

## บทที่ 3

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

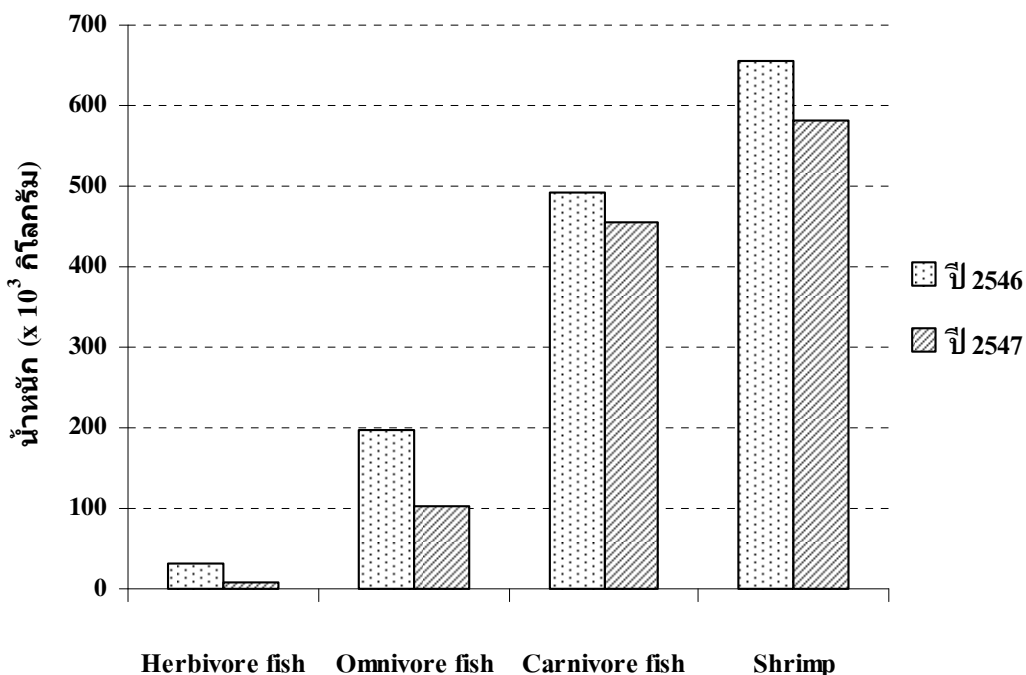
#### 3.1 ปริมาณสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ ที่จับจากทะเลสาบสงขลา 6 ครั้ง จาก 26 สถานี รอบทะเลสาบสงขลา ครอบคลุมระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2547 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2548 ได้สัตว์น้ำ 218 ตัวอย่าง จำแนกชนิดได้ทั้งสิ้น 55 ชนิด แบ่งออกเป็น ปลากินพืช 3 ชนิด (9 ตัวอย่าง), ปลากินทั้งพืชและสัตว์ 10 ชนิด (36 ตัวอย่าง), ปลากินสัตว์ 34 ชนิด (119 ตัวอย่าง) และกุ้ง 8 ชนิด (54 ตัวอย่าง)

ข้อมูลทางชีววิทยา, ชื่อสามัญไทย, ชื่อสามัญอังกฤษ, ชื่อวิทยาศาสตร์ และพื้นที่ในทะเลสาบสงขลาที่จับสัตว์น้ำเหล่านี้ได้ แสดงในตารางที่ 3-1 รูปร่างหน้าตาของสัตว์น้ำแต่ละประเภท คือ ปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้งที่จับได้ในการศึกษารั้งนี้ แสดงไว้ในรูป ก-1 ถึง ก-4 ในภาคผนวก ก

ปริมาณสัตว์น้ำรายเดือนจากทำขึ้นสัตว์น้ำรอบทะเลสาบสงขลา สำรวจโดยกลุ่มงานวิจัยและการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2547 พบว่าปริมาณสัตว์น้ำรวมทั้งปี ในแต่ละประเภทในปี พ.ศ. 2547 ส่วนใหญ่มีปริมาณลดลงกว่าในปี พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาที่มีขนาดใหญ่ ส่งผลให้ผลผลิตรวมของสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ. 2547 ต่ำกว่า พ.ศ. 2546 ดังแสดงในรูปที่ 3-1 รายละเอียดในตาราง ข-1 และ ข-2 ในภาคผนวก ข

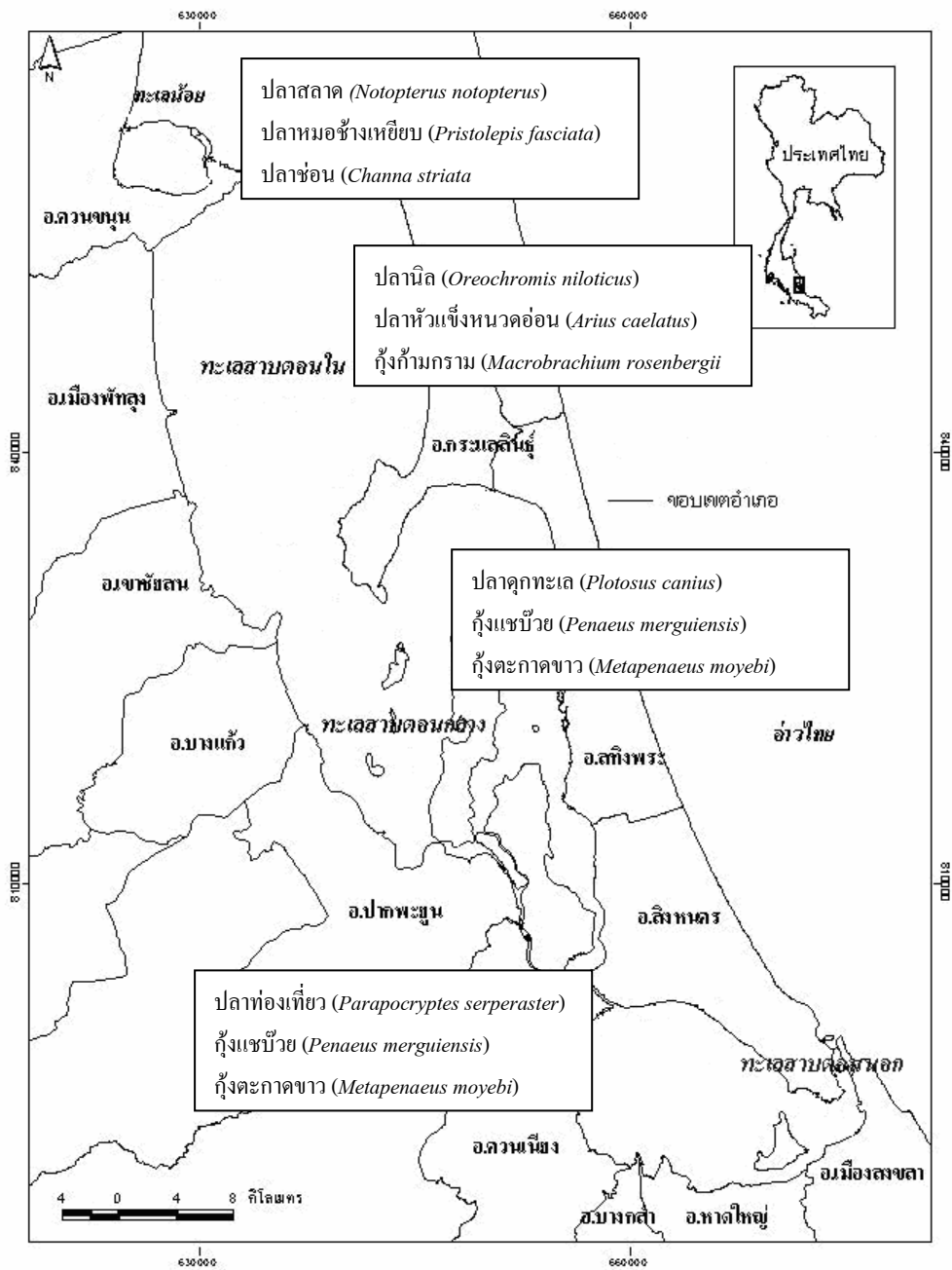
ตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้ร่วมเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำเพื่อนำมาวิเคราะห์ปรอท ในการศึกษารั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ร่วมออกเก็บตัวอย่างกับทีมงานจากกลุ่มงานวิจัยและการจัดการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ในเดือนสิงหาคม, กันยายน, พฤศจิกายน, พ.ศ. 2547 และเดือนมีนาคม, มิถุนายน, กรกฎาคม พ.ศ. 2548 ซึ่งรายละเอียดในตารางที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ผลผลิตรวมของสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2547

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลา พบว่าแต่ละตอนของทะเลสาบสงขลามีพันธุ์สัตว์น้ำที่พบชุกชุมต่างกัน ดังรูปที่ 3-2 และรายละเอียดดังนี้

- ทะเลน้อย พันธุ์สัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลาสลาด (*Notopterus notopterus*), ปลาหมอช้างเหยียบ (*Pristolepis fasciata*) และปลาช่อน (*Channa striata*)
- ทะเลสาบตอนบน พันธุ์สัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลานิล (*Oreochromis niloticus*), ปลาหัวแข็งหนวดอ่อน (*Arius caelatus*) และกุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*)
- ทะเลสาบตอนกลาง พันธุ์สัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลาตุกทะเล (*Plotosus canius*), กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguensis*) และกุ้งตะกาดขาว (*Metapenaeus moyebi*)
- ทะเลสาบตอนนอก พันธุ์สัตว์น้ำที่พบมาก ได้แก่ ปลาทองเทียวเกล็ดใหญ่ (*Parapocryptes serperaster*), กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguensis*) และกุ้งตะกาดขาว (*Metapenaeus moyebi*)



รูปที่ 3-2 สัตว์น้ำที่พบชุกชุมในทะเลสาบสงขลาแต่ละตอน

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลทางชีวภาพของตัวอย่งสัตว์น้ำที่จับได้จากทะเลน้อยและทะเลสาบสงขลาแต่ละตอน ที่จับในช่วง เดือนสิงหาคม 2547 ถึง เดือนกรกฎาคม 2548 (TN = ทะเลน้อย; IN = ทะเลสาบตอนใน; MD = ทะเลสาบตอนนอก; OT = ทะเลสาบตอนนอก)

