

Research Article

COPPER CADMIUM AND ZINC ACCUMULATION IN INTERNAL ORGANS OF
SHORT-BODIED MACKEREL (*Rastrelliger brachysoma*) AND SHRIMP SCAD
(*Alepes djedaba*) FROM BAN BANG BO, SAMUT SONGKHRAM PROVINCE

ปริมาณทองแดง แคดเมียม และสังกะสีที่สะสมในอวัยวะภายในของปลาทุ
(*Rastrelliger brachysoma*) และปลาตีนก้ามดำ (*Alepes djedaba*)
จากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม

Received: January 20, 2026

Revised: February 16, 2026

Accepted: February 26, 2026

Piched Anuragudom¹ Siraphapha Premcharoen² Jenjira Mangchuphan¹ and Veeramol Vailikhit^{1*}

พิเชษฐ อนุรักษอุดม¹ ศิริประภา เปรมเจริญ² เจนจิรา มังชูปันธุ์¹ และ วีระมล ไวลิขิต^{1*}

¹Sustainable Chemistry Research Unit, Department of Physical University, Kamphaeng and Material Sciences, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart -Saen, Nakhon-Pathom 73140

²Department of Science and Bioinnovation Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng-Saen, Nakhon-Pathom 73140

¹หน่วยวิจัยเคมีแบบยั่งยืน ภาควิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวัสดุศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

*Corresponding Author, E-mail: veeramol.v@ku.ac.th

Abstract

The accumulation of copper (Cu), cadmium (Cd) and zinc (Zn) in the internal organs including the stomach, liver, kidney, and gonad of Short-bodied mackerel (*Rastrelliger brachysoma*) and Shrimp scad (*Alepes djedaba*) caught from Ban Bang Bo, Samut Songkhram Province, in April 2023 were analysed. A total of 12 Short mackerel and 21 Shrimp scad were collected and conducted using ICP-OES. The results revealed that Cu and Cd were most concentrated in the liver of Short mackerel, with levels of 9.27 ± 0.01 mg/kg and 1.95 ± 0.06 mg/kg respectively. Zn was found in the highest concentration in the gonad of Shrimp scad (209.11 ± 0.01 mg/kg). The accumulation levels of Cu were below the standard limits. However, Cd in liver of Short Mackerel and Zn in all samples exceeded the permissible limits set by the Ministry of Public Health, the World Health Organization

(WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO). The accuracy and precision of the heavy metal analysis were validated, with a recovery percentage ranging from 87.95% to 95.36%, which falls within the acceptable range.

Keywords: Copper, Cadmium, Zinc, Short-bodied mackerel, Shrimp scad

บทคัดย่อ

ปริมาณโลหะหนักทองแดง แคดเมียม และสังกะสี ที่สะสมในอวัยวะภายใน ได้แก่ กระเพาะ ตับ ไต และอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาหู (Rastrelliger brachysoma) และปลาสิ่กุนแก้มดำ (Alepes djedaba) ที่จับได้จากบริเวณบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนเมษายน พ.ศ.2566 จากตัวอย่างปลาหูจำนวน 12 ตัว และปลาสิ่กุนแก้มดำจำนวน 21 ตัว ได้ถูกวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค ICP-OES ผลจากการวิเคราะห์พบว่าทองแดง และแคดเมียม พบมากสุดในตับปลาหู 9.27 ± 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ 1.95 ± 0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ สังกะสีพบมากสุดในอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาสิ่กุนแก้มดำ (209.11 ± 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณการสะสมของทองแดง ที่ได้จากการศึกษาต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในตับปลาหู และสังกะสีในทุกตัวอย่างสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลก และองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ วิธีการวิเคราะห์หาโลหะหนักนี้แสดงความถูกต้องและความแม่นยำโดยแสดงร้อยละการคืนกลับในช่วงร้อยละ 87.95-95.36 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ

คำสำคัญ: ทองแดง แคดเมียม สังกะสี ปลาหู ปลาสิ่กุนแก้มดำ

บทนำ (Introduction)

