที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลาชนิดต่าง ๆ

บริเวณ	ปลา	ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r)	ความสัมพันธ์
แทนผลิตก๊าซธรรมชาติ	ปลากระพงเขียว	0.784	ค่อนข้างสูง
	ปลาหางแข็ง	0.536	กลาง
	ปลากา	0.464	กลาง
ปราณบุรี	ปลากระพงเขียว	0.721	ค่อนข้างสูง
	ปลาหางแข็ง	0.689	ค่อนข้างสูง

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นปรอทรวมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลาทะเลที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และบริเวณอ่าวอิงที่ชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (muscle tissues) ตับ (liver) และไต (kidney) ของปลา 3 ชนิด ได้แก่ ก. ปลาหน้าดิน ชนิดที่กินสัตว์ (carnivorous-demersal fish) คือ ปลากระพงเขียว (*Lutjanus argentimaculatus* Forsskal) ข. ปลาผิวน้ำ ชนิดที่กินสัตว์ (carnivorous-pelagic fish) คือ ปลาหางแข็ง (*Caranx sexfasciatus* Quoy & Gaimard) และ ค. ปลาผิวน้ำ ชนิดที่กินพืช (herbivorous-pelagic fish) คือ ปลากา (*Kyphosus cinerascens* Forsskal) เก็บตัวอย่างโดยการตกด้วยเบ็ดและสายเอ็น ในช่วงมกราคม – เมษายนปี พ.ศ. 2544 จากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 204 ตัวอย่าง จากบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย 6 แทน (เอราวัณ สตูล พุนาน ปลาทอง ไพลิน และบงกช) รวม 136 ตัวอย่าง และจากแหล่งอ่าวอิงที่ชายฝั่งทะเลปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 68 ตัวอย่าง ปลาที่ใช้ในการศึกษา มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กิโลกรัม ความยาวเฉลี่ย 57 เซนติเมตร และวิเคราะห์หาความเข้มข้นรวมปรอทด้วยวิธี Cold Vapor Atomic Absorption

5.1 การเปรียบเทียบความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ของปลาทะเลทั้งสองบริเวณ พบว่า ปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และปลากามีความเข้มข้นปรอทสะสมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ แตกต่างกันดังนี้

ปลากระพงเขียว

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลากระพงเขียว พบความเข้มข้นปรอทสูงสุดในไต รองลงมาในตับ และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับ โดยที่ไตสูงกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ปลาหางแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลาหางแข็ง พบความเข้มข้นปรอทสูงสุดในตับ รองลงมาในไต และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับ โดยที่ตับและไตสูงกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ปลากา

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลากา พบความเข้มข้นปรอทสูงสุดในตับ รองลงมาในไต และเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตามลำดับอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาดังกล่าว อธิบายได้ว่าการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกัน โดยที่ตับและไตมีความสามารถในการสะสมของปรอทมากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ดังจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นปรอทในตับและไตของปลาทุกชนิดสูงกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมาก ทั้งนี้การสะสมขึ้นอยู่กับกลไกของเนื้อเยื่อในการเก็บและกำจัดสารพิษ เนื่องจากไตเป็นอวัยวะสำคัญในการกรองของเสียออกจากเลือด ส่วนตับจะช่วยในเก็บของเสียจากน้ำดีและในตับยังมีโครงสร้างของไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งอาจมีผลต่อการสะสม

ของปรอท ทั้งไตและตับจึงมีโอกาสรับสารปรอทได้มากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อซึ่งมีหน้าที่หลักในการเคลื่อนไหว ดังนั้นในไตและตับจึงมีความสามารถในการสะสมปรอทมากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

ส่วนในปลาที่มีความเข้มข้นปรอทในแต่ละเนื้อเยื่อ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงอาจกล่าวได้ว่า ในปลาที่มีการสะสมปรอทในปริมาณน้อย จะเห็นความแตกต่างของการสะสมในแต่ละเนื้อเยื่อต่ำ

5.2 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของปรอทในปลาชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาความเข้มข้นปรอทในปลาชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ได้ผลดังนี้

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ พบว่าปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทสูงที่สุด รองลงมาในปลากระพงเขียว และปลากาอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนปลากระพงเขียวมีความเข้มข้นปรอทสูงกว่าปลากาอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ตับ

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปรอทในตับของปลาชนิดต่าง ๆ พบว่าปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทสูงที่สุด รองลงมาในปลากระพงเขียวและปลากา ตามลำดับอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ไต

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปรอทในไตของปลาชนิดต่าง ๆ พบว่าปลากระพงเขียวมีความเข้มข้นปรอทสูงที่สุด รองลงมาในปลาหางแข็งและปลากา ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาพบว่าชนิดของเนื้อเยื่อมีผลต่อการสะสมปรอท โดยปลากามีการสะสมปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไต ต่ำกว่าในปลากระพงเขียวและปลาหางแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นปลาต่างชนิดกัน ปลากาเป็นชนิดปลากินพืช (herbivorous species) กินอาหารพวกสาหร่ายทะเล (<http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?genusname=Kyphosus&speciesname=cinerascens>) จัดเป็นผู้บริโภคในลำดับขั้นต่ำกว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งซึ่งเป็นชนิดปลากินสัตว์ (Carnivorous species) ซึ่งกินปลา กุ้งและปูเป็นอาหาร (<http://www.uog.edu/>

[marinelab/fish/species_html/kyphosus.cinerascens.html](http://www.marinelab/fish/species_html/kyphosus.cinerascens.html) และ <http://www.ciesm.org/atlas/Lutjanusargentimaculatus.html>) เนื่องจากการสะสมปรอทมีการเพิ่มขยายทางชีวภาพตามลำดับชั้นห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นการสะสมปรอทในปลากาจึงน้อยกว่าปลากระพงเขียวและปลาหางแข็ง