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ(อังกฤษ)	พื้นที่ที่พบ				พฤติกรรม การกิน	ถิ่นที่อยู่อาศัย
			TN	IN	MD	OT		
ปลากระบอกขาว	<i>Valamugil cunnesius</i>	Longfin gray mullet			✓	✓	Demersal; Amphidromous	
ปลากระบอกดำ	<i>Liza subviridis</i>	Greenback mullet			✓	✓	Demersal; Amphidromous	
ปลาพรหมหัวเห้มน	<i>Osteochilus melanopleura</i>	Greater bonylipped barb	✓				Benthopelagic; Potamodromous	
ปลาแคจี้ลิง	<i>Arius sagor</i>	Sagor catfish				✓	Demersal; Amphidromous	
ปลาแคคตินหาว	<i>Arius truncatus</i>	Longspined catfish		✓			Demersal	
ปลาคนน้ำจืด, กคเหลือง	<i>Mystus Filamentus</i>	Yellow mystus	✓				Benthopelagic	
ปลากระตู่บิจิต	<i>Hampala macrolepidota</i>	Transverse bar barb	✓		✓		Benthopelagic	
ปลากระทุงเหวปากแดง	<i>Hyporhamphus quoyi</i>	Short nosed halfbeak			✓		Pelagic	
ปลากระทุงเหวปากขาว	<i>Rhynchorhamphus naga</i>	Longjawed garfish			✓		Pelagic	
ปลากระพงหิน	<i>Datnioides quadrifasciatus</i>	Fourbanded tripletail			✓		Benthopelagic	
ปลากระพงเหลือง	<i>Lujanus madras</i>	Indian snapper				✓	Reef-associated	
ปลากระพง	<i>Channa lucius</i>	Blotched snakehead	✓				Benthopelagic; Potamodromous	
ปลาเขยงหนู	<i>Mystus gulio</i>	Longwhiskered catfish	✓				Demersal; Anadromous	
ปลาจาดหน้ามอม	<i>Johniops dussumieri</i>	Bearded croaker				✓	Demersal; Oceanodromous	
ปลาช่อน	<i>Channa striata</i>	Striped snakehead	✓		✓		Benthopelagic; Potamodromous	
ปลาตาโต, ตาหวาน	<i>Priacanthus tayenus</i>	Sportfined bigeye				✓	Reef-associated	
ปลาทรายแดง	<i>Nemipterus hexodon</i>	Ornate threadfin bream				✓	Demersal; Non-migratory	

ชื่อสามัญ (ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ(อังกฤษ)	พื้นที่ที่พบ				พฤติกรรม การกิน	ถิ่นที่อยู่อาศัย
			TN	IN	MD	OT		
ปลาทุ	<i>Rastrelliger brachysoma</i>	Short-mackerel				✓	Pelagic; Oceanodromous	
ปลาเนื้ออ่อน, โอน	<i>Ompok bimaculatus</i>	Butter catfish	✓				Demersal; Potamodromous	
ปลาเป็นปลีกล้วย	<i>Leitognathus brevis</i>	Shorthose ponyfish		✓			Demersal; Amphidromous	
ปลาเป็นปลีใหญ่	<i>Leitognathus equulus</i>	Common ponyfish		✓		✓	Demersal; Amphidromous	
ปลาหมอนางหน้าตัด	<i>Alectis indicus</i>	Threadfin trevally				✓	Reef-associated	
ปลาแมวหัวแหลม	<i>Thryssa kammalensis</i>	Kammal thryssa				✓	Pelagic; Oceanodromous	
ปลาแมวหูดำ	<i>Setipinna melanochir</i>	Dusky-hairfin anchovy		✓			Pelagic	
ปลาลิ้นควาย, โบขนุน	<i>Pseudorhombus arsius</i>	Largetooth flounder				✓	Demersal; Oceanodromous	
ปลาวัวจุมุกสั้น	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	Short-nosed tripodfish				✓	Demersal	
ปลาตลาด	<i>Notopterus notopterus</i>	Gray featherback	✓	✓			Demersal; Potamodromous	
ปลาเสือพ่นน้ำ	<i>Toxotes chatareus</i>	Archerfish				✓	Pelagic; Amphidromous	
ปลาหมองข้างเหยียบ	<i>Pristolepis fasciata</i>	Striped tiger	✓	✓			Demersal; Potamodromous	
ปลาหมอไทย	<i>Anabas testudineus</i>	Climbing perch	✓	✓			Demersal; Potamodromous	
ปลาหัดโคกนา, ทราบ	<i>Sillago sihama</i>	Silver sillago				✓	Reef-associated; Amphidromous	
ปลาหมอตะเล, หมอเทศ	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Mozambique tilapia				✓	Benthopelagic; Amphidromous	
ปลาคะกรับ	<i>Scatophagus argus</i>	Spotted scat				✓	Reef-associated; Amphidromous	
ปลาทองเทียวเกล็ดใหญ่	<i>Parapocryptes serperaster</i>	Largescaled goby				✓	Demersal; Amphidromous	
ปลาหัวแข็งหนวดอ่อน	<i>Arius caelatus</i>	Engraved catfish				✓	Demersal; Amphidromous	
ปลาหัวอ่อนหนวดแข็ง	<i>Osteogeneiosus militaris</i>	Soldier catfish				✓	Demersal; Potamodromous	

ชื่อสามัญ(ไทย)	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ(อังกฤษ)	พื้นที่ที่พบ				พฤติกรรม การกิน	ถิ่นที่อยู่อาศัย
			TN	IN	MD	OT		
ปลาอุบ, คางคกน้ำกร่อย	<i>Batrachomoeus trispinosus</i>	Three-spined frogfish			✓	✓	Carnivorous	Reef-associated
ปลาโดก, ตะเพียนน้ำเค็ม	<i>Anodontostoma chacunda</i>	Chacunda gizzard shad		✓	✓	✓	Omnivorous	Pelagic; Anadromous
ปลาคอกหมากหน้าสั้น	<i>Gerres subfasciatus</i>	Banded silver biddy				✓	Omnivorous	Demersal
ปลาคูกทะเล	<i>Plotosus canius</i>	Lagoon catfish		✓	✓		Omnivorous	Demersal; Amphidromous
ปลาคูกน้ำจืด, คูกอุย	<i>Clarias macrocephalus</i>	Marbled walking catfish	✓				Omnivorous	Benthopelagic; Potamodromous
ปลานิล	<i>Oreochromis niloticus</i>	Nile tilapia		✓			Omnivorous	Benthopelagic; Potamodromous
ปลาลำปำ, กระแห	<i>Puntius schwanenfeldii</i>	Schwanenfeld's barb		✓			Omnivorous	Benthopelagic; Potamodromous
ปลาสลิดหินตายขาว	<i>Siganus javus</i>	Streaked spinefoot		✓		✓	Omnivorous	Reef-associated; Oceanodromous
ปลาสลิด	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Snakeskin gourami	✓				Omnivorous	Benthopelagic; Potamodromous
ปลาสาก, น้ำคอกไม้	<i>Sphyraena jello</i>	Banded barracuda				✓	Omnivorous	Reef-associated; Oceanodromous
ปลาข้างลายเกล็ดเล็ก	<i>Terapon puta</i>	Twolined therapon				✓	Omnivorous	Benthopelagic; Amphidromous
กุ้งก้ามกราม	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Giant freshwater prawn		✓			Carnivorous	Estuaries and rivers
กุ้งตะกาด	<i>Metapenaeus affinis</i>	Jinga shrimp				✓	Carnivorous	Marine and high salinity lagoons
กุ้ง(ไม่มีชื่อสามัญ)	<i>Metapenaeus elegans</i>	fine shrimp				✓	Carnivorous	Estuarine
กุ้งตะกาดขาว	<i>Metapenaeus moyebi</i>	Moyebi shrimp				✓	Carnivorous	Saline lagoons and estuaries
กุ้งหัวมัน	<i>Metapenaeus tenuipes</i>	Stork shrimp				✓	Carnivorous	Saline lagoons and estuaries
กุ้งแชบ๊วย, หางแดง	<i>Penaeus merguensis</i>	Banana prawn				✓	Carnivorous	Estuaries
กุ้งกุลาดำ	<i>Penaeus monodon</i>	Giant tiger prawn				✓	Carnivorous	Estuaries and sea
กุ้งกุลาดาย	<i>Penaeus semisulcatus</i>	Green tiger prawn				✓	Carnivorous	Salinity lagoons

### 3.2 ผลการวิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐาน TORT-2 เพื่อยืนยันความถูกต้องของวิธีการที่ใช้ ผลจากการวิเคราะห์ TORT-2 5 ครั้ง แสดงไว้ในตารางที่ 3-2 ค่าเฉลี่ยปรอทใน TORT-2 ที่วิเคราะห์ได้มีค่าเท่ากับ  $0.22 \pm 0.05$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งยอมรับได้เมื่อเทียบกับค่าที่กำกับมา คือ  $0.27 \pm 0.06$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 3-2 ผลวิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐาน (CRM) TORT-2

ครั้งที่	ค่าที่วิเคราะห์ได้ ( $\mu\text{g/g dry weight}$ )	% recovery	ค่าที่กำกับมา CRM ( $\mu\text{g/g dry weight}$ )
1	0.20	74	
2	0.17	63	
3	0.31	115	$0.27 \pm 0.06$
4	0.26	96	
5	0.17	63	
ค่าเฉลี่ย	$0.22 \pm 0.05$	82	