จังหวัดสมุทรสงครามเป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณนี้ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมประเภทแปรรูปอาหารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมประมง นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยานพาหนะและอุปกรณ์ และโรงงานอุตสาหกรรมผลิตโลหะ (ชัยพฤกษ์, 2553, p. 40) อีกทั้งมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและแหล่งที่อยู่อาศัยในบริเวณนี้ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทำเกษตรกรรมและการประมง สำหรับพื้นที่บ้านบางบ่อ ตำบลบางแก้ว ประชากรส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 50 มีอาชีพหลักคือการประมงชายฝั่งขนาดเล็กและจับสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในภาคอุตสาหกรรมนั้นส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการประมง ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตน้ำปลา อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ (ศุภกาญจน์, 2565, pp. 4-9) เมื่อมีการทิ้งขยะจากอุตสาหกรรมอาจมีผลทำให้สารพิษและโลหะหนักปนเปื้อนในธรรมชาติ และส่งผลกระทบต่อทรัพยากรชายฝั่งและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่

โลหะหนักมีโอกาสนปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ในน้ำ และในดินทำให้มีโอกาที่จะพบโลหะบางชนิดในสิ่งมีชีวิต และถ่ายทอดไปยังห่วงโซ่อาหารได้ เมื่อคนได้รับโลหะหนักในปริมาณมากเกินกว่าที่ร่างกายจะกำจัดออกได้ก็จะทำให้เกิดเป็นพิษ เช่น แคดเมียมจะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ ปวดกระดูก เบื่ออาหาร โลหิตจาง มีการอักเสบของระบบทางเดินหายใจ และเป็นโรคอิตาลี ทองแดง และสังกะสี ถึงแม้จะเป็นส่วนประกอบสำคัญของเอนไซม์ และเกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนที่ควบคุมการทำงาน การเจริญเติบโต แต่หากสะสมในร่างกายมากเกินไปก็ก่อให้เกิดพิษได้ เช่น ทองแดงส่งผลให้ความดันโลหิตต่ำ ตับไม่ทำงาน และอาจทำ

ให้เสียชีวิตได้ (ธีรนาถ, 2563, pp. 77-79) สังกะสีสัมพันธ์กับการเกิดโรคติดเชื้อ และสาเหตุการตายในทารกและเด็กเล็ก (สำนักโภชนาการ, 2553, pp. 1-2) เป็นต้น

ปลาเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อมนุษย์ที่อุดมไปด้วยโปรตีนสูง อีกทั้งปลายังเป็นดัชนีชี้คุณภาพในแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำจึงสามารถที่จะตรวจสอบหรือประเมินได้จากปลาที่นำมาบริโภค ซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการดูดซึมโลหะ ได้แก่ ชนิดของปลา พฤติกรรมการกินอาหาร อายุ เพศ ขนาดของปลา และแหล่งที่ปลาอาศัย (Rajeshkumar and Li, 2018, pp.288-289)

ปลาหู (Short-bodied mackerel) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rastrelliger brachysoma* และปลาสีกุนแก้มดำ (Shrimp scad) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Alepes djedaba* เป็นปลาที่นิยมบริโภคจึงเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อภาคประมงของประเทศไทย มีการแพร่กระจายทั่วไปบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งน้ำตื้น ปลาทั้งสองเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญ เช่น กรดอะมิโน แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบีสอง และวิตามินดี เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2561, pp. 63-71)

สำหรับการบริโภคปลาในประเทศไทยไม่เพียงแต่เนื้อปลาท่อนั้น อวัยวะภายในของปลาเช่น กระเพาะไส้ ตับ ไต ก็นิยมนำมาบริโภค เช่น การทำไตปลา ซึ่งเป็นอาหารที่นิยมทางภาคใต้ของประเทศไทยทำจากการหมักดองไส้ในของปลาซึ่งเป็นอวัยวะภายในโดยรวม หรืออวัยวะสืบพันธุ์ปลาก็ถูกนำมาบริโภคเช่นกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณทองแดง แคดเมียม และสังกะสีในอวัยวะภายในของปลา โดยแยกออกเป็น กระเพาะ ตับ และ ไต รวมถึงอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาหู และปลาสีกุนแก้มดำ เพื่อนำข้อมูลพื้นฐานจากการศึกษาครั้งนี้มาประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคปลาที่อาจมีสารปนเปื้อนจากโลหะหนักและเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการแหล่งน้ำในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักคือทองแดง แคดเมียม และสังกะสี ในอวัยวะภายในส่วนต่างๆ ของปลาหู และปลาสีกุนแก้มดำ จากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม และนำผลเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในอาหาร ตามกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลก the World Health Organization (WHO) และองค์การอาหาร และการเกษตรแห่งสหประชาชาติ the Food and Agriculture Organization (FAO)