จากผลที่ได้พบว่าปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและตับสูงกว่าปลากระพงเขียว สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เมื่อพิจารณาความยาวลำตัวของปลาสองชนิด พบว่าความยาวลำตัวของปลาหางแข็งมากกว่าปลากระพงเขียว โดยความยาวลำตัวเฉลี่ยของปลาหางแข็งมีค่า 63.83 เซนติเมตร ใน

ขณะที่ความยาวลำตัวเฉลี่ยของปลากะพงเขียวมีค่า 57.18 เซนติเมตร ซึ่งความยาวสูงสุดโดยทั่วไปของปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งมีค่า 80 เซนติเมตรเท่ากัน (<http://www.ciesm.org/altas/Lutjanusargentimaculatus.html> และ กรมประมง, 2512) ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าเมื่อปลาหางแข็งมีขนาดใหญ่กว่า จึงมีการสะสมของโปรตีนมากกว่าปลากะพงเขียว

2. ในปลากะพงเขียวกับปลาหางแข็งที่มีน้ำหนักตัวเท่ากัน ปลาหางแข็งน่าจะมีกิจกรรมต่างๆ ของร่างกายมากกว่าปลากะพงเขียว จึงส่งผลให้ปริมาณอาหารที่ปลาหางแข็งกินมากกว่า จึงมีอัตราเมตาบอลิซึมสูงกว่าปลากะพงเขียวสะสมของสารโปรตีนในตัวปลา ดังนั้นปลาหางแข็งจึงมีการสะสมโปรตีนมากกว่า

ปลากะพงเขียวมีการสะสมโปรตีนในไตสูงที่สุด รองลงมาในปลาหางแข็งและปลากา ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ มีความเป็นไปได้ที่ปลากะพงเขียวกินน้ำเข้าไปในปริมาณมากกว่าปลาหางแข็งและปลากา จึงเกิดกระบวนการกรองและขับถ่ายสารโปรตีนไตออกจากร่างกายของปลากะพงเขียวในปริมาณที่สูงกว่าปลาหางแข็งและปลากา

5.3 การเปรียบเทียบความเข้มข้นโปรตีนในแต่ละบริเวณที่เก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาความเข้มข้นโปรตีนในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งที่อาศัยอยู่ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติกับบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี โดยพิจารณาการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับ และไต ได้ผลดังนี้

เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมโปรตีนในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาทั้งสองบริเวณ พบว่าปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีความเข้มข้นโปรตีนสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีหรือไม่มีนัยสำคัญ

ตับ

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมโปรตีนในตับของปลาทั้งสองบริเวณ พบว่าปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีความเข้มข้นโปรตีนสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีหรือไม่มีนัยสำคัญ

ไต

เมื่อเปรียบเทียบการสะสมโปรตีนในไตของปลาทั้งสองบริเวณ พบว่าปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีความเข้มข้นโปรตีนสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีหรือไม่มีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาพบความเข้มข้นของโปรตีนในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ของปลาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี อย่างไม่มีนัยสำคัญ แม้จะสูงกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย พบว่าความเข้มข้นของโปรตีนในเนื้อเยื่อทุกชนิดของปลาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยมีแนวโน้มสูงกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่อยู่อาศัยมีผลต่อการสะสมของโปรตีนในปลา ในบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติซึ่งมีกิจกรรมการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของโปรตีนอยู่

บริเวณหน้าดิน จากการตกตะกอนลงมาบริเวณพื้นท้องทะเล จึงทำให้ปลาที่อาศัยอยู่บริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติมีโอกาสรีบสารปรอทเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ได้สูงกว่าในบริเวณชายฝั่งทะเล สำหรับแหล่งอ้างอิงบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรีนั้นเป็นบริเวณที่มีระยะห่างจากแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติกลางอ่าวไทย รวมถึงแหล่งมลพิษจากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในบริเวณชายฝั่งและแม่น้ำสายสำคัญต่างๆ มากพอที่จะไม่ได้รับอิทธิพลของสารปรอทที่ปนเปื้อนจากกิจกรรมต่างๆ จึงพบการสะสมของปรอทในปลาน้อยกว่าบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ

5.4 หาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ กับความยาวลำตัว

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และปลากา พบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลาทุกชนิดมีระดับค่อนข้างสูง ในปลาที่เก็บตัวอย่างจากทั้งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยและบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี ยกเว้นในปลาหางแข็งและปลากาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติพบความสัมพันธ์ในระดับกลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทกับความยาวลำตัวของปลาที่พบในครั้งนี้อยู่ตรงกับผลการศึกษาของ Menasveta และ Siriyong (1977), Monteiro และ Lopes (1990), Herut และคณะ (1996), Phillips, Heilprin Hart (1997), Storelli MM, Stuffer RG และ Marcotrigiano GO (1998), Claude R. Joiris, Hirenda K. Das และ Ludo Holsbeek (2000) ฯลฯ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากการตรวจสอบนี้ใช้ปลาชนิดเดียวกัน และแต่ละชนิดมีจำนวนตัวอย่างมากพอ ทำให้ข้อมูลมีความแปรปรวนน้อย จึงพบความสัมพันธ์ในการทดสอบ

สรุปได้ว่า การสะสมปรอทในปลาที่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความยาวลำตัว ปลาที่มีความยาวลำตัวมาก ก็จะมีการสะสมปรอทในปริมาณที่มากเช่นกัน ทั้งนี้ความยาวลำตัวแปรตามอายุของปลาที่มากขึ้น ทำให้ระยะเวลาและปริมาณการสะสมก็จะมากตามไปด้วย