### 3.3 การปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำแต่ละประเภทที่แยกตามพื้นที่ที่จับ

เนื่องจากสัตว์น้ำแต่ละชนิดในทะเลสาบสงขลามีการดำรงชีวิตที่แตกต่างกัน มีธรรมชาติของถิ่นที่อยู่อาศัยแตกต่างกันไป ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างปลาและกุ้งได้ครบทุกชนิดในทุกตอนของทะเลสาบ เมื่อแบ่งประเภทสัตว์น้ำตามถิ่นที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ คือ ทะเลน้อย ทะเลสาบตอนใน ทะเลสาบตอนกลาง และทะเลสาบตอนนอก พบสัตว์น้ำต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ชนิดและจำนวนของสัตว์น้ำที่พบในทะเลสาบสงขลาแต่ละตอน (ทะเลน้อย: TN, ทะเลสาบตอนใน: IN, ทะเลสาบตอนกลาง: MD และทะเลสาบตอนนอก: OT)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ทะเลสาบสงขลา			
		TN	IN	MD	OT
<b>ปลากินพืช</b>					
กระบอกดำ	<i>Liza subviridis</i>	-	-	1	1
พรมหัวหมื่น	<i>Osteochilus melanopleura</i>	-	1	-	-
กระบอกขาว	<i>Valamugil cunnesius</i>	-	-	1	5
<b>ปลากินพืชและสัตว์</b>					
โคก, ตะเพียนน้ำเค็ม	<i>Anodontostoma chacunda</i>	-	3	7	3
คูกน้ำจืด, คูกอูย	<i>Clarias macrocephalus</i>	1	-	-	-
คอกหมากหน้าสั้น	<i>Gerres subfasciatus</i>	-	-	-	1
นิล	<i>Oreochromis niloticus</i>	-	1	-	-
คูกทะเล	<i>Plotosus canius</i>	-	2	7	-
ลำปำ, กระแห	<i>Puntius schwanenfeldii</i>	-	1	-	-
สลิดหินลายขาว	<i>Siganus javus</i>	-	1	-	5
สาก, น้ำดอกไม้	<i>Sphyraena jello</i>	-	-	-	1
ข้างลายเกล็ดเล็ก	<i>Terapon puta</i>	-	-	-	1
สลิด	<i>Trichogaster pectoralis</i>	2	-	-	-
<b>ปลากินสัตว์</b>					
พมนางหน้าตัด	<i>Alectis indicus</i>	-	-	-	1
หมอไทย	<i>Anabas testudineus</i>	4	1	-	-
หัวแข็งหนวดอ่อน	<i>Arius caelatus</i>	-	5	3	6
กคขี้ลิง	<i>Arius sagor</i>	-	-	-	1
กคคั้นหลาว	<i>Arius truncates</i>	-	5	1	-
อุบ, คางคกน้ำกร่อย	<i>Batrachomoeus trispinosus</i>	-	-	1	1
กะสง	<i>Channa lucius</i>	1	-	-	-
ช่อน	<i>Channa striata</i>	5	-	4	-
กะพงหิน	<i>Datnioides quadrifasciatus</i>	-	-	2	-
กระสูบขี้ด	<i>Hampala macrolepidota</i>	5	2	2	-
กระทุงเหวปากแดง	<i>Hyporhamphus quoyi</i>	-	-	1	-
จวดหน้ามอม	<i>Johmiops dussumieri</i>	-	-	-	1
แป้นเล็ก	<i>Leiognathus brevirostris</i>	-	1	1	-
แป้นใหญ่	<i>Leiognathus equulus</i>	-	1	-	2
กะพงเหลือง	<i>Lutjanus madras</i>	-	-	-	1
กคน้ำจืด, กคเหลือง	<i>Mystus Filamentus</i>	1	3	-	-
แขยงหนู	<i>Mystus gulio</i>	1	1	-	-



ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ทะเลสาบสงขลา			
		TN	IN	MD	OT
<b>ปลากินสัตว์ (ต่อ)</b>					
ทรายแดง	<i>Nemipterus hexodon</i>	-	-	-	1
สลาค	<i>Notopterus notopterus</i>	5	1	2	-
เนื้ออ่อน, โอน	<i>Ompok bimaculatus</i>	2	-	-	-
หมอตะเล, หมอทเทศ	<i>Oreochromis mossambicus</i>	-	-	2	-
หัวอ่อนหนวดแข็ง	<i>Osteogeneiosus militaris</i>	-	5	3	3
ท้องเขียวเกล็ดใหญ่	<i>Parapocryptes serperaster</i>	-	-	1	4
ตาโต, ตาหวาน	<i>Priacanthus tayenus</i>	-	-	-	1
หมอข้างเหยียบ	<i>Pristolepis fasciata</i>	4	2	-	-
ลิ้นควาย, โบขนุน	<i>Pseudorhombus arsius</i>	-	-	-	1
ทู	<i>Rastrelliger brachysoma</i>	-	-	-	1
กระทุงเหวปากยาว	<i>Rhynchorhamphus naga</i>	-	-	2	-
ตะกรับจุด	<i>Scatophagus argus</i>	-	1	1	5
แมวหูดำ	<i>Setipinna melanochir</i>	-	2	1	-
เห็ด โคน	<i>Sillago sihama</i>	-	-	1	-
แมวหัวแหลม	<i>Thryssa kammalensis</i>	-	-	-	2
เสื่อพ่นน้ำ	<i>Toxotes chatareus</i>	-	-	1	-
วัวจุมูกสัน	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	-	-	1	-
<b>กุ้ง</b>					
ก้ามกราม	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	-	5	6	-
ตะกาด	<i>Metapenaeus affinis</i>	-	-	-	3
<i>M.elegans</i>	<i>Metapenaeus elegans</i>	-	-	1	1
ตะกาดขาว	<i>Metapenaeus moyebi</i>	-	-	1	2
หัวมัน	<i>Metapenaeus tenuipes</i>	-	-	1	1
แซบวัย, หางแดง	<i>Penaeus merguensis</i>	-	-	3	11
กุลาดำ	<i>Penaeus monodon</i>	-	-	10	4
กุลาลาย	<i>Penaeus semisulcatus</i>	-	-	-	5
<b>รวม</b>		<b>31</b>	<b>44</b>	<b>68</b>	<b>75</b>

### 3.3.1 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลน้อย

สัตว์น้ำที่เก็บตัวอย่างจากทะเลน้อยมี 31 ตัวอย่างและเป็นตัวอย่างปลาเท่านั้น จำแนกชนิดได้ทั้งสิ้น 11 ชนิด แบ่งออกเป็น ปลากินพืชและสัตว์ 2 ชนิด (3 ตัวอย่าง) และ ปลากินสัตว์ 9 ชนิด (28 ตัวอย่าง) ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ ค-1 ในภาคผนวก ค และสรุปไว้ในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่อาศัยในทะเลน้อย

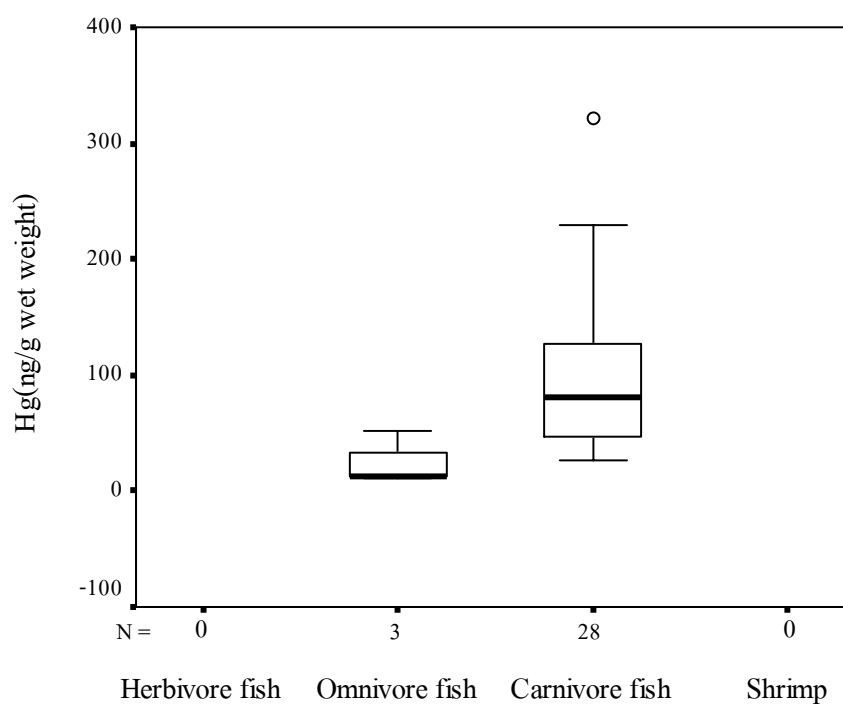
ชื่อสามัญ	จำนวนตัวอย่าง	ช่วงน้ำหนัก (g)	ช่วงความยาวลำตัว (cm)	ปรอท (ng/g wet weight)		
				ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
<b>ปลากินพืชและสัตว์</b>						
คูกน้ำจืด	1	92.4	19.5	52	52	-
สลิด	2	42.7-56.0	11.5-12.3	11-13	12±2	12
<b>ปลากินสัตว์</b>						
กตน้ำจืด, กตเหลือง	1	73.7	16.5	36	36	-
กระสูบชืด	5	94.2-179.9	16.2-20.0	26-128	78±38	83
กะสง	1	151.4	21.2	145	145	-
แขยงหนู	1	38.3	12	127	127	-
ช่อน	5	131.1-224.4	21.2-25.0	54-321	154±118	108
เนื้ออ่อน, โอน	2	76.5-89.7	17.7-20.1	45-188	117±101	117
สลาด	5	42.9-85.1	16.2-17.3	30-118	66±40	48
หมอช้างเขี้ยว	4	37.1-91.4	9.5-12.0	69-175	99±51	77
หมอไทย	4	32.4-68.1	9.8-12.3	33-149	80±55	69

ตัวอย่างจากทะเลน้อยทั้งสิ้น 31 ตัวอย่าง มีเพียงปลากินพืชและสัตว์ และปลากินสัตว์ ค่าปรอทเฉลี่ยที่พบในปลาทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากับ  $25 \pm 23$  และ  $98 \pm 68$  นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยมีค่ามัธยฐานอยู่ที่ 13 และ 81 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-3

จากรูปที่ 3-3 จะเห็นว่า มีเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้นที่มีค่าสูงผิดปกติ ซึ่งถ้าดูจากข้อมูลในตารางที่ 3-4 พบว่าปลาที่มีการสะสมปรอทค่อนข้างสูงในทะเลน้อย คือ ปลาช่อน และปลาเนื้ออ่อน โดยตัวที่มีค่าสูงกว่าตัวอื่นในกลุ่มก็คือ ปลาช่อน

ตารางที่ 3-5 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละประเภทที่อาศัยอยู่ในทะเลน้อย

ทะเลน้อย	จำนวนตัวอย่าง	ค่าปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	ค่ามัธยฐาน (ng/g wet weight)
ปลากินพืช	ไม่มีตัวอย่าง	-	-
ปลากินพืชและสัตว์	3	25 $\pm$ 23	13
ปลากินสัตว์	28	98 $\pm$ 68	81
กุ้ง	ไม่มีตัวอย่าง	-	-



รูปที่ 3-3 Box plot เปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลากินพืชและสัตว์ และปลากินสัตว์ ที่จับจากทะเลน้อย

ปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลน้อยยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก และกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (500 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) ซึ่งยังไม่ได้สูงไปกว่าที่เคยวิเคราะห์ในอดีต โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2529) และณรงค์ ฌ เชียงใหม่ และอรุณ โชติ คงพล (2530) ยกเว้นปลาช่อนซึ่งมีเพียง

ตัวอย่างเดียวมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานของประเทศเคนมารัก (300 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) และพบว่าปลากินสัตว์มีปริมาณปรอทสูงกว่าปลากินทั้งพืชและสัตว์อย่างเห็นได้ชัด

### 3.3.2 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลสาบตอนใน

ตัวอย่างสัตว์น้ำจากทะเลสาบตอนใน มีทั้งตัวอย่างปลาและกุ้ง รวมทั้งสิ้น 44 ตัวอย่าง จำแนกได้จำนวน 20 ชนิด แบ่งออกเป็น ปลากินพืช 1 ชนิด (1 ตัวอย่าง) ปลากินพืชและสัตว์ 5 ชนิด (8 ตัวอย่าง) ปลากินสัตว์ 13 ชนิด (30 ตัวอย่าง) และกุ้ง 1 ชนิด (5 ตัวอย่าง) ผลการศึกษาแสดงใน ตารางที่ ค-2 ในภาคผนวก ค และสรุปไว้ในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่อาศัยในทะเลสาบตอนใน