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง

จับปลาทั้ง 2 ชนิด โดยการใช้อวนลอย จากบริเวณบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 นำตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด คือปลาหู 12 ตัว และปลาสีกุนแก้มดำ 21 ตัว เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาทำให้ละลายจากนั้นทำการเก็บข้อมูลโดยการ วัดขนาด ความยาว และชั่งน้ำหนัก ทำการผ่าด้วยอุปกรณ์ผ่าตัดแยกเอาอวัยวะส่วนต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์ผ่าตัด ได้แก่ กระเพาะ ตับ ไต และอวัยวะสืบพันธุ์ นำแต่ละส่วนไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105-107 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำแต่ละส่วนที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วประมาณ 0.2xxx กรัม เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10.0 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.0 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 180.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40-55 นาที ด้วยเครื่อง Microwave Digestion ยี่ห้อ Sineo รุ่น TANK ECO จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ทำการปรับปริมาตรสารละลายโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตร ในน้ำปราศจากไอออนให้ได้ปริมาตรสุทธิ 50.00 มิลลิลิตร

วิเคราะห์ทองแดง แคดเมียม และสังกะสีด้วย Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) PerkinElmer รุ่น Optima2000DV โดยทำการสร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 0.012, 1.00, 2.5, 10.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ใน กรดไนตริกเข้มข้นร้อยละ 2 โดยปริมาตรในน้ำปราศจากไอออน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะ ทั้งนี้กราฟมาตรฐานที่ใช้ต้องมีค่า R^2 ไม่น้อยกว่า 0.995

การวิเคราะห์ร้อยละการคืนกลับ (%Recovery)

การวิเคราะห์ความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีที่ใช้ทดสอบ ทำโดยการเติมสารมาตรฐานโลหะหนักลงในตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.2xxx กรัม จากนั้นทำการย่อยด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนของการย่อยตัวอย่างข้างต้น (ความเข้มข้นสุดท้ายของสารมาตรฐานที่ได้คือ 5.00 ppm) รายงานเป็นค่าร้อยละการคืนกลับ (%Recovery) จากค่าที่วัดได้ของความเข้มข้นของตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐาน และตัวอย่างที่ไม่ได้เติมสารมาตรฐาน โดยค่าร้อยละการคืนกลับที่ยอมรับได้คือร้อยละ 85-115 คำนวณได้จากสมการที่ 1 และค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนักแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 1

$$\text{ร้อยละการคืนกลับ} = \frac{(\text{ตัวอย่างที่เติมสารมาตรฐาน}) - (\text{ตัวอย่างที่ไม่เติมสารมาตรฐาน} \times 100)}{[\text{สารมาตรฐานที่เติม}]} \quad (1)$$

Table 1 ค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนัก (%Recovery of heavy metals)

Heavy metals	%Recovery
Cu	87.95
Cd	90.23
Zn	95.36

ซึ่งค่าร้อยละการคืนกลับของแคดเมียม ทองแดง และสังกะสีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในช่วงของเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 88-95 แสดงให้เห็นว่า เครื่องมือวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ทดสอบ มีความแม่นยำ ถูกต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และมีความน่าเชื่อถือ

การวิเคราะห์ค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด Limit of detection (LOD)

ขีดจำกัดของการตรวจวัดโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ทำโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ 8 สารละลายที่ไม่มีตัวอย่าง (Blank) ที่ผ่านการเตรียมเหมือนตัวอย่าง โดย LOD คำนวณได้จากสมการที่ 2 และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัดโลหะหนักแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 2

$$\text{LOD} = \bar{x} \pm 3(\text{SD}) \quad (2)$$

Table 2 กราฟมาตรฐานของโลหะหนักช่วงความเข้มข้น 0.012-10.00 ppm และค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Standard curves of heavy metals in 0.012-10.00 ppm range and; LOD)

