บทความเทคนิค

การหาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในสัตว์น้ำและสาหร่ายในทะเลสาบสงขลา ในเดือนธันวาคม 2538

The Determination of Arsenic and Heavy Metals in Aquatic Animals and Seaweed in Songkhla Lake in December 1995.

คำสำคัญ (Key word) : สารหนู, โลหะหนัก, สัตว์น้ำและสาหร่าย, ทะเลสาบสงขลา

ประดิษฐ์ มีสุข รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
สัชญา เบญจกุล นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)

Abstract

The aim of this research was to analyze the amount of arsenic and heavy metals in aquatic animals and seaweed in Songkhla Lake. Twenty-four samples of fish, prawn, mussel, crab and seaweed were collected from Songkhla Lake in December 1995. The samples were analyzed for the quantity of arsenic and heavy metals by means of atomic absorption spectrophotometry : direct aspiration technique for determination of lead, zinc and cadmiums, cold vapour technique for determination of mercury; and hydride generation technique for determination of arsenic.

The findings revealed that there were arsenic, lead, mercury, zinc and cadmium in giant seaperch ranging between 0-0.250, 0.163-1.985, 0-0.107, 0.094-1.881 and 0-0.010 ppm (μg/g) respectively. There were arsenic, lead, mercury, zinc and cadmium in gaint tiger prawn ranging between 0 - 0.150, 0 - 2.625, 0-0.015, 0.129-4.819 and 0-0.380 ppm respectively. There were arsenic, lead, mercury, zinc and cadmium in green mussel ranging between 0-1.750,1.548-1.985,0-0.021,2.634-4.573 and 0.041-0.343 ppm respectively. There were arsenic, lead, mercury, zinc and cadmium in serrated mud crab ranging between 0.150-2.265,1.260-2.008,0-0.038,0.311-0.719 and 0.018-0.348 ppm respectively. There were arsenic, lead, mercury, zinc and cadmium in seaweed, *Gracilaria fisheri* ranging between 0-1.250, 1.260-3.313, 0-0.069, 0.072-6.807 and 0-0.065 ppm respectively.

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในสัตว์น้ำและสาหร่ายจากทะเลสาบสงขลา โดยเก็บตัวอย่างปลา กุ้ง หอย ปู และสาหร่าย จากทะเลสาบสงขลา ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 จำนวน 24 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนัก ด้วยเทคนิควิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิตรีโดยใช้แบบพ่นสารโดยตรง (direct aspiration) สำหรับการวิเคราะห์ธาตุตะกั่ว สังกะสี และแคดเมียม แบบไอเย็น (cold vapor) สำหรับการวิเคราะห์ปรอทและแบบไฮไดรด์เจเนอเรชัน (hydride generation) สำหรับการวิเคราะห์สารหนู

ผลการวิเคราะห์พบว่ามีสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในปลากะพงขาว 0-0.250, 0.163-1.985, 0 - 0.107, 0.094 - 1.881 และ 0 - 0.010 ppm (μg/g) พบสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในกุ้งกุลาดำ 0-0.150, 0-2.625, 0-0.015, 0.129-4.819 และ 0-0.380 ppm ตามลำดับ พบสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในหอยแมลงภู่ 0-1.750, 1.548-1.985,

0-0.021, 2.634-4.573 และ 0.041-0.343 ppm. ตามลำดับ พบสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในปูทะเล 0.150-2.265, 1.260-2.008, 0-0.038, 0.311-0.719 และ 0.018-0.348 ppm ตามลำดับ พบสารหนู ตะกั่ว ปรอท สังกะสี และแคดเมียม ในสาหร่ายผมนาง 0-1.250, 1.260-3.313, 0-0.069, 0.072-6.807 และ 0-0.065 ppm ตามลำดับ

บทนำ (Introduction)

สารหนูและโลหะเป็นสิ่งเจือปนที่พบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งในดิน ในแม่น้ำ ลำคลอง ในทะเลและในมหาสมุทร รวมทั้งในสิ่งมีชีวิต เนื่องจากโลหะบางชนิด เช่น สังกะสี ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส จัดเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เป็นโคแฟก-เตอร์ของเอนไซม์ แต่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย และการสะสมของโลหะในสิ่งมีชีวิตมิได้จำกัดเฉพาะธาตุที่จำเป็นต่อขบวนการทางชีวเคมีของร่างกายเท่านั้น ยังรวมถึงสารหนูและโลหะชนิดอื่น เช่น ตะกั่ว แคดเมียม หรือปรอท ซึ่งยังไม่พบว่ามีความสำคัญในขบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายได้รับธาตุดังกล่าวจากสิ่งแวดล้อมสะสมถึงขนาดหนึ่งจะทำให้เกิดโรคพิษสารหนูและโลหะหนักดังกล่าวได้

ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลานับเป็นทรัพยากรอันล้ำค่าของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ทางฝั่งตะวันออกของคาบสมุทรทางตอนใต้ของประเทศ มีเนื้อที่ประมาณ 9,000 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 1 ล้านไร่ ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา ทะเลสาบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ทะเลสาบตอนนอก ทะเลสาบตอนในและทะเลน้อย มีระบบนิเวศที่ให้ผลผลิตทั้งพืชและสัตว์นานาชนิด สำหรับเลี้ยงชีวิตประชากรประมาณ 1.5 ล้านคน ที่อาศัยอยู่รอบลุ่มน้ำทะเลสาบแห่งนี้ ปัญหาของชาวทะเลสาบนับวันจะเพิ่มมากขึ้นทุกที เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การขยายตัวของเมืองหลัก การสร้างท่าเรือน้ำลึก และการขยายตัวของอุตสาหกรรม ซึ่งล้วนก่อให้เกิดปัญหามลภาวะแก่ทะเลสาบเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีแหล่งน้ำเสียจากชุมชน และจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยลงสู่ทะเลสาบมากขึ้น จึงเกิดปัญหามลพิษเฉพาะบางบริเวณในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ประดิษฐ์ มีสุข และเสาวนี โพชนุกูล[1] ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลาจุดที่มีน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและอุตสาหกรรม เมื่อปี พ.ศ. 2534 พบว่ามีทองแดง ตะกั่ว และปรอทเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบ

ปัจจุบันพบว่าการปนเปื้อนของสารหนูและโลหะในสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และค่าความเข้มข้นของสารหนูและโลหะที่สะสมในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โลหะตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสังกะสีในสัตว์ทะเลจำพวก ปลา กุ้ง หอย ปู น่าจะมีค่าสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ปริมาณโลหะที่สะสมในสัตว์ทะเลที่ค่อนข้างสูงอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ผู้บริโภคสัตว์ทะเลนั้นเป็นอาหารได้ เพราะโลหะส่วนใหญ่จะมีผลต่อระบบการทำงานของร่างกาย ระบบหายใจ ระบบทำงานของอวัยวะภายในและระบบประสาท ซึ่งจะทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย เป็นง่อย หรือเป็นอัมพาต และอาจเสียชีวิตได้ในที่สุด

ผลิตผลจากทะเลสาบสงขลาที่เป็นอาหารที่สำคัญ ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลาและสาหร่าย โดยเฉพาะบริเวณเกาะยอมีการเลี้ยงปลากะพงขาวจำนวนมาก มีการประกอบอาชีพประมงเป็นส่วนใหญ่ สัตว์น้ำที่เลี้ยงและจับได้นับเป็นอาหารประเภทโปรตีนที่สำคัญของประชากรในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาและเมืองใกล้เคียง จึงควรศึกษาค้นคว้าหาปริมาณสารหนูและโลหะหนักในสัตว์น้ำและสาหร่ายจากทะเลสาบสงขลา ว่าเกินมาตรฐานกำหนดหรือไม่ จะได้หาทางแก้ไขและระมัดระวังในการบริโภคผลิตภัณฑ์ดังกล่าว อันเป็นการป้องกันการเกิดโรคพิษโลหะหนักในประชาชนต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เมื่อปี พ.ศ. 2528 เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และวรวิทย์ ชีวาพารานาพิวัฒน์[2] วิเคราะห์หาระดับการสะสมตัวของโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง แคดเมียม และปรอท ในหอยแมลงภู่ ปลากระบอก และดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยาและบางปะกง พบว่าบริเวณปากแม่น้ำทั้งสี่สายมีโลหะหนักทั้ง 5 ชนิด เจือปนในระดับต่างกันและพบตะกั่วสะสมในหอยแมลงภู่ ปลากระบอกและดินตะกอน ในระดับสูง การสะสมของโลหะอื่นอีกสี่ชนิดยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อปี พ.ศ. 2529 Y. Yamaoka และ O. Takimura[3] ศึกษาปริมาณสารหนูในสาหร่ายทะเล โดยทั่วไปน้ำทะเลจะมีสารหนูอยู่ระหว่าง 1-1.5 $m\mu g/l$ และพบว่าในสาหร่ายทะเลมีสารหนูมากกว่าในน้ำทะเลกว่า 100 เท่า และในปีเดียวกัน ฉรงค์ ณ เชียงใหม่[4] ได้วิเคราะห์หาปริมาณปรอทในสัตว์น้ำบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง จำนวน 61 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบการปนเปื้อนของสารปรอทในทุกตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละร้อย ระดับความเข้มข้นของสารปรอท ในเนื้อเยื่อของสัตว์น้ำเฉลี่ย 0.108 mg/kg และพบว่าปริมาณสารปรอทเกิน 0.1 mg/kg ร้อยละ 45 การศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นของปรอทเกินมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก ปี พ.ศ. 2530 แววตา ทองระอา[5] และคณะ

ศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิด (ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี ทองแดง และปรอท) ในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก พบปริมาณตะกั่ว สะสมในปลา ปลาหมึก ปูม้า กั้งตั๊กแตน หอยนางรม และกุ้ง เกินมาตรฐานกำหนด

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

สถานที่ทำการทดลองและเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างปลากะพงขาวที่เลี้ยงที่บริเวณเกาะยอและสทิงหม้อ ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2538 รวม 5 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างกุ้งที่จับได้จากทะเลสาบสงขลา 5 ตัวอย่าง ปู 4 ตัวอย่าง หอยแมลงภู่ 4 ตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างสาหร่ายผมนาง 6 ตัวอย่าง รวม 24 ตัวอย่าง แล้วนำมาทดลองวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะหนักที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้

วิธีทดลอง

การย่อยสารตัวอย่างด้วยวิธีเถ้าแห้ง (dry ashing) สำหรับการวิเคราะห์ As, Pb, Cd, และ Zn โดยการชั่งสารตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 40 กรัม ในถ้วยกระเบื้อง เติมสารละลายแมกนีเซียมไนเตรต ผสมให้เข้ากัน นำไประเหยบนแผ่นร้อนจนแห้ง แล้วนำไปเผาต่อบนตะเกียงบุนเสนจนหมดควัน จากนั้นนำไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดไนตริก 20 เปอร์เซนต์ 20 มล. อุ่นให้เถ้าละลาย กรองผ่านกระดาษกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปสกัดด้วยสารรบกวนก่อนนำไปวัดหาปริมาณสารหนู โดยวิธีไฮไดรด์ เจเนอเรชัน[6] ตะกั่ว แคดเมี่ยม และสังกะสี โดยวิธีพ่นสารโดยตรง[7]

การย่อยตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปรอท ด้วยการชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดประมาณ 4 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมกรดซัลฟูริก 5 มล. ให้ความร้อนบนแผ่นร้อนจนตัวอย่างย่อยสลายหมด เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจนตัวอย่างออกซิไดส์สมบูรณ์ เติมสารละลายไฮดรอกซีลามีนไฮโดรคลอไรด์เพื่อรีดิวส์เปอร์แมงกาเนตที่มากเกินพอ ปรับปริมาณเป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น เติมสแตนนัสคลอไรด์ 2 มล. แล้วนำไปวัดหาปริมาณปรอทโดยให้เทคนิคแบบไอเย็น[8]

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองได้แก่ เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โมเดล AA-680 ของ ชิมาดสุ (Shimadsu) ไฮโดรด์เจเนอเรเตอร์ โมเดล HVG-1 เตาอบ โมเดล 6-1350A แผ่นร้อน กรวยแยก ตะเกียงบุนเสน ถ้วยกระเบื้อง และขวดวัดปริมาตรขนาดต่างๆ

เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างแล้ว นำไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในตัวอย่างได้จากสมการ

$$\text{Actual Conc.(ppm)} = \text{Conc.(ppm)} \times M \times L/W$$

เมื่อ Conc คือ ความเข้มข้นที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

M คือ dilution factor

L คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่าง (ml)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่งมา (g)

ผลการทดลองและอภิปรายผล (Results and Discussion)