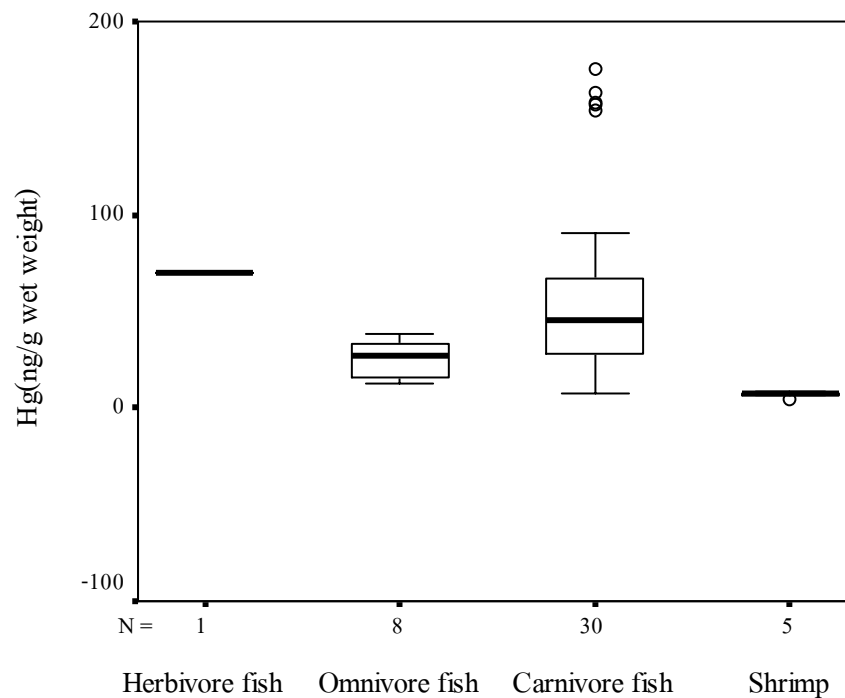
ชื่อสามัญ	จำนวนตัวอย่าง	ชั่งน้ำหนัก (g)	ช่วงความยาวลำตัว (cm)	ปรอท (ng/g wet weight)		
				ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
<b>ปลากินพืช</b>						
พรมหัวเหม็น	1	177.0	19.5	70	70	-
<b>ปลากินพืชและสัตว์</b>						
โคก, ตะเพียนน้ำเค็ม	3	46.6-50.9	12.5-14.5	12-33	23±10	25
คูกทะเล	2	68.64-73.54	21.1-23.3	30-38	34±6	34
นิล	1	99.8	14.4	19	19	-
ลำปำ, กระแห	1	42.6	11.0	12	12	-
สลิดหินลายขาว	1	45.8	11.5	34	34	-
<b>ปลากินสัตว์</b>						
กดกันหลาว	5	65.9-250.8	17.3-27.0	13-67	39±19	38
กدن้าจืด, กดเหลือง	3	112.9-189.3	18.9-23.0	41-90	65±25	63
กระสุนขีด	2	94.9-105.7	15.4-17.0	11-39	25±20	25
เขยงหนู	1	23.6	10.5	14	14	-
ตะกรับจุด	1	78.9	11.7	16	16	-
แป้นเล็ก	1	10.4	6.7	47	47	-
แป้นใหญ่	1	22.8	8.6	17	17	-
แมวหูดำ	2	38.5-46.3	13.7-15.5	158-176	167±13	167
สลาด	1	59.4	17.5	61	61	-
หมอช้างเหยียบ	2	29.1-65.1	8.4-11.5	28-154	91±89	91
หมอไทย	1	83.7	13.0	8	8	-
หัวแข็งหมวดอ่อน	5	44.1-85.9	14.0-17.5	27-158	66±52	49
หัวอ่อนหมวดแข็ง	5	53.0-80.9	16.0-19.4	28-163	77±52	55
<b>กุ้ง</b>						
ก้ามกราม	5	52.51-132.88	13.3-18.4	4-9	7±2	8

ตัวอย่างจากทะเลสาบสงขลาตอนใน 44 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นปลาอินทรีและปลากินพืชและปลากินสัตว์ มีปลากินพืชและกุ้ง ประเภทละเพียงหนึ่งชนิดเท่านั้น พรอทเฉลี่ยที่พบในปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้ง แสดงไว้ในตารางที่ 3-7 และรูปที่ 3-4 แม้ว่าปลากินพืชจะมีค่าสูงถึง 70 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสัตว์น้ำประเภทอื่น แต่เนื่องจากมีเพียงตัวเดียวเท่านั้น จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าปลากินพืชมีการสะสมปรอทสูงกว่าปลากินสัตว์น้ำชนิดอื่น หากยกเว้นปลากินพืชตัวนี้แล้ว จากรูป 3-4 เห็นได้ชัดว่าปลากินสัตว์มีการสะสมปรอทในปริมาณที่มากกว่าสัตว์น้ำประเภทอื่น และมีหลายตัวที่มีค่าค่อนข้างสูง ค่าปรอทเฉลี่ยของปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้ง มีค่าเท่ากับ  $25 \pm 10$ ,  $61 \pm 50$  และ  $7 \pm 2$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ และค่ามัธยฐานของสัตว์น้ำทั้งสามประเภทมีค่าเท่ากับ 27, 46 และ 8 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ

ตารางที่ 3-7 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละประเภทที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบตอนใน

ทะเลสาบตอนใน	จำนวนตัวอย่าง	ค่าปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	ค่ามัธยฐาน (ng/g wet weight)
ปลากินพืช	1	70	70
ปลากินพืชและสัตว์	8	$25 \pm 10$	27
ปลากินสัตว์	30	$61 \pm 50$	46
กุ้ง	5	$7 \pm 2$	8

ปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในบริเวณทะเลสาบตอนในยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก และกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (500 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปรอทในสัตว์น้ำผ่านลำดับชั้นการบริโภค พบว่าค่าเฉลี่ยของปรอทในลำดับชั้นของการบริโภคต่างๆ เป็นดังนี้ ปลากินสัตว์ > ปลากินทั้งพืชและสัตว์ > กุ้ง โดยยกเว้นปลากินพืชที่มีเพียงตัวอย่างเดียว



รูปที่ 3-4 Box plot แสดงการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลา กินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และ กุ้ง ที่จับจากทะเลสาบตอนใน

### 3.3.3 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลสาบตอนกลาง

ตัวอย่างสัตว์น้ำจากทะเลสาบตอนกลาง มีทั้งตัวอย่างปลา และกุ้ง รวมทั้งสิ้น 68 ตัวอย่าง จำแนกได้ 28 ชนิด แบ่งออกเป็น ปลากินพืช 2 ชนิด (2 ตัวอย่าง) ปลากินพืชและสัตว์ 2 ชนิด (14 ตัวอย่าง) ปลากินสัตว์ 18 ชนิด (30 ตัวอย่าง) และกุ้ง 6 ชนิด (22 ตัวอย่าง) ผลการศึกษา แสดงในตารางที่ ค-3 ในภาคผนวก ค และสรุปไว้ในตารางที่ 3-8

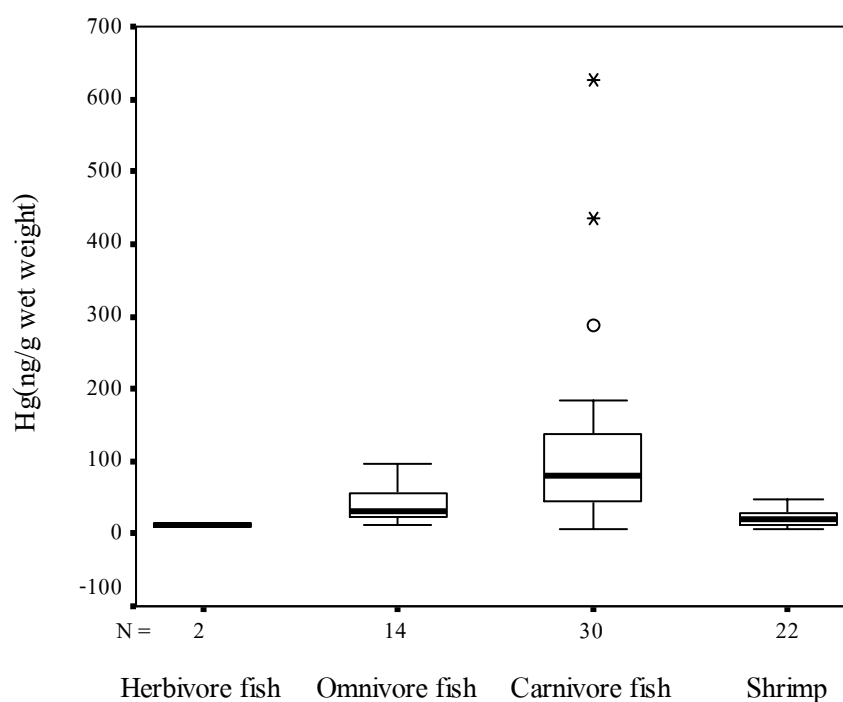
ตัวอย่างจากทะเลสาบตอนกลาง 68 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นปลากินสัตว์ เช่นเดียวกับทะเลน้อยและทะเลสาบตอนใน ค่าปรอทเฉลี่ยในปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้ง มีค่าเท่ากับ  $12 \pm 2$ ,  $40 \pm 24$ ,  $118 \pm 130$  และ  $22 \pm 12$  นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก ตามลำดับ โดยมีค่ามัธยฐานอยู่ที่ 12, 30, 79 และ 20 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-9 และรูปที่ 3-5

ตารางที่ 3-8 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่อาศัยในทะเลสาบตอนกลาง