5.5 ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อปลาที่เกินค่ามาตรฐาน

ตามประกาศขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ซึ่งตรงกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ได้กำหนดมาตรฐานให้มีความเข้มข้นปรอทรวมในเนื้อปลาไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งจากการศึกษาพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นปรอทในเนื้อปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และปลากา อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ไม่พบตัวอย่างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่เกินค่ามาตรฐาน แม้ค่าสูงสุดก็ไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่ความเข้มข้นปรอทที่พบในตับและไต มีค่าสูงกว่าความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมาก และมีค่าเกินมาตรฐานอยู่มาก โดยความเข้มข้นปรอทในตับและไตสูงสุดในปลากระพงเขียว คือ 2.767 และ 8.0452 ไมโครกรัม/กรัม

น้ำหนักเปียก ทำให้เกิดความเสียดสีสูงที่สุดในกลุ่มผู้บริโภคผลิตภัณฑ์จากตับปลาบางชนิด อาจได้รับสารปรอทเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก จากการบริโภคปลาที่ปนเปื้อนนี้

5.6 เปรียบเทียบกับการศึกษาในระยะที่ผ่านมา

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาในการศึกษาครั้งนี้ กับผลการศึกษาของ ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต ในโครงการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทในอ่าวไทย (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544) ในเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2543 พบปลากะพงเขียวทั้งหมด 15 ตัว ความเข้มข้นปรอทเฉลี่ย 0.1555 ± 0.1375 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก และพบปลาหางแข็งทั้งหมด 16 ตัว ความเข้มข้นปรอทเฉลี่ย 0.1951 ± 0.1470 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาหางแข็งสูงกว่าปลากะพงเขียวอย่างไม่มีนัยสำคัญ (ตาราง ก-21) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาครั้งนี้

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลปี พ.ศ. 2543 เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ในปี พ.ศ. 2544 พบว่าปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งในปี พ.ศ. 2543 มีความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของสูงกว่าในปี พ.ศ. 2544 อย่างไม่มีนัยสำคัญ (ตาราง ก-22 และตาราง ก-23) แสดงให้เห็นว่าปลากะพงเขียวและปลาหางแข็งมีความเข้มข้นปรอทลดลงจากปี พ.ศ. 2543 เล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากภาครัฐมีการตรวจเฝ้าระวังสารปรอทที่เกิดจากกิจกรรมการผลิตก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย และทางบริษัทผู้ผลิตได้นำเทคโนโลยีการบำบัดน้ำทิ้งที่มีประสิทธิภาพและทันสมัยมาใช้กำจัดสารปรอทที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งและมีการตรวจสอบอยู่อย่างสม่ำเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ชนิดของเนื้อเยื่อ ชนิดของปลา ลำดับชั้นการบริโภค ความยาวลำตัวและบริเวณที่อยู่อาศัย มีผลต่อการสะสมปรอทในปลากระพงเขียว ปลาหางแข็ง และ ปลาเก๋ที่พบในบริเวณแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติและบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี รายละเอียดมีดังนี้

1. ชนิดของเนื้อเยื่อมีผลต่อการสะสมปรอท โดยปรอทจะสะสมในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ แตกต่างกันไป โดยตับและไตมีความสามารถในการสะสมปรอทมากกว่าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
2. การสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตับและไตของปลากระพงเขียวและปลาหางแข็งมีความสัมพันธ์กันในทางบวก กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดหนึ่งสูง ความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดอื่นจะสูงตามไปด้วย
3. ชนิดของปลามีผลต่อการสะสมปรอท โดยปลาหน้าดิน (demersal fish) มีการสะสมปรอทมากกว่า ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ปลาชนิดที่กินสัตว์ (Carnivorous species) มีการสะสมปรอทมากกว่าปลากินพืช (herbivorous species)
4. ลำดับชั้นการบริโภคมีผลต่อการสะสมปรอท โดยปลาในลำดับห่วงโซ่อาหารที่สูงจะมีการสะสมปรอทมากกว่าปลาในลำดับห่วงโซ่อาหารที่ต่ำกว่า
5. ความยาวลำตัวของปลามีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ กล่าวคือเมื่อปลามีความยาวลำตัวเพิ่มขึ้น จะพบการสะสมปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมากขึ้น
6. บริเวณที่อยู่อาศัยของปลามีผลต่อการสะสมปรอท โดยปลาที่อาศัยในบริเวณแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติ จะพบการสะสมของปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ มากกว่าบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี
7. ปลาหางแข็งและปลากระพงเขียวบริเวณแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติจากการศึกษาครั้งนี้ มีความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อลดลงจากปี พ.ศ. 2543
8. ตัวอย่างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาที่ทำการศึกษา พบความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ไม่พบตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐาน (0.5 ppm)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อไป มีดังนี้คือ

1. เพื่อให้การเปรียบเทียบระหว่างปลาประเภทต่างๆ ชัดเจนมากขึ้น ควรเพิ่มจำนวนชนิดของปลาแต่ละประเภท เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. เนื่องจากความสามารถในการสะสมของปรอทในตับและไตสูงกว่าการสะสมในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมาก ดังนั้นในบางพื้นที่ที่ยังไม่พบการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ อาจพิจารณาเลือกใช้ตับหรือไตเป็นตัวเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารปรอทในแหล่งน้ำได้ จึงควรมีการศึกษาการปนเปื้อนของสารปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ ต่อไป