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูและโลหะตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และปรอท ในปลา กุ้ง หอย ปู และสาหร่าย ในสารตัวอย่างแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงปริมาณของโลหะหนักในตัวอย่างสัตว์น้ำและสาหร่ายจากทะเลสาบสงขลา หน่วย ppm

ประเภท	As	Pb	Cd	Zn	Hg
ปลากะพงขาว	0-0.250	0.163-1.985	0-0.010	0.094-1.881	0-0.107
กุ้งกุลาดำ	0-0.150	0-2.625	0-0.380	0.129-4.819	0-0.015
หอยแมลงภู่	0-1.750	1.548-1.985	0.040-0.343	2.634-4.573	0-0.021
ปูทะเล	0.150-2.265	1.260-2.008	0.018-0.348	0.311-0.719	0-0.038
สาหร่ายผมนาง	0-1.250	1.260-3.313	0-0.065	0.072-6.807	0-0.069

อภิปรายผล

1. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสารหนูและโลหะหนักที่สะสมในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแต่ละประเภทพบว่ามีปริมาณแตกต่างกันดังนี้

- ปลากะพงขาวและสาหร่ายผมนาง สะสมตะกั่วสูงกว่าสังกะสี สารหนู ปรอท และแคดเมียม ตามลำดับ
- กุ้งและหอยแมลงภู่ สะสมสังกะสีสูงกว่าตะกั่ว สารหนู แคดเมียมและปรอท ตามลำดับ
- ปูทะเลสะสมสารหนู ตะกั่ว ปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งสูงกว่าสังกะสี แคดเมียม และปรอท

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณสารหนูและโลหะหนักที่สะสมในผลิตตัวอย่างประเภทต่าง ๆ พบว่ามีปริมาณแตกต่างกันดังนี้

- สารหนูสะสมในปูทะเลสูงกว่าหอยแมลงภู่ สาหร่าย กุ้ง และปลากะพงขาว ตามลำดับ
- ตะกั่วสะสมในสาหร่ายสูงกว่าในปูทะเล กุ้ง และปลากะพงขาว ตามลำดับ
- สังกะสีสะสมในหอยแมลงภู่ สูงกว่าสาหร่าย กุ้ง ปลากะพงขาว และปูทะเล ตามลำดับ
- ปรอทสะสมในปลากะพงขาวสูงกว่าสาหร่าย ปูทะเล หอยแมลงภู่ และกุ้ง ตามลำดับ
- แคดเมียมสะสมในหอยแมลงภู่สูงกว่าในปูทะเล กุ้ง สาหร่ายและปลากะพงขาว ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะแต่ละชนิดที่สะสมในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแต่ละประเภทพบว่าแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความสามารถในการสะสมโลหะแต่ละชนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้ในผลิตภัณฑ์ตัวอย่างประเภทเดียวกัน มีปริมาณการสะสมโลหะหนักแตกต่างกัน อาจเนื่องมากจากความแตกต่างในเรื่องอายุ ลักษณะนิสัยการกินอาหาร ความสามารถในการดูดซึมเพื่อเก็บสะสมในกล้ามเนื้อ ตลอดจนความแตกต่างในสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของสารหนูและโลหะหนักในแหล่งนั้นในปริมาณแตกต่างกัน[8]

3. เปรียบเทียบสารหนูและโลหะหนักที่สะสมในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลาประเภทต่าง ๆ กับค่ามาตรฐานกำหนด (ปริมาณสังกะสี ไม่เกิน 100 mg/kg สารหนู ไม่เกิน 2 mg/kg ตะกั่ว ไม่เกิน 1 mg/kg และปรอท ไม่เกิน 0.5 mg/kg) พบว่า ตะกั่ว มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานกำหนดทั้งในสาหร่าย หอยแมลงภู่ ปูทะเล กุ้ง และปลากะพงบางตัวอย่างไม่ปลอดภัยต่อการบริโภคซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ แววตา ทองระอา[10] ที่ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก พบว่าปริมาณตะกั่วเกินกว่ามาตรฐานกำหนด สารหนูมีปริมาณเกินค่ามาตรฐานกำหนดในปูทะเลบางตัวอย่าง ซึ่งไม่สู้ปลอดภัยต่อการบริโภค ส่วนปรอท สังกะสี และแคดเมียม มีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด จึงปลอดภัยต่อภาวะการบริโภคในปัจจุบัน