ชื่อสามัญ	จำนวนตัวอย่าง	ช่วงน้ำหนัก (g)	ช่วงความยาวลำตัว (cm)	ปรอท (ng/g wet weight)		
				ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
<b>ปลากินพืช</b>						
กระบอกดำ	1	99.2	18.0	10	10	-
กระบอกขาว	1	95.8	16.1	13	13	-
<b>ปลากินพืชและสัตว์</b>						
โกล, ตะเพียนน้ำเค็ม	7	23.4-59.6	9.8-14.0	13-30	23±6	22
ดุกทะเล	7	64.3-228.8	22.0-34.0	25-97	57±23	56
<b>ปลากินสัตว์</b>						
หัวแข็งหนวดอ่อน	3	72.2-95.6	16.7-17.5	108-288	194±90	185
กตค้นหลาว	1	95.7	21.5	137	137	-
อุบ, คางคกน้ำกร่อย	1	77.7	13.7	52	52	-
ช่อน	4	124.8-239.5	20.9-26.5	37-144	71±50	51
กะพงหิน	2	74.2-82.4	13.4-14.5	122-178	150±40	150
กระตูด	2	119.9-148.6	17.0-19.0	45-49	47±3	47
กระตูดปากแดง	1	14.6	13.3	31	31	-
แป้นเล็ก	1	25.3	9.5	105	105	-
สลาด	2	108.3-149.0	21.2-23.5	64-74	69±7	69
หมอตทะเล, หมอเทศ	2	35.1-58.0	10.0-11.9	8-62	35±39	35
หัวอ่อนหนวดแข็ง	3	36.4-89.8	14.7-19.1	36-95	72±32	84
ทองเทียวเกล็ดใหญ่	1	35.5	14.3	6	6	-
กระตูดปากขาว	2	62.7-136.8	30.5-40.0	94-435	264±241	264
ตะกรับจุด	1	63.3	11.0	19	19	-
แมวหูดำ	1	34.7	14.0	102	102	-
เห็ดโคน	1	14.5	10.1	70	70	-
เสื่อพ่นน้ำ	1	130.0	15.0	625	625	-
วัวจุกสั้น	1	91.6	17.0	182	182	-
<b>กุ้ง</b>						
ก้ามกราม	6	56.1-112.8	13.8-16.3	6-15	10±3	9
<i>M.elegans</i>	1	10.9	9.4	7	7	-
ตะกาดขาว	1	12.0	10.3	17	17	-
หัวมัน	1	9.4	9.3	19	19	-
หางแดง	3	35.3-47.6	14.6-15.2	18-44	29±13	25
กุลาคำ	10	24.7-69.1	13.5-17.3	19-49	29±9	28

ตารางที่ 3-9 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละประเภทที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบตอนกลาง

ทะเลสาบตอนกลาง	จำนวนตัวอย่าง	ค่าปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	ค่ามัธยฐาน (ng/g wet weight)
ปลากินพืช	2	12 $\pm$ 2	12
ปลากินพืชและสัตว์	14	40 $\pm$ 24	30
ปลากินสัตว์	30	118 $\pm$ 130	79
กุ้ง	22	22 $\pm$ 12	20



รูปที่ 3-5 Box plot เปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลาชนิดกินพืช ปลาชนิดกินพืชและสัตว์ ปลาชนิดกินสัตว์ และ กุ้ง ที่จับจากทะเลสาบตอนกลาง

ปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในบริเวณทะเลสาบตอนกลาง ส่วนใหญ่ยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานยกเว้นปลากระทุงเหวปากยาว (*Rhynchorhamphus naga*) (435 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของประเทศเดนมาร์ก (300 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) และปลาเสือพ่นน้ำ (*Toxotes chatareus*) (625 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) ที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก และกระทรวงสาธารณสุขประเทศ



ไทย (500 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) อย่างไรก็ตามก็ตีปลาทะเลทงเหวปากยาวมีเพียงตัวอย่างเดียวที่สูง แต่อีกตัวอย่างหนึ่งมีค่าไม่สูงเท่า และปลาเสือพ่นน้ำที่สุ่มได้ก็มีเพียงตัวอย่างเดียว จึงไม่อาจสรุปได้ว่าปลาชนิดเดียวกันตัวอื่นๆ จะมีปรอทสะสมในปริมาณที่สูงทุกตัว เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของปรอทในสัตว์น้ำผ่านลำดับชั้นการบริโภค พบว่าค่าเฉลี่ยของปรอทในลำดับชั้นของการบริโภคต่างๆ เป็นดังนี้ ปลากินสัตว์ > ปลากินทั้งพืชและสัตว์ > กุ้ง > ปลากินพืช

### 3.3.4 การปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลสาบตอนนอก

สัตว์น้ำตัวอย่างที่เก็บได้ในบริเวณทะเลสาบตอนนอก มีทั้งตัวอย่างปลา และกุ้ง รวมทั้งสิ้น 75 ตัวอย่าง จำแนกได้เป็น 29 ชนิด แบ่งออกเป็น ปลากินพืช 2 ชนิด (6 ตัวอย่าง) ปลากินพืชและสัตว์ 5 ชนิด (11 ตัวอย่าง) ปลากินสัตว์ 15 ชนิด (31 ตัวอย่าง) และกุ้ง 7 ชนิด (27 ตัวอย่าง) ผลการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ ค-4 และสรุปไว้ในตารางที่ 3-10

ตัวอย่างจากทะเลสาบตอนนอก 75 ตัวอย่าง จะเป็นปลากินสัตว์และกุ้ง มากกว่า สัตว์น้ำประเภทอื่น และมีค่าปรอทเฉลี่ยในปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้ง เท่ากับ  $17 \pm 5$ ,  $26 \pm 21$ ,  $55 \pm 39$  และ  $14 \pm 5$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-11 และรูปที่ 3-6

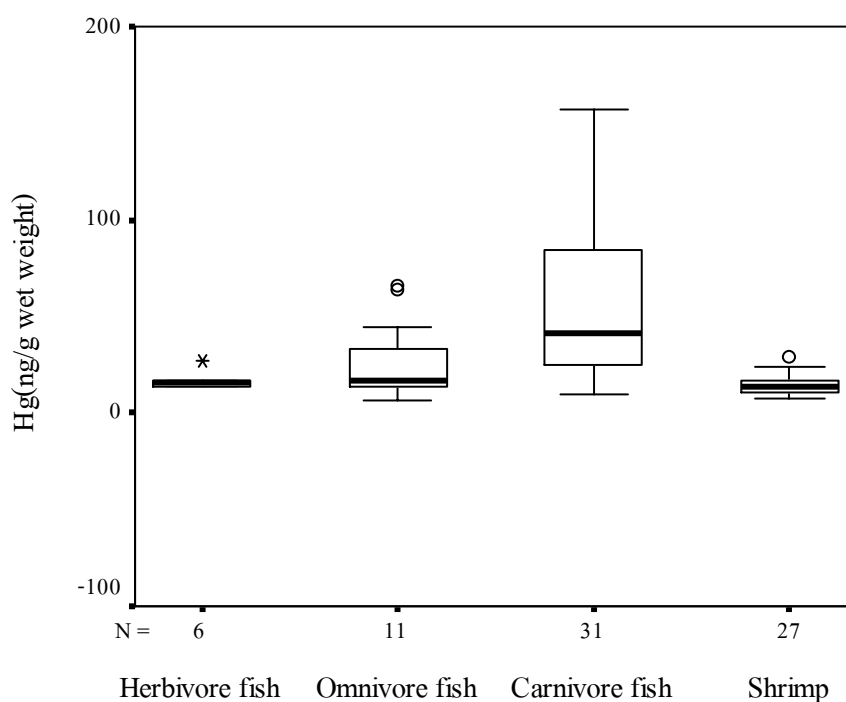
เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปริมาณสารปรอทในเนื้อปลาที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก และกระทรวงสาธารณสุขประเทศไทย (500 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก) พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งไม่แตกต่างจากค่าที่เคยพบในอดีตที่ผ่านมา เช่น ประดิษฐ์ มีสุข และสัญญา เบญจกุล (2541) และประไพศรี ทรฤทธิ์ (2546) เมื่อเปรียบเทียบการสะสมปรอทในสัตว์น้ำผ่านลำดับชั้นการบริโภค พบว่าค่าเฉลี่ยของปรอทในลำดับชั้นของการบริโภคต่างๆ เป็นดังนี้ ปลากินสัตว์ > ปลากินทั้งพืชและสัตว์ > ปลากินพืช > กุ้ง

ตารางที่ 3-10 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่อาศัยในทะเลสาบตอนนอก

ชื่อสามัญ	จำนวนตัวอย่าง	ช่วงน้ำหนัก (g)	ช่วงความยาวลำตัว (cm)	ปรอท (ng/g wet weight)		
				ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
<b>ปลากินพืช</b>						
กระบอกดำ	1	105.0	17.2	14	14	-
กระบอกขาว	5	37.1-161.8	12.7-16.8	14-27	18±5	16
<b>ปลากินพืชและสัตว์</b>						
โกล, ตะเพียนน้ำเค็ม	3	13.1-50.9	8.0-13.6	14-22	18±4	17
ดอกหมากหน้าสั้น	1	24.2	9.8	44	44	-
สลิดหินลายขาว	5	34.6-169.3	10.6-16.4	7-21	13±5	13
สาก, น้ำดอกไม้	1	54.9	17.5	66	66	-
ข้างลายเกล็ดเล็ก	1	37.2	11.0	64	64	-
<b>ปลากินสัตว์</b>						
ผมนางหน้าตัด	1	140.2	17.4	20	20	-
หัวแข็งหนวดอ่อน	6	52.0-197.5	13.7-21.0	56-157	97±36	85
กตขี้ลิง	1	673.7	32.0	109	109	-
อุบ, คางคกน้ำกร่อย	1	109.2	15.0	61	61	-
จวดหน้ามอม	1	74.2	14.5	52	52	-
แป้นใหญ่	2	45.3-102.3	12.0-14.0	39-49	44±7	44
กะพงเหลือง	1	68.4	13.5	89	89	-
ทรายแดง	1	51.5	12.5	32	32	-
หัวอ่อนหนวดแข็ง	3	112.8-174.4	20.0-23.0	36-120	66±47	41
ท้องเขียวเกล็ดใหญ่	4	25.3-71.0	14.8-19.0	10-18	12±4	11
คาโต, ตาหวาน	1	94.0	15.6	38	38	-
ลีนควาย, ไบขนุน	1	47.6	12.8	30	30	-
ทุ	1	85.1	16.5	22	22	-
ตะกรับจุด	5	18.0-88.4	7.0-11.8	16-50	30±14	27
แมวหัวแหลม	2	27.7-60.0	12.7-16.5	98-104	101±5	101
<b>กุ้ง</b>						
ตะกาด	3	6.6-13.9	8.0-10.6	10-15	12±2	11
<i>Melegans</i>	1	6.3	8.5	8	8	-
ตะกาดขาว	2	4.7-7.8	7.4-8.5	9-12	11±2	11
หัวมัน	1	8.3	9.0	24	24	-
หางแดง	11	12.1-42.3	10.7-17.4	12-29	16±5	15
กุลาดำ	4	42.1-70.7	15.5-18.0	14-21	18±3	18
กุลาลาย	5	11.2-15.5	9.2-11.0	10-15	11±2	11

ตารางที่ 3-11 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำแต่ละประเภทที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบตอนนอก

ทะเลสาบตอนนอก	จำนวนตัวอย่าง	ค่าปรอทเฉลี่ย (ng/g wet weight)	ค่ามัธยฐาน (ng/g wet weight)
ปลากินพืช	6	17 $\pm$ 5	16
ปลากินพืชและสัตว์	11	26 $\pm$ 21	17
ปลากินสัตว์	31	55 $\pm$ 39	41
กุ้ง	27	14 $\pm$ 5	14



รูปที่ 3-6 Box plot เปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลาชนิดกินพืช ปลาชนิดกินพืชและสัตว์ ปลาชนิดกินสัตว์ และ กุ้ง ที่จับจากทะเลสาบตอนนอก

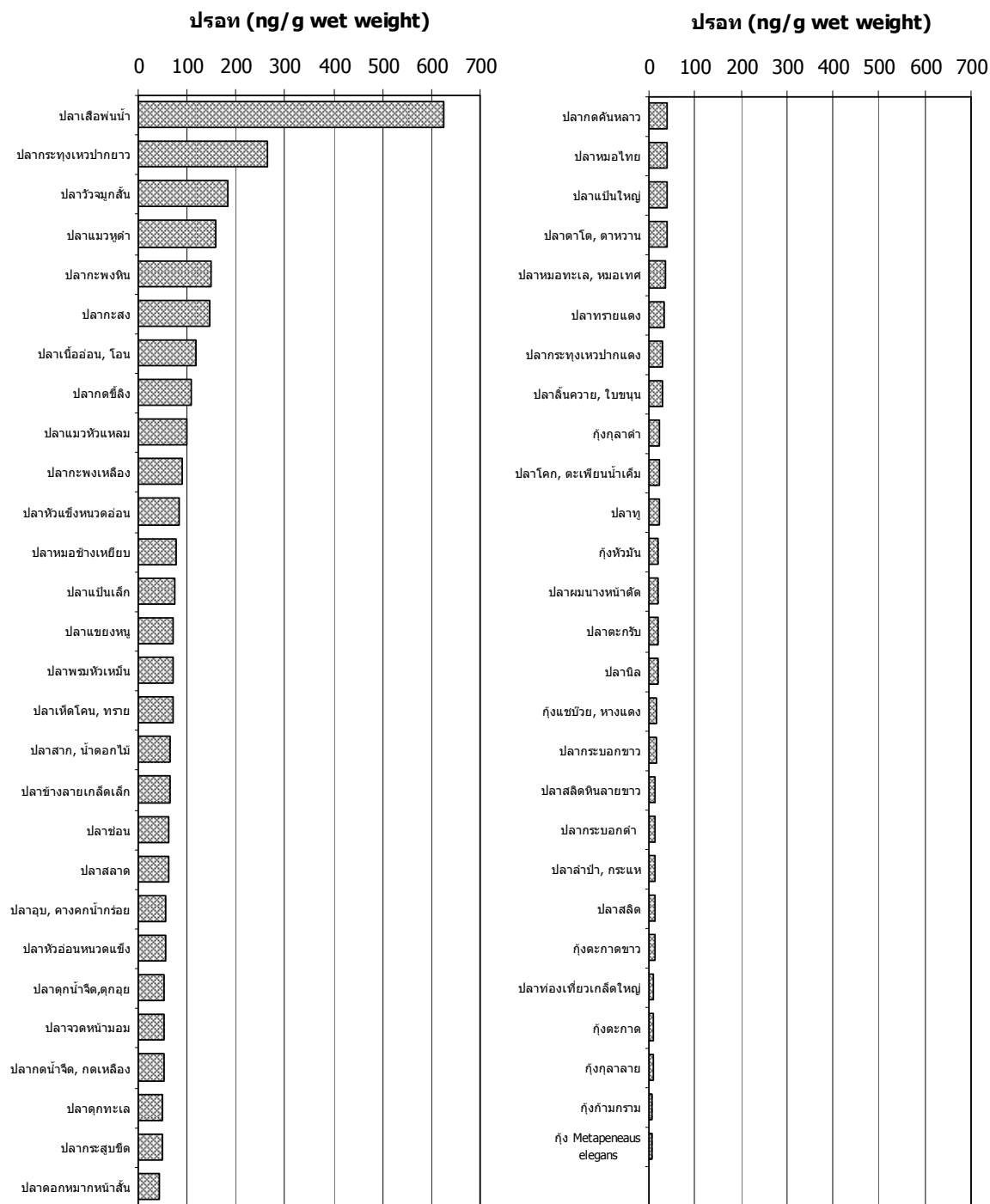
### 3.4 สรุปการปนเปื้อนของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาทั้งระบบ

จากการวิเคราะห์หาเนื้อเยื่อตัวอย่างปลาและกุ้งจากทะเลสาบสงขลาทั้งสิ้น 218 ตัวอย่าง พบว่าสัตว์น้ำทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนปรอทในเนื้อเยื่อในระดับที่ตรวจวัดได้โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชัน แบบไอเย็น

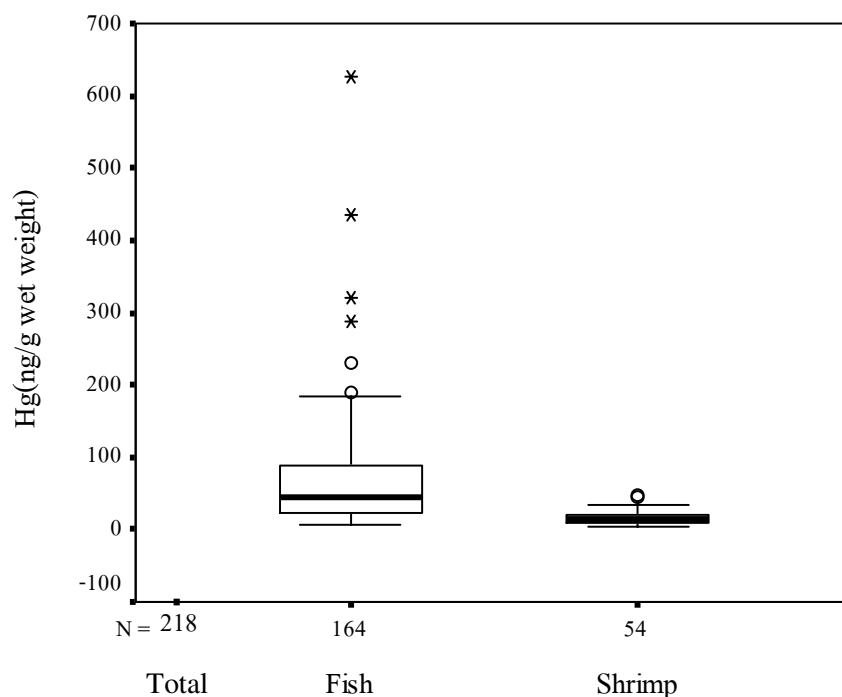
ช่วงความเข้มข้น ค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐานของปรอทในสัตว์น้ำแต่ละชนิดแสดงไว้ใน ตาราง ง-1 ในภาคผนวก ง และสรุปแสดงตามลำดับความเข้มข้นสูงสุดถึงต่ำสุด ตามค่ามัธยฐานของสัตว์น้ำแต่ละชนิด แสดงไว้ในรูปที่ 3-7 จากรูปจะเห็นว่าสัตว์น้ำประเภทกุ้งมีปรอทสะสมอยู่ต่ำ และปลาที่มีปรอทสะสมอยู่สูงสุด 14 ชนิด แยกเป็นปลาประเภทปลากินสัตว์ทั้งสิ้น เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเข้มข้นของปรอทในสัตว์น้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 4 ถึง 625 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก เฉลี่ยเท่ากับ  $55 \pm 69$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก แต่ค่ามัธยฐานมีค่าเพียง 33 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก แสดงว่าตัวอย่างที่พบความเข้มข้นปรอทสูงมีจำนวนน้อยกว่าตัวอย่างที่พบความเข้มข้นต่ำ โดยกลุ่มปลามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6 ถึง 625 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก เฉลี่ยที่  $68 \pm 75$  นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก และค่ามัธยฐานที่ 46 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ส่วนกลุ่มกุ้งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4 ถึง 49 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐานเท่ากับ  $17 \pm 9$  และ 15 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ดังตารางที่ 3-12 และรูปที่ 3-8 เห็นได้ชัดว่าปริมาณเฉลี่ยของปรอทในเนื้อเยื่อตัวอย่างปลามีค่าสูงกว่าตัวอย่างกุ้งประมาณ 3 เท่า

ตารางที่ 3-12 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในทะเลสาบสงขลา

ทะเลสาบสงขลา	จำนวนตัวอย่าง	ปรอท (ng/g wet weight)		
		ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
สัตว์น้ำทั้งหมด	218	4-625	$55 \pm 69$	33
ปลา	164	6-625	$68 \pm 75$	46
กุ้ง	54	4-49	$17 \pm 9$	15



รูปที่ 3-7 กราฟแท่งแสดงค่ามัธยฐานของปรอทในสัตว์น้ำที่จับจากทะเลสาบสงขลาทั้งระบบ เรียงตามลำดับมากที่สุดถึงน้อยสุด



รูปที่ 3-8 Box plot เปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลา และกุ้ง ที่จับจากทะเลสาบสงขลาทั้งระบบ

การศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาที่ผ่านมายังมีน้อย และเป็นการศึกษาในปลาเพียงบางชนิด และส่วนใหญ่ศึกษาแต่ในทะเลสาบตอนนอก เมื่อเปรียบเทียบค่าปรอทที่ตรวจพบในสัตว์น้ำชนิดเดียวกัน ซึ่งศึกษาไว้ในการศึกษาที่ผ่านมา กับผล การศึกษาในครั้งนี้ ดังแสดงในตารางที่ 3-13 พบว่าปริมาณการสะสมของปรอทค่อนข้าง ใกล้เคียงกัน จึงอาจจะกล่าวได้ว่าการปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำที่จับจากทะเลสาบสงขลา ในช่วง ปี พ.ศ. 2547-2548 (การศึกษาครั้งนี้) ไม่ได้สูงไปกว่าการปนเปื้อนที่ตรวจพบในอดีตมากนัก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณปรอทที่ตรวจพบในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลา กับค่าเกณฑ์กำหนดขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1976) และเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวง สาธารณสุข (2529) ซึ่งกำหนดปริมาณสารปรอทในอาหารทะเลให้มีค่าได้ไม่เกิน 500 นาโนกรัม ต่อกรัมน้ำหนักเปียก และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับในระดับสากลและนิยมใช้ในการ อ้างอิง (ตารางที่ 1-2 ในบทที่ 1) พบว่าสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ ยกเว้นปลาเสือพ่นน้ำ (*Toxotes chatareus*) เพียงตัวอย่างเดียวที่มีค่าความเข้มข้นสูงถึง 625 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก เนื่องจากปลาเสือพ่นน้ำสูมตัวอย่างได้เพียงตัวอย่างเดียว จากทะเลสาบสงขลาทั้งระบบจึงไม่อาจสรุป ได้ว่าปลาเสือพ่นน้ำตัวอื่นๆ จะมีปรอทสะสมในปริมาณที่สูงทุกตัว อย่างไรก็ตามก็ตีปรอทที่สะสมอยู่ใน