3. ในการประเมินความเสี่ยงของมนุษย์จากการบริโภคปลา นอกจากจะพิจารณาความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อเป็นหลักแล้ว ในปลาบางชนิดที่ตับสามารถขับประจําหนได้ เช่น ปลากระพงขาว ปลาลงลมและปลาค็อดซึ่งนิยมนำมาสําคัดทำเป็นน้ำมันตับปลา จึงควรมีการตรวจสอบความเข้มข้นของปรอทในตับปลาดังกล่าว เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2536. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ เรื่องที่ 5 พรอท. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพมหานคร : กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย : 1-14.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. พรอท (MERCURY). เอกสารชุดสารเคมีเฉพาะเรื่อง
กรุงเทพมหานคร : กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม : 1-24.
- ควบคุมมลพิษ, กรม. 2543. รายงานการศึกษาปริมาณสารปรอทในสิ่งแวดล้อมทางทะเลของ
ประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : กองจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
และสิ่งแวดล้อม : 4-23.
- โตมร มีเดช. 2528. ปริมาณปรอทรวมและปรอทอินทรีย์ในน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บริษัทยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด. 2540. สรุปประเด็นเรื่องปรอท กรุงเทพมหานคร : 1-14.
- ประกาย บริบูรณ์ และคณะ. 2530. ปริมาณปรอทในสัตว์ทะเลบริเวณน่านน้ำไทย วารสารกรม
วิทยาศาสตร์การแพทย์ ปีที่ 29 ฉบับที่ 1 : 59-74.
- ประมง, กรม. 2507. ปลาทะเลของประเทศไทย : 145,164.
- ประมง, กรม. 2512. สัตว์ทะเลที่เป็นอาหารของคนไทย. หน่วยสำรวจแหล่งประมง. กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์ : 237-238.
- ปิยะนารถ ตุ่มวอน. 2539. การสะสมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตและการแปรผันในระยะยาวของ
คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวไทยตอนใน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2539. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร :
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 155-161.
- เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, สมภาพ รุ่งสุภา และสมบัติ อินทร์คง. 2542. รายงานการตรวจวัดปริมาณ
ปรอทรวมบริเวณโรงแยกก๊าซธรรมชาติมาบตาพุด. สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มาลี เลาสุทแสน. 2528. สารปรอทรวมและสารปรอทอินทรีย์ในดินตะกอนจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอน
ล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวิทย์ ชีวาภรณ์ภักดิ์. 2520. การศึกษาปริมาณรวมของปรอทและปริมาณปรอทอินทรีย์ในปลา
บางชนิดในอ่าวไทยตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยา
ศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 17-19.
- แววตา ทองระอา. 2531. ปริมาณปรอทในปลาทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจากบริเวณชายฝั่ง

- ทะเลภาคตะวันออกของไทย. เอกสารงานวิจัย สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา. แวดตา ทองระอา, พรทิพย์ ตัดตะวะศาสตร์, รวีวรรณ สังข์ศิลา, สุพจน์ ฐิตธรรม และอดิสรณ์ มนต์วิเศษ. 2534. การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก. ชุดผู้วิจัยและผู้ใช้งานวิจัยลำดับที่ 8 ประมวลประชุมวิชาการเรื่องทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำ ครั้งที่ 3.
- รุจิรา พงศ์พลทอง. 2541. ความเข้มข้นของปรอทในเนื้อปลาช่อนทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลัดดาวัลย์ โจรนพรรณทิพย์ ประกาย บริบูรณ์ ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล ทศนา ศรีสระหลวง และศิริ ศิวรักษ์. 2530. ใน รายงานสัมมนาครั้งที่ 4 การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในน่านน้ำไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ : 233-244.
- ศุภวัตร กาญจน์อดิเรกลาภ, สุธิดา กาญจน์อดิเรกลาภ, จุมพล สงวนสินและสมพงษ์ บันดีวิวัฒน์กุล. 2542. การปนเปื้อนของโลหะหนักในสัตว์ทะเลบางชนิดบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย. เอกสารวิชาการ. กองประมงทะเล กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2544. โครงการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทในอ่าวไทย (ปีงบประมาณ 2543). รายงานฉบับสุดท้าย.
- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540. โครงการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทในอ่าวไทยปี 2540. รายงานฉบับสุดท้าย : 19-20.
- สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ. 2541. โครงการตรวจเฝ้าระวังปริมาณสารปรอทในอ่าวไทย ปี 2541. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 14-19.
- สาวิกา เกษมศรี. 2525. การวิเคราะห์ปริมาณปรอทในปลาทะเลชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุชาดา มะแส. 2540. การสะสมของแคดเมียมและปรอทในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. วารสารการประมง. ปีที่ 50 ฉบับที่ 1: 39-46.
- สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสุวรรณี เงินบำรุง. 2527. การปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมบริเวณปากแม่น้ำของอ่าวไทยตอนใน. ใน การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรมีชีวิตในน่านน้ำไทย. การสัมมนาครั้งที่ 3 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ : 102.
- อัยยา กังสุวรรณ, บดินทร์ อธิพิงษ์ และพรรณิ ครุชาติ. 2540. ปริมาณการสะสมของโลหะหนัก. วารสารการประมง. ปีที่ 50 ฉบับที่ 1 : 55-65.

ภาษาอังกฤษ

- Andre, J. M., Ribeyre, F., and Boudou, A. 1990. Mercury contamination levels and distribution in tissues and organs of Delphinids (*Stenella attenuata*) from the eastern tropical pacific, in relation to biological and ecological factor. Marine Environ. Res. 30 : 43-72.
- A. Boudou and F. Ribeyre. 1983. Contamination of aquatic biocenoses by mercury