Heavy metals	λ (nm)	R ²	LOD (mg/kg)
Cu	327.393	0.998	1.02
Cd	214.440	0.995	1.12
Zn	213.857	0.995	2.02

โดยจากการวัด และคำนวณค่า LOD ของทั้งทองแดง แคดเมียม และสังกะสีตามความยาวคลื่นที่กำหนด พบว่ามีค่า LOD เท่ากับ 1.02 1.12 และ 2.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งประกาศค่ามาตรฐานองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติร่วมกับองค์การอนามัยโลกสำหรับทองแดง คือ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สังกะสี คือ 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแคดเมียม 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามค่ามาตรฐานตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 414 ปี 2563

Table 3 ค่ามาตรฐานของปริมาณโลหะหนักที่ยอมให้มีได้ในอาหารตามมาตรฐานสาธารณสุขขององค์การอาหารและยาต่างๆ (The permissible limits set by the organizations)

Heavy metals	Limits set (mg/kg)	Organizations
Cu	30	The World Health Organization (WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO)
Cd	1	the Ministry of Public Health
Zn	50	The World Health Organization (WHO), and the Food and Agriculture Organization (FAO)

ผลการวิจัย (Results) และอภิปรายผล (Discussions)

จากตัวอย่างปลาทุจำนวน 12 ตัว น้ำหนักตัวระหว่าง 55.90-109.15 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย 77.65 กรัม ความยาวระหว่าง 16.80-19.50 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 18.30 เซนติเมตร ปลาสีกุนแก้มดำจำนวน 21 ตัว น้ำหนักตัวระหว่าง 34.40-92.10 กรัม น้ำหนักเฉลี่ย 60.92 กรัม ความยาวระหว่าง 12.50-22.00 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ย 17.70 เซนติเมตร ค่าปริมาณโลหะที่พบจะรายงานในหน่วยของความเข้มข้น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง

ทองแดง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองแดงในอวัยวะภายในได้แก่ กระเพาะ (7.10±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตับ (9.27±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ไต (7.60±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ของปลา พบว่าทองแดงมีการสะสมในตับปลาสูงที่สุด และมากกว่าอวัยวะสืบพันธุ์ (2.94±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในทำนองเดียวกันกับปลาสีกุนแก้มดำ ได้มีการตรวจพบปริมาณทองแดงในกระเพาะ (5.37±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตับ (4.40±0.07 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ไต (7.65±0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งมากกว่าอวัยวะสืบพันธุ์ (2.69±0.08 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ดังแสดงในตารางที่ 4

สำหรับมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารนั้น ในอดีตประเทศไทยได้เคยมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ถูกยกเลิกตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 ปี 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร ปี 2522 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม ปี 2563 สำหรับค่ามาตรฐานต่างประเทศ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ร่วมกับองค์การอนามัยโลก กำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของทองแดงในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณทองแดงที่พบมากที่สุดในตับปลา ยังคงมีปริมาณต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด

แคดเมียม

จากผลการศึกษาไม่พบปริมาณแคดเมียมในทุกตัวอย่าง (น้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ยกเว้น ตับปลาที่ตรวจพบที่ 1.95±0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 ปี 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน บัญชีหมายเลข 1 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดค่าปริมาณสูงสุดของแคดเมียมในปลา เฉพาะส่วนที่บริโภคได้ให้มีปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จึงควรต้องมีความระมัดระวังการบริโภคในส่วนของอวัยวะภายในปลา ซึ่งหากบริโภคอวัยวะภายในปลา เช่น แกงไตปลา หรือตับปลาเป็นประจำ อาจทำให้เกิดโรคพิษจากแคดเมียม ที่เรียกว่า โรคไต อีไต นอกจากนี้ Bashir *et al.* (2013) พบว่าในตับของปลาริวทิว (*Arius thalassinus*) และปลาจวด (*Johnius belangerii*) ที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่ง Kaper และ Mersing ประเทศมาเลเซีย มีการสะสมแคดเมียมสูงกว่าในเหงือก และในเนื้อ ซึ่งตับเป็นอวัยวะที่อยู่ภายในช่องท้อง และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิต (Site of metabolism) เนื่องจากในตับมีโปรตีน Metallothionein ทำหน้าที่ในการเก็บและกำจัดโลหะหนัก (Bashir *et al.*, 2013, pp. 375-370) และภายในช่องท้องยังมีอวัยวะอื่นอีก เช่น ไต เป็นอวัยวะหลักในการสะสมแคดเมียมของสัตว์ทะเล เนื่องจากเป็นอวัยวะสำคัญที่ช่วยในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และกระเพาะอาหารที่เป็นอวัยวะในการรับสิ่งปนเปื้อนที่มาจากอาหารที่สัตว์ทะเลกินเข้าไป ซึ่งทั้งสองอวัยวะนี้ถือเป็น Site of metabolism ของปลาเช่นเดียวกัน และสามารถใช่เป็นตัวชี้วัดการสัมผัสแบบติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน (Chronic exposure) ของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมได้ (Kamaruzzaman *et al.*, 2010, pp. 158-159)