ปลาเสื่อพ่นน้ำอาจมาจากนอกระบบทะเลสาบสงขลาก็ได้ เนื่องจากพฤติกรรมการกินอาหารของปลาเสื่อพ่นน้ำคือ การพ่นน้ำใส่แมลงหรืออาหารที่ไม่ได้อยู่ในน้ำให้ตกลงสู่น้ำเพื่อมันจะได้กินอาหารได้

ตารางที่ 3-13 ปริมาณปรอทในสัตว์น้ำที่จับจากทะเลสาบสงขลาโดยผู้ทำวิจัยในอดีต และข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก)

	ความเข้มข้นต่ำสุด-สูงสุด				
	2529 <sup>1</sup>	2530 <sup>2</sup>	2541 <sup>3</sup>	2546 <sup>4</sup>	การศึกษาครั้งนี้ (2547-2548)
พื้นที่ทำการศึกษา	ทะเลน้อย	ทะเลน้อย	ทะเลสาบตอนนอก	ทะเลสาบตอนนอก	ทะเลสาบสงขลาทั้ง 4 ตอน
ชนิดสัตว์น้ำ					
กุ้งก้ามกราม	8-24 (n=5)				
ปลาชุก	34-86 (n=11)	34-172 (n=10)			52 (n=1) (ทะเลน้อย)
ปลาช่อน	71-390 (n=11)	129-390 (n=9)			54-321 (n=5) ทะเลน้อย
กุ้งกุลาดำ			0-15 (n=5)		14-21 (n=4) ทะเลสาบตอนนอก
ปลาโลก				63-79 (n=15)	14-22 (n=3) ทะเลสาบตอนนอก
ปลากระบอกดำ				54-81 (n=15)	14 (n=1) ทะเลสาบตอนนอก
ปลากระบอกขาว				22-37 (n=15)	14-27 (n=5) ทะเลสาบตอนนอก
ปลาเป็นเล็ก				27-64 (n=15)	105 (n=1) ทะเลสาบตอนใน
ปลาคดขี้ลิง				20-60 (n=10)	109 (n=1) ทะเลสาบตอนนอก

หมายเหตุ : n = จำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์

<sup>1</sup> = สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2529)

<sup>2</sup> = ณรงค์ วัฒนชัย และอรุณโชติ คงพล (2530)

<sup>3</sup> = ประดิษฐ์ มีสุข และสัญญา เบลญกุล (2541)

<sup>4</sup> = ประไพศรี ทรฤทธิ์ (2546)

### 3.5 การปนเปื้อนของปรอทในสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาแยกตามลักษณะอาหารที่กิน

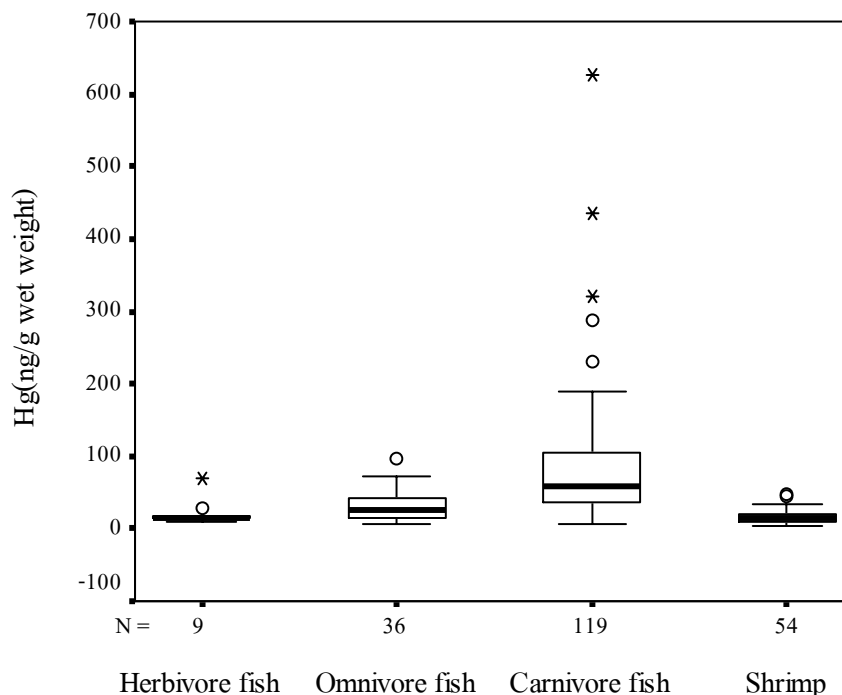
ในการศึกษาครั้งนี้จำแนกชนิดของสัตว์น้ำตามอนุกรมวิธาน และแบ่งชนิดของสัตว์น้ำตามลักษณะการกินอาหาร คือ ปลากินสัตว์ ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินพืช และกุ้ง เพื่อศึกษาว่ามีการถ่ายทอดสารปรอทผ่านห่วงโซ่อาหารหรือไม่ ดังได้รายงานสำหรับทะเลสาบแต่ละตอนไว้ในหัวข้อ 3.4 สำหรับภาพรวมของการปนเปื้อนเฉลี่ยของปรอทในสัตว์น้ำทั้งทะเลสาบสงขลาจำแนกประเภทตามลักษณะอาหารที่กิน สรุปไว้ในตารางที่ 3-14

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มปลาประเภทกินสัตว์เป็นอาหารจะสะสมสารปรอทในเนื้อเยื่อได้มากกว่าสัตว์น้ำประเภทอื่น เปรียบเทียบปริมาณการสะสมสารปรอทในสัตว์น้ำตามลักษณะการบริโภค พบว่ามีการสะสมปรอทในเนื้อเยื่อปลากินสัตว์ > ปลากินพืชและสัตว์ > ปลากินพืช ~ กุ้ง โดยปลากินสัตว์มีความแปรปรวนของปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อมากกว่าสัตว์น้ำประเภทอื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Lima *et al.* (2000) ซึ่งพบว่าในแม่น้ำ Tapajos ประเทศบราซิล มีการปนเปื้อนของปรอทในปลาประเภทกินสัตว์ > ปลากินพืชและสัตว์ > ปลากินพืช เช่นเดียวกัน สำหรับในประเทศไทย พบว่าการสะสมปรอทในอ่าวไทยตอนใน เป็นไปตามลำดับชั้นการบริโภคเช่นกัน กล่าวคือ ปลากินสัตว์ > ปลากินพืช > แพลงก์ตอนสัตว์ > แพลงก์ตอนพืช (ปิยะนารถ ตุ่มวอน, 2539) ทางชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกก็พบว่าการสะสมของปรอทเพิ่มขึ้นตามลำดับชั้นในห่วงโซ่อาหาร (วรวิทย์ ชีวาพร และคณะ, 2542)

ตารางที่ 3-14 ปริมาณเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และค่ามัธยฐานของปรอทในสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลา จำแนกประเภทตามลักษณะอาหารที่กิน

ประเภทสัตว์น้ำ	จำนวนตัวอย่าง	ปรอท (ng/g wet weight)		
		ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าปรอทเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน
ปลากินพืช	9	12-70	33 $\pm$ 32	17
ปลากินพืชและสัตว์	36	12-66	36 $\pm$ 22	33
ปลากินสัตว์	119	11-625	95 $\pm$ 108	68
กุ้ง	54	7-26	15 $\pm$ 7	12





รูปที่ 3-9 Box plot เปรียบเทียบค่ามัธยฐานและช่วงปริมาณปรอทที่สะสมในเนื้อเยื่อปลากินพืช ปลากินพืชและสัตว์ ปลากินสัตว์ และกุ้ง ที่จับจากทะเลสาบสงขลา

โดยธรรมชาติแล้ว ความเข้มข้นของสารปรอทที่สะสมอยู่ในสัตว์น้ำแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันขึ้นกับสภาวะทางสรีระวิทยา (physiological condition) ของสัตว์น้ำแต่ละชนิด ทั้งนี้เพราะสัตว์น้ำแต่ละชนิดเลือกรับ (uptake) ปรอทได้ไม่เท่ากัน สัตว์น้ำสามารถรับปรอทโดยการรับปรอทที่ละลายอยู่ในน้ำโดยตรงหรือจากการกินอาหารจึงทำให้ช่วงความเข้มข้นของปรอทที่สะสมอยู่ในสัตว์น้ำต่างชนิดกันแตกต่างกัน (Kehrig *et al.*, 1998) นอกจากนี้กลุ่มปลาประเภทกินสัตว์เป็นอาหารยังเป็นผู้บริโภคขั้นสุดท้าย (top predator) และอยู่ในระดับขั้นผู้บริโภค (trophic level) ที่สูงกว่าจึงมีการได้รับปรอทในน้ำและจากการกินอาหารได้มากกว่าสัตว์ประเภทอื่นในห่วงโซ่อาหาร (NOAA, 1996; Regine *et al.*, 2006; Afonso *et al.*, 2007; Voegborlo and Akagi, 2007) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางชีวภาพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เพศ อายุ พฤติกรรมการกินอาหาร (Jackson, 1998; Windom and Cranmer, 1998) อย่างไรก็ตามกลไกของการสะสมสารปรอทตามลำดับขั้นการบริโภคนี้ยังไม่ทราบแน่ชัด (Leady and Gottgens, 2001)