- compounds : An experimental ecotoxicological approach. Aquatic toxicology 13 : 74-112.
- A. Boudou, D. Georgescauld and J.P.desmazes. 1983. Ecotoxicological role of the membrane barriers in transport and bioaccumulation of mercury compounds. Aquatic toxicology : 118-132.
- C.A. Oliveira Ribeiro, J.R.D.Guimaraes, and W.C.Pfeiffer.1996. Accumulation and distribution of inorganic mercury in a tropical fish (*Trichomycterus zonatus*). Ecotoxicology and Environmental safety 34 : 190-195.
- Claude R. Joiris, Hirenda K. Das and Ludo Holsbeek. 2000. Mercury Accumulation and Speciation in Marine Fish from Bangladesh. Marine Pollution Bulletin 40, 5 : 454-457.
- Cheevaparanapivat, V.,and Menasveta, P. 1979. Total and organic mercury in marine fish of the upper gulf of Thailand. Bull. Environm. Contam. Toxicol. 23 : 291-299.
- Cossa, D., Sanjuan, J. and Noel, J. 1994. Mercury Transport in waters of the strait of Dover. Marine Pollution Bulletin 28, 6 : 285-288.
- D'Itri and Frank M. 1972. Biological Methylation. Mercury in Aquatic Ecosystem Michigan state University.
- Ditty, J.G., and Shaw, R.F.,1992. Laval development, distribution, and ecology of Cobia *Rachycentron canadum* (Family : rachycentridae) in the northern Gulf of Mexico. Fish.Bull. 90 : 668-677.
- Foster EP, Drake DL, Didomenico G. 2000. Seasonal changes and tissue distribution of mercury in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) from Dorena Reservoir, Oregon. Archives of environmental contamination and toxicology 38, 1 : 78-82.
- Galal – Gorchev, H. 1991. Dietary intake of pesticide residues, cadmium, mercury, and lead. Food Add. Cont. 8 : 793-806.
- Herut, B., Hornung, H., Kress, N. and Cohen, Y. 1996. Environmental relaxtion in response to reduced contaminant input : The case of mercury pollution in Haifa Bay, Israel. Marine Pollution Bulletin 32, 4 : 366-373.**
- <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/mercury.html> (19/4/44)
- <http://www.ciesm.org/atlas/Lutjanusargentimaculatus.html> (8/9/44)
- http://www.uog.edu/marinelab/fish/species_html/caranx.sexfasciatus.html (8/9/44)
- <http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm?genusname=Kyphosus&speciesname=cinerascens> (8/9/44)
- <http://www.lgs.lsu.edu/le/health/mercury2.htm> (19/4/44)
- <http://www.lgs.lsu.edu/le/health/mercury3.htm> (19/4/44)
- Hungspreug, M., Utoompreugporn, W., Dhamvanij, S., and Sompongchaikul, P. 1989. The present status of the aquatic environment of Thailand. Marine Pollution Bulletin 20 :

327-332.

- Joiris CR, Das HK, Holsbeek L. 2000. Mercury accumulation and speciation in marine fish from Bangladesh. Marine Pollution Bulletin 40, 5 : 454-457.
- Lenihan, J.. and Fletcher, W.W.(eds). 1977. Environmental and Man Vol. 6 Blackie & sons. Glasgow and London : 163.
- Menasveta, P. 1993. Total Mercury in Fishes Caught from Unocal Natural Gas Production Platforms in the Gulf of Thailand. A Report Submitted to Unocal Thailand, Ltd. Aquatic Resources Research Institute.
- Menasveta, P. 1995. A Monitoring Program on Heavy Metals in Fish inhabited Around the Natural Gas Production Platforms in the Gulf of Thailand. Final Report Submitted to Unocal Thailand, Ltd. Aquatic Resources Research Institute.
- Monteiro, R. and Lopes, H. D. 1990. Mercury content of swordfish (*Xiphias gladius*) in relation to length, weight, age and sex. Marine Pollution Bulletin 21, 6 : 293–296.
- Nurit Kress, Hava Hornung and Barak Herut. 1998. Concentrations of Hg, Cd, Cu, Zn, Fe and Mn in Deep Sea Benthic Fauna from the Southeastern Mediterranean Sea : A Comparison Study Between Fauna Collected at a Pristine Area and at Two Waste Disposal Sites. Marine Pollution Bulletin 36, 11 : 911-921.
- Phillips, C. R. Heilprin, D. J. and Hart, M. A. 1997. Mercury accumulation in barred sand bass (*Paralabrax nebulifer*) near a large wastewater outfall in the southern California bight. Marine Pollution Bulletin 34, 34 : 96–102.
- Richard, B.J., Garnham, J.S. and Fabris, J.G. 1994. Trace metal concentrations in mussels (*Mytilus dulis plaulats* L) transplanted into southern Australian waters. Marine Pollution Bulletin 28, 6 : 392-396.
- Southeast Asian Fisheries Development Center. 1998. Field Guide to Important Commercial Marine Fishes of South China Sea. Marine Fishery Resources Development and Management Department. Malaysia.
- Storelli MM, Stuffer RG, Marcotrigiano GO. 1998. Total mercury in muscle of benthic and pelagic fish from the South Adriatic Sea (Italy). Food Additives and Contaminants 15 : 876-883.
- Thermo Electron Company. 1993. Manual Hg Module Cold Vapor Generator. USA : 2-4.
- U.S. Department of the Interior. 1987. Mercury Hazards to fish wildlife and invertebrates : a synoptic review. Contaminant Hazard Reviews. Report No.10 : 9-11.
- Yi Zhou J. 1994. Speciation and transfer of mercury and arsenic in surface sea water and marine environments in China. Global Perspectives on Lead, Mercury and Cadmium Cycling in Environment. Eastern Ltd Publications.