สังกะสี

ในอดีตประเทศไทยได้เคยมีการกำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของสังกะสีในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ถูกยกเลิกตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 ปี 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร ปี 2522 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม ปี 2563

สำหรับค่ามาตรฐานต่างประเทศ องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ร่วมกับองค์การอนามัยโลก กำหนดมาตรฐานการปนเปื้อนของสังกะสีในอาหารได้สูงสุดไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Bhupander and Mukherjee, 2011, pp. 126) เนื่องจากสังกะสีเป็นโลหะที่มีความจำเป็นต่อการทำงานของร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต การทำงานของเอนไซม์

ภูมิคุ้มกันโรคติดเชื้อ การสืบพันธุ์ และระบบชีวประสาทที่ควบคุมพฤติกรรม เป็นต้น (สำนักโภชนาการ, 2563, p. 3) แต่ถ้าได้รับสังกะสีมากเกินไปกว่า 100 มิลลิกรัม/วัน ในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของระดับคอเลสเตอรอล เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ และโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือด และถ้าได้รับมากเกินไปกว่า 200 มิลลิกรัม/วัน จะทำให้เกิดอาการท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ เกร็งบริเวณกล้ามเนื้อท้อง และเกิดอาการผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร ทั้งนี้ในทุกตัวอย่างที่ทำการตรวจวัดพบปริมาณสังกะสีเกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 4

ทั้งนี้ปลาทูมีรูปแบบการกินอาหารเป็นพวกแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ รวมถึงลูกกุ้ง และลูกปลาเช่นเดียวกับปลาสีกุนแก้มดำ ซึ่งแพลงก์ตอนที่เป็นอาหารของปลาส่วนใหญ่ จะมีความเข้มข้นของโลหะหนักบางชนิดสูงกว่าอาหารที่อยู่ตามพื้นดิน จากการศึกษาของ Burada *et al.* (2014, pp. 302) พบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบในแพลงก์ตอน จะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของโลหะหนักในแหล่งน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

Table 4 ปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ในตัวอย่าง (The heavy metal content in samples)

Species	Organs	Mean \pm SD in dry weight of heavy metal content (mg/kg)		
		Cu	Cd	Zn
ปลาทู <i>Rastrelliger brachysoma</i>	Stomach	7.10 \pm 0.01	ND	112.82 \pm 0.05
	Liver	9.27 \pm 0.01	1.95 \pm 0.06	94.68 \pm 0.19
	Kidney	7.60 \pm 0.01	ND	113.73 \pm 0.22
ปลาสีกุนแก้มดำ <i>Alepes djedaba</i>	Gonad	2.94 \pm 0.01	ND	186.52 \pm 0.28
	Stomach	5.37 \pm 0.01	ND	81.52 \pm 0.16
	Liver	4.40 \pm 0.07	ND	156.56 \pm 0.03
	Kidney	7.65 \pm 0.01	ND	101.92 \pm 0.04
	Gonad	2.69 \pm 0.08	ND	209.11 \pm 0.01

Note : ND = Not detected

สรุปผล (Conclusion)