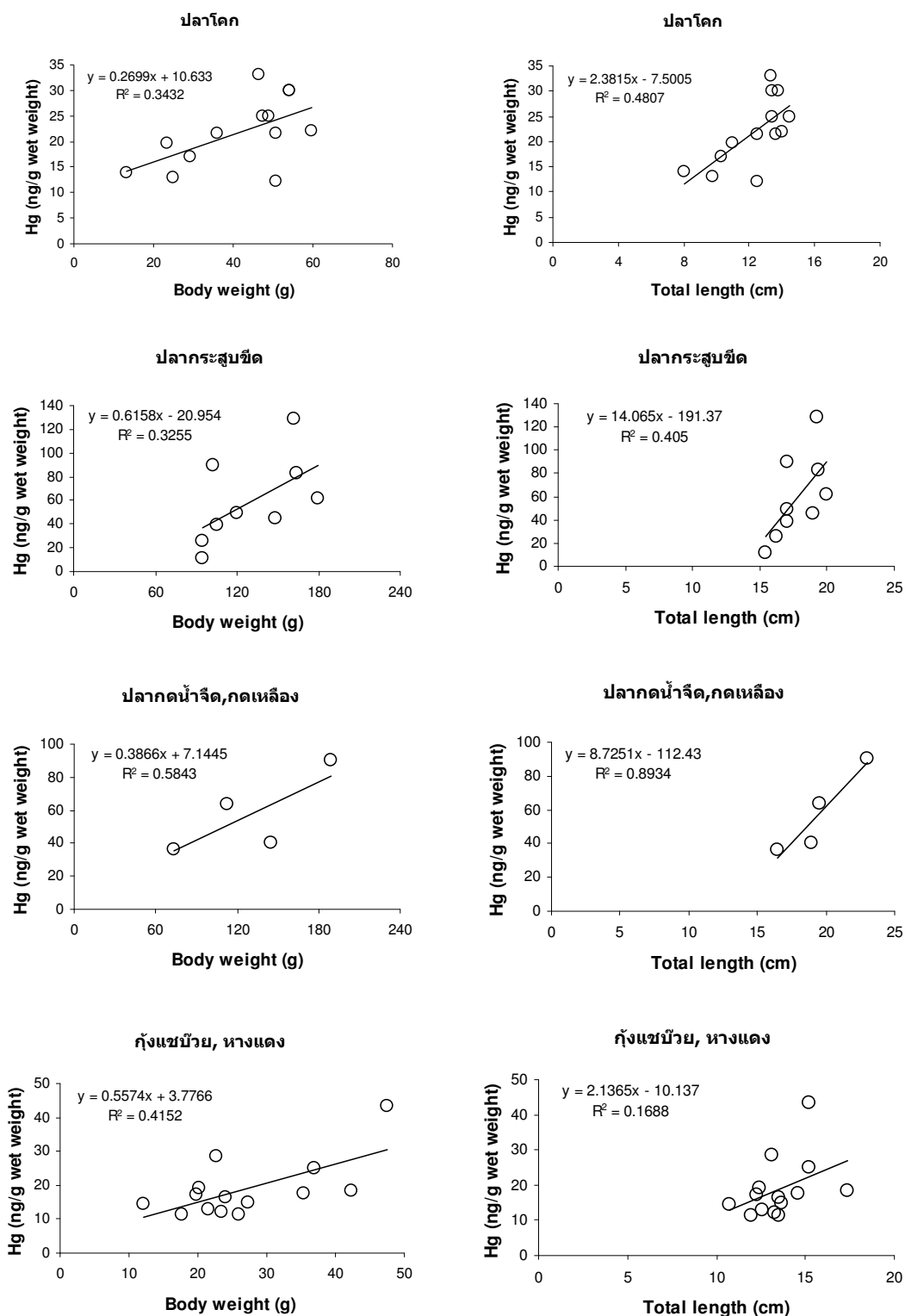
### 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัตว์น้ำ (น้ำหนัก, ความยาว) และปริมาณโปรตีนในสัตว์น้ำที่จับได้จากทะเลสาบสงขลา

ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัตว์น้ำ (น้ำหนักและความยาวลำตัว) กับการปนเปื้อนของโปรตีนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ เนื่องจากการศึกษาทั้งทะเลสาบสงขลา โดยสุ่มสัตว์น้ำทุกชนิดที่พบมากและมีการทำประมง ทำให้บางชนิดมีจำนวนตัวอย่างมากแต่บางชนิดมีจำนวนตัวอย่างน้อย ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะชนิดของสัตว์น้ำที่มีจำนวนตัวอย่างมากพอมาหาความสัมพันธ์ หากจำแนกตามลักษณะการกินอาหารของสัตว์น้ำ พบว่ามีสัตว์น้ำที่มีจำนวนมากพอและเห็นความสัมพันธ์ชัดเจน ประกอบด้วย

- ปลาประเภทกินพืชและสัตว์เป็นอาหาร ได้แก่ ปลาโลก และปลาดุกทะเล
- ปลาประเภทกินสัตว์เป็นอาหาร ได้แก่ ปลากดน้ำจืด (กดเหลือง) ปลากะสูบจืด ปลาทองเที้ยวเกล็ดใหญ่ ปลาสลาด และปลาหัวแข็งหนวดอ่อน
- กุ้ง ได้แก่ กุ้งกุลาดำ กุ้งแชบ๊วย (หางแดง) กุ้งกุลาลาย กุ้งตะกาด กุ้งตะกาดขาว กุ้งหัวมัน และ กุ้ง *M. elegans*

ผลการศึกษาพบว่า การสะสมของโปรตีนในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำชนิดเดียวกันมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและความยาวลำตัวของสัตว์น้ำ ดังรูปที่ 3-10 ซึ่งความสัมพันธ์เช่นนี้เห็นได้ในปลาที่จับจากอ่าวไทย (Windom and Cranmer, 1998) ปลา red mullet และ ปลา sole ซึ่งเป็นกลุ่มปลาประเภทกินสัตว์ (Kucuksezgin *et al.*, 2002) และกุ้ง Lobster (สัมพันธ์กับน้ำหนักตัว) (Renzoni *et al.*, 1998)

สำหรับกลุ่มปลาประเภทกินพืชเป็นอาหาร คือ ปลากระบอกขาว ปลากระบอกดำ และปลาพรหมหัวเหม็น ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัตว์น้ำกับปริมาณโปรตีนในเนื้อเยื่อ ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวอย่างในกลุ่มปลากินพืชเป็นอาหารที่นำมาวิเคราะห์มีขนาดใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของประไพศรี ธรฤทธิ์ (2546) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับขนาดของปลา (น้ำหนัก, ความยาว) ในกลุ่มปลากินพืชเป็นอาหารจากทะเลสาบสงขลาตอนนอก



รูปที่ 3-10 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัตว์น้ำ (น้ำหนัก, ความยาว) กับปริมาณปรอทในเนื้อเยื่อปลาโคก (ปลากินพืชและสัตว์) ปลากดน้ำจืด และปลากระสุนขีด (ปลากินสัตว์) และกุ้งแชบ๊วยที่จับได้จากทะเลสาบสงขลา

### 3.7 การประมาณค่าปริมาณปรอทที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย

แม้ว่าสัตว์น้ำในทะเลสาบสงขลาจะยังมีความเข้มข้นของปรอทในเนื้อเยื่อต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดขององค์การอนามัยโลก (WHO, 1976) และกระทรวงสาธารณสุข ประเทศไทย (2529) แต่เนื่องจากการสะสมของปรอทเพิ่มขึ้นในลำดับชั้นผู้บริโภคที่สูงขึ้น ซึ่งมนุษย์อยู่ในลำดับที่สูงที่สุด จากการวิเคราะห์หาปรอทในตัวอย่างปลาจากตลาดสงขลาและจากบริเวณรอบๆ แท่น “บงกช” ในอ่าวไทย โดย Windom และ Cranmer (1998) พบว่าปรอทในเนื้อเยื่อปลาในน่านน้ำไทย จะอยู่ในรูปปรอทอินทรีย์ (ซึ่งเป็นรูปแบบทางเคมีที่มีพิษสูง) มากกว่า 90% และ Menasveta (1993) รายงานว่าค่าเฉลี่ยในการบริโภคปลาของคนไทยอยู่ที่ 61 กรัมต่อวันต่อคน (น้ำหนักเฉลี่ย 60 กิโลกรัม) ดังนั้น หากมีการบริโภคสัตว์น้ำในปริมาณมากๆ และ/หรือ บริโภคอย่างต่อเนื่อง ปริมาณปรอทที่มีสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำ อาจไม่ได้สื่อถึงความเป็นพิษจากการได้รับและการสะสมปรอทอย่างต่อเนื่อง องค์การอนามัยโลก (WHO) จึงได้กำหนดปริมาณการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนปรอทในแต่ละสัปดาห์โดยใช้ค่า Provisional tolerate-weekly intake (PTWI) ว่าไม่ควรเกิน 3.3 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ ในรูปของปรอทอินทรีย์ (WHO, 2000) ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2546 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ/องค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) ได้ปรับลดค่า PTWI เป็น 1.6 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัม น้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสตรีมีครรภ์และเด็ก ส่วนผู้ใหญ่อาจรับได้มากกว่านี้ (JECFA, 2006)

จากค่า PTWI ที่แนะนำโดย FAO/WHO เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภคสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลา สำหรับคนน้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กิโลกรัม บริโภคสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลา ซึ่งมีปรอทปนเปื้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 100 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก และประมาณว่า 90% ของปรอทที่ปนเปื้อนในเนื้อเยื่อปลาอยู่ในรูปปรอทอินทรีย์ จะพบว่าสำหรับคนปกติที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม ไม่ควรบริโภคสัตว์น้ำจากทะเลสาบสงขลาเกินกว่า 1.07 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ หรือเฉลี่ยวันละ 150 กรัม ซึ่งประไพศรี ธรฤทธิ์ (2546) ก็ได้เคยคำนวณค่า PTWI ของปลาในทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ก็พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดโดย FAO/WHO เช่นกัน เช่นเดียวกับที่ วรวิทย์ ชีวาพร และคณะ (2542) และ Cheevaporn *et al.* (2000) คำนวณค่า PTWI สำหรับการบริโภคในสัตว์ทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก พบว่ายังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

การบริโภคปลาและอาหารทะเล เช่น กุ้ง ปู หอย และ หมีก ที่มีการปนเปื้อนปรอทในรูปปรอทอินทรีย์ จะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคในรูปแบบต่างๆ เช่น สตรีมีครรภ์ที่บริโภคปลาและอาหารทะเลที่มีการปนเปื้อนของปรอทจะส่งผลกระทบต่อระบบประสาทของเด็กในครรภ์ (Bjornberg *et al.*, 2005) ทั้งนี้ค่า PTWI สำหรับประเทศต่างๆ จะมีค่าแตกต่างกันในแต่ละประเทศ

เช่น PTWI ของประเทศเนเธอร์แลนด์ กำหนดว่าไม่ควรเกิน 0.1 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ โปรตุเกสกำหนดว่าไม่ควรเกิน 1.6 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ และฝรั่งเศสกำหนดว่าไม่ควรเกิน 0.3 ไมโครกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ต่อสัปดาห์ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การปนเปื้อนของปรอท และวิธีการบริโภคอาหารของประชากร (EFSA, 2004) ทั้งนี้ ความเสี่ยงที่เกิดจากการปนเปื้อนของสารปรอทที่ได้รับจากการบริโภคนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของสัตว์น้ำ ขนาดของสัตว์น้ำ พฤติกรรมของสัตว์น้ำ ความถี่ในการบริโภค เป็นต้น (EFSA, 2004; Falco *et al.*, 2006)