ภาคผนวก ก
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-1 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลา
กระพงเขี้ยว

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.007	2	8.004	5.901	.005
Within Groups	73.239	54	1.356		
Total	89.247	56			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HG

	(I) CODE	(J) CODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-.389695	.378	.561	-1.300297	.520908
		3	-1.267158*	.378	.004	-2.177761	-.356555
	2	1	.389695	.378	.561	-.520908	1.300297
		3	-.877463	.378	.061	-1.788066	3.314E-02
	3	1	1.267158*	.378	.004	.356555	2.177761
		2	.877463	.378	.061	-3.31E-02	1.788066
Bonferroni	1	2	-.389695	.378	.921	-1.323291	.543901
		3	-1.267158*	.378	.004	-2.200754	-.333562
	2	1	.389695	.378	.921	-.543901	1.323291
		3	-.877463	.378	.072	-1.811059	5.613E-02
	3	1	1.267158*	.378	.004	.333562	2.200754
		2	.877463	.378	.072	-5.61E-02	1.811059

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

1 = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

2 = ตับ

3 = ไต

ตาราง ก-2 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็ง

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.060	2	.530	10.459	.000
Within Groups	3.041	60	5.068E-02		
Total	4.101	62			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HG

	(I) CODE	(J) CODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-.317190*	.069	.000	-.484148	-.150233
		3	-.174762*	.069	.038	-.341719	-7.80E-03
	2	1	.317190*	.069	.000	.150233	.484148
		3	.142429	.069	.109	-2.45E-02	.309386
	3	1	.174762*	.069	.038	7.805E-03	.341719
		2	-.142429	.069	.109	-.309386	2.453E-02
Bonferroni	1	2	-.317190*	.069	.000	-.488297	-.146084
		3	-.174762*	.069	.044	-.345869	-3.65E-03
	2	1	.317190*	.069	.000	.146084	.488297
		3	.142429	.069	.134	-2.87E-02	.313536
	3	1	.174762*	.069	.044	3.655E-03	.345869
		2	-.142429	.069	.134	-.313536	2.868E-02

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

1 = เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

2 = ตับ

3 = ไต

ตาราง ก-3 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นโปรตีนในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลา
กา

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.723	2	.362	2.193	.129
Within Groups	4.947	30	.165		
Total	5.670	32			

ตาราง ก-4 การทดสอบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นโปรตีนในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของ
ปลากะพงเขียว

Correlations

		MUSCLE	LIVER	KIDNEY
MUSCLE	Pearson Correlation	1.000	.943**	.893**
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.000
	N	19	19	19
LIVER	Pearson Correlation	.943**	1.000	.959**
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.000
	N	19	19	19
KIDNEY	Pearson Correlation	.893**	.959**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.
	N	19	19	19

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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-5 การทดสอบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลาหางแข็ง

Correlations

		MUSCLE	LIVER	KIDNEY
MUSCLE	Pearson Correlation	1.000	.451*	.475*
	Sig. (2-tailed)	.	.040	.029
	N	21	21	21
LIVER	Pearson Correlation	.451*	1.000	.821**
	Sig. (2-tailed)	.040	.	.000
	N	21	21	21
KIDNEY	Pearson Correlation	.475*	.821**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.029	.000	.
	N	21	21	21

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

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

ตาราง ก-6 การทดสอบความสัมพันธ์ของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อชนิดต่าง ๆ ของปลากา

Correlations

		MUSCLE	LIVER	KIDNEY
MUSCLE	Pearson Correlation	1.000	.034	-.123
	Sig. (2-tailed)	.	.921	.719
	N	11	11	11
LIVER	Pearson Correlation	.034	1.000	.166
	Sig. (2-tailed)	.921	.	.627
	N	11	11	11
KIDNEY	Pearson Correlation	-.123	.166	1.000
	Sig. (2-tailed)	.719	.627	.
	N	11	11	11

ตาราง ก-7 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของปลาชนิดต่าง ๆ

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.143	2	7.153E-02	14.402	.000
Within Groups	.238	48	4.967E-03		
Total	.381	50			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HG

	(I) CODE	(J) CODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-8.66E-02*	.022	.001	-.140567	-3.26E-02
		3	4.348E-02	.027	.244	-2.11E-02	.108058
	2	1	8.660E-02*	.022	.001	3.263E-02	.140567
		3	.130082*	.026	.000	6.664E-02	.193521
	3	1	-4.35E-02	.027	.244	-.108058	2.109E-02
		2	-.130082*	.026	.000	-.193521	-6.66E-02
Bonferroni	1	2	-8.66E-02*	.022	.001	-.141957	-3.12E-02
		3	4.348E-02	.027	.330	-2.28E-02	.109721
	2	1	8.660E-02*	.022	.001	3.124E-02	.141957
		3	.130082*	.026	.000	6.501E-02	.195155
	3	1	-4.35E-02	.027	.330	-.109721	2.276E-02
		2	-.130082*	.026	.000	-.195155	-6.50E-02

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

1 = ปลากระพงเขียว

2 = ปลาหางแข็ง

3 = ปลากา

ตาราง ก-8 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในตับของปลาชนิดต่าง ๆ

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.938E-02	2	3.469E-02	.133	.875
Within Groups	12.488	48	.260		
Total	12.558	50			

ตาราง ก-9 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในไตของปลาชนิดต่าง ๆ

ANOVA

HG

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14.094	2	7.047	4.938	.011
Within Groups	68.500	48	1.427		
Total	82.595	50			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HG

	(I) CODE	(J) CODE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	1.005796*	.378	.028	9.102E-02	1.920568
		3	1.209240*	.453	.027	.114636	2.303844
	2	1	-1.005796*	.378	.028	-1.920568	-9.10E-02
		3	.203444	.445	.891	-.871878	1.278766
	3	1	-1.209240*	.453	.027	-2.303844	-.114636
		2	-.203444	.445	.891	-1.278766	.871878
Bonferroni	1	2	1.005796*	.378	.032	6.746E-02	1.944131
		3	1.209240*	.453	.031	8.644E-02	2.332038
	2	1	-1.005796*	.378	.032	-1.944131	-6.75E-02
		3	.203444	.445	1.000	-.899576	1.306464
	3	1	-1.209240*	.453	.031	-2.332038	-8.64E-02
		2	-.203444	.445	1.000	-1.306464	.899576