แหล่งของตะกั่วอาจมาจากแบตเตอรี หมึกพิมพ์ สารต้านการนอคในน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งน้ำทิ้งจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมรอบทะเลสงขลา ซึ่งก่อให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำและทะเลสาบเกินมาตรฐานกำหนด[11] และสะสมในพืชและสัตว์น้ำได้ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลาทุกประเภทที่ศึกษา ได้แก่ สาหร่าย หอยแมลงภู่ ปูทะเล กุ้ง และปลากะพงขาว มีปริมาณตะกั่วสะสมเกินมาตรฐานกำหนดเล็กน้อย (เกินกว่า 1 mg/kg) ต้องระมัดระวังในการบริโภค และควรได้รับการติดตามตรวจสอบอยู่เสมอ

2. ควรหาทางป้องกันการปนเปื้อนของสารหนูและโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่วด้วยการควบคุมหรือกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแท้จริงรวมทั้งอาจใช้วิธีเรซินดูดซับโลหะหรือการตกตะกอนเพื่อป้องกันการสะสมในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลา

3. เนื่องจากทะเลสาบสงขลาเป็นลากูน มีทางออกสู่ทะเล ดังนั้น ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผลิตภัณฑ์จากทะเลสาบสงขลาอาจมีผลกระทบมาจากปริมาณน้ำทะเลที่ไหลเข้าสู่ทะเลสาบสงขลาได้ จึงควรศึกษาปริมาณโลหะหนักเหล่านี้ในบริเวณชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยเพื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาครั้งนี้

4. ควรศึกษาอย่างต่อเนื่องและเพิ่มชนิดตัวอย่างผลิตภัณฑ์ในการศึกษา เช่น ปลาทุกชนิด กุ้งทุกชนิด หอยทุกชนิด ปูทุกชนิด และสาหร่ายทุกชนิด ที่ใช้เป็นอาหารเพื่อเปรียบเทียบกัน ซึ่งได้ข้อมูลที่กว้างขวางมากขึ้น รวมทั้งเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างให้คลอบคลุมพื้นที่ทะเลสาบสงขลา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเสนอแนะผู้บริโภคได้อย่างกว้างขวาง

ประกาศคุณูปการ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.สัมพันธ์ พลันสังเกตุ คุณวรากร วิศพันธุ์ และคุณจตุรงค์ กีระนันท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาควบคุมดูแลในการปฏิบัติการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมืออะตอมมิกแอบ-ซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ไฮไดรด์เจเนอเรเตอร์ และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ โครงการบริการวิชาการมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ช่วยสนับสนุนให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

การอ้างอิง (Reference)

7,8 ณรงค์ ไชยสุต. 2533. **วิธีวิเคราะห์โดยอุปกรณ์** : 376-377.

4 ณรงค์ ณ เชียงใหม่, 2530, อุบัติการของปรอทในอ่าวไทยตอนล่าง, **การอนามัยและสิ่งแวดล้อม** 10(1) :35-43.

1,11 ประดิษฐ์ มีสุข และเสาวนี โพชนุกูล. 2536. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลสาบสงขลา. **วารสารปาริชาต** 7(1) :6-9.

2 เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต และวรวิทย์ ชีวาพาราพิวัฒน์. 3531. การสะสมของโลหะหนัก, DDT, และ PCBs ในหอยแมลงภู่ ปลากระบอก และดินตะกอนของบริเวณปากแม่น้ำทั้งสี่แห่งของประเทศไทย, **วิทยาศาสตร์-มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**, 1(1) :37-47.

9 พัชรา เพ็ชรพิรุณ. 2537. การสะสมของโลหะปริมาณน้อยในสัตว์ทะเลชนิดที่จับได้บริเวณอ่าวระยอง, **วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม**, 10(2) : 42-47.

5,10 แววตา ทองระอา. 2535. การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในสัตว์ทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก, **ข่าวสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ**, 33(357) : 10-11.

6 Robert Danby and Stewart. 1990. **GBC H 300. Automatic Hydride Generator Operation Mannual**, :4-6.

3 Yamaoka Y. and Takimura O. 1986, Marine algae resistant to Inorganic arsenic. **Agri. Biol. Chem.**, 50(1) : 185-186.