จากการศึกษาพบว่าผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทองแดง แคดเมียม และสังกะสี ด้วยเครื่อง ICP-OES ที่สะสมในปลาทุ และปลาสีกุนแก้มดำ พบว่าทองแดง แคดเมียม พบมากที่สุดในตัวปลาทุ (9.27 ± 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัมและ 1.95 ± 0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามลำดับ สังกะสีพบมากสุดในอวัยวะสืบพันธุ์ของปลาสีกุนแก้มดำ (209.108 ± 0.014 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปริมาณการสะสมของทองแดงที่ได้จากการศึกษาต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในปลาทุ และสังกะสีในทุกตัวอย่างสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข องค์การอนามัยโลก องค์การอาหาร และการเกษตรแห่งสหประชาชาติ ค่าร้อยละการคืนกลับของโลหะหนัก อยู่ในช่วงร้อยละ 87.95-95.36 ซึ่งเป็นช่วงที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์นั้นอยู่ในเกณฑ์น่าเชื่อถือ และค่า LOD ของวิธีการวิเคราะห์ที่มีปริมาณต่ำสามารถเทียบเคียงค่ามาตรฐานที่กำหนดได้

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อระงับความปลอดภัยจากการบริโภคปลาทุ และปลาสีกุนแก้มดำ จากบ้านบางบ่อ จังหวัดสมุทรสงคราม และช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดมาตรการควบคุมการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและผลิตภัณฑ์ประมงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ประชาชนสามารถบริโภคปลาได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณสาขาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวัสดุศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณ และห้องปฏิบัติการวิจัยกัญชงและกัญชาทางด้านวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง (References)

- ชัยพฤกษ์ วงศ์สุวรรณ. 2553. คุณภาพสิ่งแวดล้อม และแนวโน้มผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 18(4), 38-49.
- ศุภกาญจน์ พงศ์ยี่หล้า. 2565. การเปลี่ยนแปลงและการปรับตัวในการใช้ทรัพยากรชายฝั่งของชุมชนประมง ตำบลบางแก้ว อำเภอมือง จังหวัดสมุทรสงคราม: มุมมองจากประวัติศาสตร์ท้องถิ่น. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภายใต้ชุดโครงการวิจัยเรื่องความเปลี่ยนแปลงและการปรับตัวของชาวประมงขนาดเล็กในยุค “การปฏิรูป” การประมงของประเทศไทย: กรณีชุมชนชายฝั่ง จ. สมุทรสงคราม. ทุนอุดหนุนวิจัยคณะสังคมศาสตร์ มก. ปีงบประมาณ 2561
- สำนักโภชนาการ. 2553. ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหาร. รายงานการศึกษารายปี 2553. กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ, สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2553. 22 หน้า.
- สำนักโภชนาการ. 2561. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2561. 143 หน้า.

- สำนักโภชนาการ. 2563. ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563. สำนักโภชนาการ, กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข, 2563. 10 หน้า.
- Bashir, F. H., M. S. Othman, A. G. Mazlan, S. M. Rahim and K. D. Simon. 2013. Heavy Metal Concentration in Fishes from Coastal Waters of Kapar and Mersing, Malaysia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13 (2): 375-382.
- Bhupander, K. and D. P. Mukherjee. 2011. Assessment of human health risk for Arsenic, Copper, Nickel, Mercury and Zinc in fish collected from Tropical Wetland in India. *Advances in life Science and Technology*, 2: 13-24.
- Burada, A., C. M. Jopa, L. P. Georgescu, L. Teodorof, C. Nastase, D. Seceleanu-Odor, B. M. Negrea and C. Iticeacu. 2014. Heavy metal accumulation in plankton and water of fouraquatic complexes from Danube Delta area. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 7 (4): 301-310
- FAO/WHO. 1984. *List of maximum levels recommended for contaminants by the Joint FAO/ WHO Codex Alimentarius Commission* (Second Series. CAC/FAL), Rome 3: 1-8. Food and drugs. Kuala Lumpur, Malaysia Law Publisher.
- Kamaruzzaman, B. Y., M. C. Ong, S. Z. Rina and B. Joseph. 2010. Levels of Some Heavy Metals in Fishes from Pahang River Estuary, Pahang, Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 10 (2): 157-161.
- Rajeshkumar, S., and Li, X. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Report*. 18(5): 288-295.