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

1 = ปลากระพงเขียว

2 = ปลาหางแข็ง

3 = ปลากา

ตาราง ก-10 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
ของปลากระพงเขียวบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติกับบริเวณปราณบุรี

t-test

Group Statistics

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	11	9.34E-02	7.900E-02	2.382E-02
	2	8	5.80E-02	2.609E-02	9.225E-03

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	1.853	.191	1.214	17	.241	3.547E-02	2.921E-02	-2.6E-02	9.71E-02
	Equal variances not assumed			1.389	12.813	.189	3.547E-02	2.554E-02	-2.0E-02	9.07E-02

ตารางที่ ก-11 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
ของปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติกับบริเวณปราณบุรี

t-test

Group Statistics

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	12	.169183	.115752	3.341E-02
	2	9	.159656	3.406E-02	1.135E-02

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	4.652	.044	.238	19	.815	9.511E-03	4.004E-02	-7.4E-02	9.33E-02
	Equal variances not assumed			.269	13.440	.792	9.511E-03	3.529E-02	-6.6E-02	8.55E-02

ตาราง ก-12 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในตับของปลากระพงเขียว

บริเวณแทนผลึก้าชธรรมชาติกับบริเวณปราชบุรี

t-test

Group Statistics

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	11	.626364	.746792	.225166
	2	8	.250713	.164553	5.818E-02

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	2.955	.104	1.388	17	.183	.375651	.270625	-.195318	.946621
	Equal variances not assumed			1.615	11.308	.134	.375651	.232561	-.134518	.885820

ตารางที่ ก-13 การทดสอบความต่างความเข้มข้นปรอทในตัวของปลาหางแข็ง บริเวณแทนผลึก้าชธรรมชาติกับบริเวณปราชบุรี

t-test

Group Statistics

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	12	.506050	.277029	7.997E-02
	2	9	.450611	.291699	9.723E-02

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	.111	.742	.444	19	.662	5.544E-02	.124923	-.206028	.316905
	Equal variances not assumed			.440	16.870	.665	5.544E-02	.125896	-.210334	.321211

ตาราง ก-14 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในไตของปลากระพงเขี้ยว บริเวณแทนผลึก้าชธรรมชาติกับบริเวณ ปราชบุรี

t-test**Group Statistics**

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	11	2.001536	2.348435	.708080
	2	8	.443825	.225583	7.976E-02

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	6.394	.022	1.855	17	.081	1.557711	.839629	-.213751	3.329174
	Equal variances not assumed			2.186	10.253	.053	1.557711	.712557	-2.5E-02	3.140094

ตารางที่ ก-15 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในไตของปลาหางแข็ง บริเวณแท่นผลิตก๊าซธรรมชาติกับบริเวณปราณบุรี

t-test**Group Statistics**

	CODE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
HG	1	12	.344542	.204767	5.911E-02
	2	9	.333622	.331843	.110614

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	1.171	.293	.093	19	.927	1.092E-02	.117200	-.234382	.256221
	Equal variances not assumed			.087	12.481	.932	1.092E-02	.125418	-.261178	.283017

ตาราง ก-16 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับ

ความยาวลำตัวของปลากระพงเขียวบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.784 ^a	.615	.572	5.170E-02

a. Predictors: (Constant), LENGTH

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.836E-02	1	3.836E-02	14.356	.004 ^a
	Residual	2.405E-02	9	2.672E-03		
	Total	6.242E-02	10			

a. Predictors: (Constant), LENGTH

b. Dependent Variable: HG

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.323	.111		-2.909	.017
	LENGTH	7.268E-03	.002	.784	3.789	.004

a. Dependent Variable: HG

ตาราง ก-17 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลาหางแข็งบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.536 ^a	.288	.216	.102459

a. Predictors: (Constant), LENGTH

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.240E-02	1	4.240E-02	4.039	.072 ^a
	Residual	.105	10	1.050E-02		
	Total	.147	11			

a. Predictors: (Constant), LENGTH

b. Dependent Variable: HG

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.778	.472		-1.648	.130
	LENGTH	1.389E-02	.007	.536	2.010	.072

a. Dependent Variable: HG

ตาราง ก-18 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลากาบริเวณแทนผลิตก๊าซธรรมชาติ

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.464 ^a	.215	.128	2.686E-02

a. Predictors: (Constant), LENGTH

Regression

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.780E-03	1	1.780E-03	2.468	.151 ^a
	Residual	6.491E-03	9	7.212E-04		
	Total	8.271E-03	10			

a. Predictors: (Constant), LENGTH

b. Dependent Variable: HG

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-.198	.148		-1.333	.215	-.533	.138
	LENGTH	5.268E-03	.003	.464	1.571	.151	-.002	.013

a. Dependent Variable: HG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-19 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลากระพงเขี้ยวบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.721 ^a	.520	.440	1.953E-02

a. Predictors: (Constant), LENGTH

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2.476E-03	1	2.476E-03	6.489	.044 ^a
	Residual	2.289E-03	6	3.816E-04		
	Total	4.765E-03	7			

a. Predictors: (Constant), LENGTH

b. Dependent Variable: HG

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-.109	.066		-1.655	.149	-.271	.052
	LENGTH	2.931E-03	.001	.721	2.547	.044	.000	.006

a. Dependent Variable: HG

ตาราง ก-20 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อกับความยาวลำตัวของปลาหางแข็งบริเวณชายฝั่งทะเลปราณบุรี

Regression

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.689 ^a	.475	.400	2.639E-02

a. Predictors: (Constant), LENGTH

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.405E-03	1	4.405E-03	6.324	.040 ^a
	Residual	4.875E-03	7	6.965E-04		
	Total	9.280E-03	8			

a. Predictors: (Constant), LENGTH

b. Dependent Variable: HG

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-1.32E-02	.069		-.191	.854
	LENGTH	2.978E-03	.001	.689	2.515	.040

a. Dependent Variable: HG

ตาราง ก-21 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
ของปลากระพงเขี้ยวกับปลาหางแข็งในปี พ.ศ.2543

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	.756	.392	-.773	29	.446	-3.96E-02	5.121E-02	-.144330	6.52E-02
	Equal variances not assumed			-.775	29.000	.445	-3.96E-02	5.110E-02	-.144095	6.49E-02

ตาราง ก-22 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ
ของปลากระพงเขี้ยวในปี พ.ศ. 2543 กับปี พ.ศ. 2544


Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	1.602	.218	1.339	24	.193	6.206E-02	4.633E-02	-3.4E-02	.157686
	Equal variances not assumed			1.452	22.937	.160	6.206E-02	4.275E-02	-2.6E-02	.150498

ตาราง ก-23 การทดสอบความต่างของความเข้มข้นปรอทในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของ
ปลาหางแข็งในปี พ.ศ. 2543 กับปี พ.ศ. 2544

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
HG	Equal variances assumed	1.562	.223	.504	26	.619	2.590E-02	5.143E-02	-8.0E-02	.131624
	Equal variances not assumed			.521	25.908	.607	2.590E-02	4.968E-02	-7.6E-02	.128026



ภาคผนวก ข
สารมาตรฐาน DOLT-2
(Dogfish liver Certified Reference Material for Trace Metals)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารมาตรฐาน DOLT-2

(Dogfish liver Certified Reference Material for Trace Metals)

หน่วยงานเจ้าของ National Research Council of Canada
Institute for National Measurement Standards
M-12, Montreal Road, Ottawa, Ontario, CANADA

ในการวิเคราะห์ปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต สามารถจัดหาสารมาตรฐานจากหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ได้จากหลายแหล่งด้วยกัน เป็นต้นว่า National Institute of Standards and Technology (NIST), Institute for Reference Materials and Measurement (irmm), National Research Council of Canada, Community Bureau of Reference, National Water Research Institute เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้สารมาตรฐานต้องให้มีความเหมาะสมแก่การนำมาใช้ ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้จาก การยอมรับของสารมาตรฐานใน field นั้นๆ องค์ประกอบสำคัญของสารมาตรฐาน การเก็บรักษาและข้อจำกัดการใช้ ชนิดของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ เครื่องมือหรือวิธีการวิเคราะห์ รวมถึงความเข้มข้นที่รับรองหรือช่วงที่เหมาะสมกับตัวอย่าง เป็นต้น ทั้งนี้แต่ละปฏิบัติการอาจใช้สารมาตรฐานต่างชนิดกันไปบ้าง อย่างไรก็ตามไม่ทำให้มีความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์มากนัก ถ้าห้องปฏิบัติการนั้นๆ มีการควบคุมในทุกขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นอย่างดี

คุณลักษณะ DOLT-2

DOLT-2 เป็นสารมาตรฐานที่สกัดจากเนื้อเยื่อตับปลาชนิด Dogfish (*Squalus acanthias*) ผสมรวมอยู่กับองค์ประกอบอื่นๆ มีลักษณะของผงละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) ในขวดบรรจุ 30 กรัม ซึ่งประกอบด้วยสารโลหะรับรอง (trace element) มากกว่า 16 ชนิด โดยมีค่าปริมาณปรอทรับรองอยู่ในอัตราส่วน 2.14 ± 0.28 milligrams/kilogram

ความถี่และวิธีการตรวจสอบ DOLT-2

ทำการตรวจสอบ DOLT-2 จำนวน 4 ตัวอย่าง (ซ้ำ) ต่อการวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อเยื่อปลาทะเล 26 ตัวอย่าง และในการเปิดเครื่องหรือปรับเครื่องในกรณีใดๆ จะทำการตรวจสอบ DOLT-2 ทุกครั้งก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งจำนวนซ้ำและค่าปริมาณปรอทมาตรฐานจะเป็นทั้งการตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการวิเคราะห์

**DORM-2****DOLT-2*****Dogfish Muscle and Liver Certified Reference
Materials for Trace Metals***

The following table shows those elements for which certified values have been established for the two dogfish (*Squalus acanthias*) reference materials. Certified values are based on results of determinations by at least two independent methods of analysis. The uncertainties represent 95 percent tolerance limits for an individual sub-sample of 250 mg or greater.

Trace Elements - (milligrams/kilogram)

	DORM-2		DOLT-2	
Aluminum (d,g,i) [†]	10.9	± 1.7	25.2	± 2.4
Arsenic (d,g,h,x)	18.0	± 1.1	16.6	± 1.1
Cadmium (g,p)	0.043	± 0.008	20.8	± 0.5
Cobalt (d,g)	0.182	± 0.031	0.24	± 0.05
Chromium (g,i,p)	34.7	± 5.5	0.37	± 0.08
Copper (g,i,p,x)	2.34	± 0.16	25.8	± 1.1
Iron (g,i,p,x)	142	± 10	1103	± 47
Lead (g,p)	0.065	± 0.007	0.22	± 0.02
Manganese (d,g,i)	3.66	± 0.34	6.88	± 0.56
Mercury (c,p)	4.64	± 0.26	2.14	± 0.28
Nickel (g,i,p)	19.4	± 3.1	0.20	± 0.02
Selenium (g,p)	1.40	± 0.09	6.06	± 0.49
Silver (g,p)	0.041	± 0.013	0.608	± 0.032
Thallium (p)	(0.004)*		---	
Tin (p)	(0.023)*		(0.13)*	
Zinc (f,g,i,p)	25.6	± 2.3	85.8	± 2.5
Methylmercury (as Hg) (e,t)	4.47	± 0.32	0.693	± 0.053

† - see next page for key to coding.

* - information value only.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิมพ์พร เจริญศรี เกิดวันที่ 2 ธันวาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษา
อนุปริญญาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ในปีการศึกษา 2540 และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิทยาศาสตร์ทั่วไป
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย
ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย