การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในปลากะพงและปลาทับทิมที่วางจำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา

อมรรัตน์ ดอกไม้ขาว* และ พิสิษฐ์ สุนทราวิฑูร

สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และ ปรอท (Hg) ในปลากะพงและปลาทับทิมและประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคปลา โดยเก็บตัวอย่างปลาจากตลาดสดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา นำมาวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยวิธี Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) พบว่าปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทในปลากะพงมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.05±0.04, 0.00 และ 0.11±0.02 mg/kg ตามลำดับ และปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และ ปรอทในปลาทับทิมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.01±0.03, ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ และ 0.03±0.01 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดในปลามีค่าไม่เกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และ มาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และ ปรอท พบว่ามีค่า Hazard Quotient (HQ) อยู่ในช่วง 0.0002-0.0074 ซึ่งแสดงว่าการบริโภคปลาทั้ง 2 ชนิด ไม่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ อย่างไรก็ตามผู้บริโภคควรมีความระมัดระวัง เพราะหากมีการบริโภคอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจจะส่งผลต่อสุขภาพได้

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ โลหะหนัก ปลากะพง ปลาทับทิม

***ผู้รับผิดชอบบทความ**

อมรรัตน์ ดอกไม้ขาว

สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ฉะเชิงเทรา 24000

Email: amornrat8006@gmail.com

Health Risk Assessment of Heavy Metals Contaminated in Giant Perch *(Lates calcarifer)* and Nile Tilapia *(Oreochromis niloticus)* Sold in Chachoengsao Municipal Market, Chachoengsao Province

Amornrat Dokmaikaw* and Pisit Suntaravitun

Department of Public Health, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

Abstract

This study aimed to determine the concentrations of heavy metals; namely lead (Pb), cadmium (Cd) and mercury (Hg) in Giant Perch *(Lates calcarifer)* and Nile Tilapia *(Oreochromis niloticus)* and risk assessment on the consumption of Fish sold in fresh markets in Chachoengsao Municipal, Muang Chachoengsao District, Chachoengsao Province. The heavy metal concentrations were analyzed by using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The results showed that average concentrations of Pb, cadmium Cd and Hg in Giant Perch were 0.05±0.04, 0.00 and 0.11±0.02 mg/kg, respectively and the average concentrations of Pb, Cd and Hg in Nile Tilapia were 0.01±0.03, ND and 0.03±0.01 mg/kg, respectively. The results showed that the concentrations of three heavy metals in samples were lower than the standard level of the Ministry of Public Health of Thailand and European Commission Regulation. Risk assessment of the lead, cadmium and mercury found that their hazard quotient in the range of 0.0002-0.0074. It indicated that the consumption of both fish had no health risk. However, long term consumption of fish, consumers should be careful because the contamination of heavy metal can cause the health impact.

Keywords: Health risk assessment, Heavy metals, Giant Perch (*Lates calcarifer*), Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

***Corresponding author**

Amornrat Dokmaikaw

Department of Public Health, Faculty of Science and Technology,

Rajabhat Rajanagarindra University, Chachoengsao 24000

E-mail: amornrat8006@gmail.com

บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ก่อให้เกิดการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตและใช้สารเคมีเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการแพร่กระจายของโลหะหนักลงสู่สิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็น ดิน น้ำ หรืออากาศ โดยโลหะหนักเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติจึงเกิดการสะสมในน้ำ ตะกอนดิน รวมทั้งสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต และสามารถถ่ายทอดสู่ระบบห่วงโซ่อาหารได้ ซึ่งการสะสมดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร ยิ่งมีปริมาณความเข้มข้นสูงมากก็จะยิ่งทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ โดยเฉพาะในปลาซึ่งเป็นสัตว์ที่จัดอยู่ในลำดับขั้นสูงในสายใยอาหาร เมื่อเกิดการสะสมในเนื้อปลา หรืออวัยวะต่างๆ[1] หากมีการนำมาบริโภคก็จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพได้

จังหวัดฉะเชิงเทรา จัดเป็นพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก มีการส่งเสริมพัฒนาเศรษฐกิจในด้านต่างๆ ซึ่งการพัฒนานี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจบริเวณลุ่มน้ำบางปะกง มีการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น เช่น ผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ ผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมอาหาร ผลิตซีเมนต์ เป็นต้น[2] และมีการปล่อยสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่สิ่งแวดล้อม มีการพัฒนาทางด้านการเกษตร การปศุสัตว์และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งมีแม่น้ำบางปะกงเป็นฐานผลิตส่งออกสัตว์น้ำที่สำคัญ เช่น ปลา กุ้ง และมีการเลี้ยงปลากระชังในแม่น้ำบางปะกงที่มีการให้อาหารเสริม ตลอดจนยาปฏิชีวนะเพื่อควบคุมโรคและเพิ่มผลผลิต ซึ่งทุกกิจกรรมมีโอกาสทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งจากรายงานการศึกษาปริมาณโลหะหนักในแม่น้ำบางปะกง มีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในหอยแครงที่ซื้อจากร้านค้าที่มีการนำมาจากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง พบว่า มีปริมาณสังกะสี แคดเมียม ปรอท และ ตะกั่ว คือ 84.906, 0.427, 0.312 และ 0.222 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ[3] และ มีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในปลาจากแม่น้ำบางปะกง พบว่าในปลานิล มีปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม คือ <0.03, 0.04 และ 0.00 mg/kg ตามลำดับ และปลากดอุก มีปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม คือ <0.05, 0.08 และ ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ mg/kg ตามลำดับ[4] ซึ่งจากรายงานจะเห็นได้ว่ามีปริมาณโลหะหนักหลายชนิดปนเปื้อนในสัตว์น้ำจากแม่น้ำบางปะกง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในปลาที่จำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยเลือกปลาเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทราและเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงในกระชังแม่น้ำบางปะกง และประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคปลา ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการบริหารควบคุมเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักเพื่อสุขภาพของประชาชนและเฝ้าระวังความเสี่ยงของโลหะหนักที่อาจจะเกิดในอนาคตของแม่น้ำบางปะกงซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักของภาคตะวันออก อีกทั้งยังนำไปเป็นข้อมูลเพื่อวางแผนการอนุรักษ์สัตว์น้ำซึ่งเป็นสัตว์เศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง

การวิจัยนี้ศึกษาในช่วงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559 – สิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บตัวอย่างปลากะพงและปลาทับทิม ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจของจังหวัดฉะเชิงเทราและเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงในกระชังแม่น้ำบางปะกง เก็บตัวอย่างปลาจากร้านค้าในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จำนวน 3 ร้าน ร้านละ 3 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ในช่วงเดือน สิงหาคม – ตุลาคม 2559 และ กุมภาพันธ์ – พฤษภาคม 2560 รวมจำนวนปลาชนิดละ 18 ตัวอย่าง โดยเลือกขนาดที่นิยมบริโภค ชั่งน้ำหนักและบันทึกผล น้ำหนักของปลาทับทิมเท่ากับ 1-1.3 กิโลกรัม/ตัว และ น้ำหนักของปลากะพง เท่ากับ 0.8-1.1 กิโลกรัม/ตัว เก็บรักษาตัวอย่างด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 ºC โดยใช้เฉพาะส่วนเนื้อที่รับประทานได้มาบดรวมกันให้ละเอียดบรรจุใส่ถุงพลาสติกเพื่อเตรียมย่อยตัวอย่าง

การย่อยและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ก่อนการย่อยตัวอย่าง ต้องเตรียมเครื่องแก้วทุกชิ้นโดยการแช่ด้วยกรดไนตริก ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งเพื่อเตรียมการย่อยตัวอย่าง ทำการย่อยตัวอย่างโดยดำเนินการตามวิธีของ FAO/SIDA (1983)[5] โดยชั่งตัวอย่างปลา 10 กรัม ย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ผสมสัดส่วน 1:1 โดยปริมาตร ต้มย่อยด้วยความร้อนบนเตาไฟฟ้า จนกว่าตัวอย่างจะมีลักษณะใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 และปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนในขวดวัดปริมาตร 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)

การควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่วเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.00, 5.00, 10.00, 25.00, 50.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายมาตรฐานแคดเมียมเข้มข้น 0.1, 0.5, 1.00, 5.00, 10.00, 25.00, 50.00 และสารละลายมาตรฐานปรอทเข้มข้น 0.1, 0.5, 0.1, 5.00, 10.00, 25.00, 50.00

2. มีการวิเคราะห์ blank และตรวจสอบ % recovery (spiked sample analysis) ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์

ค่าความเชื่อมั่น	ตะกั่ว	แคดเมียม	ปรอท
Linearity (r)	0.9999	0.9999	0.9999
% recovery	93.5-99.8	97.5-101.0	106.9-108.81

เปรียบเทียบปริมาณสะสมของโลหะหนักกับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหาร

เปรียบเทียบปริมาณสะสมของโลหะหนักในปลากับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารตามมาตรฐาน ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98[6] และ มาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป[7]

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และปรอทจากการบริโภคปลาในปริมาณที่มีการปนเปื้อน หากได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน การคำนวณปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย โดยใช้สมการ 1[8] การคำนวณปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละช่วงอายุ ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารและน้ำหนักตัวของแต่ละช่วงอายุจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) แสดงดังตารางที่ 2[9]

สมการที่ 1

$$\text{Intake (mg/kg-day)} = \frac{\text{CF}\times\text{IR}}{\text{BW}}$$

CF คือ ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และปรอทที่ปนเปื้อนในปลา หน่วยเป็น (mg/kg)

IR คือ ปริมาณปลาที่รับประทานในแต่ละวัน หน่วยเป็น กิโลกรัมต่อวัน (kg/day)

BW คือ น้ำหนักตัว หน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

การอธิบายลักษณะความเสี่ยงจากการบริโภคปลา โดยพิจารณาจากผลการประเมินกรณีที่เลวร้ายที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ อธิบายจากค่า HQ หรือ Hazard Quotient แสดงดังสมการที่ 2

สมการที่ 2

$$\text{HQ} = \frac{\text{Daily Intake}}{\text{RfD}}$$

Daily intake คือ ปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (mg/kg-day)

RfD คือ ความเข้มข้นอ้างอิงของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท (Reference dose) ที่มนุษย์รับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน (mg/kg-day)

ถ้าค่า HQ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพได้ แต่ถ้าค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารตะกั่ว แคดเมียม และปรอทที่ได้รับอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่บริโภคและน้ำหนักตัวของแต่ละช่วงอายุ

ช่วงอายุ	น้ำหนักตัว	ปริมาณการบริโภค (g/day)	
	(kg)	ปลากะพง	ปลาทับทิม
อายุ 3-5.9 ปี	17.25	0.69	8.46
อายุ 6-12.9 ปี	33.38	0.79	10.34
อายุ 13-17.9 ปี	53.42	0.71	13.00
อายุ 18-34.9 ปี	63.12	1.70	11.66
อายุ 35-64.9 ปี	63.53	1.45	11.45
อายุ 65 ปีขึ้นไป	55.77	0.88	10.91

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (average) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และข้อมูลประเมินการได้รับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่บริโภคสำหรับประชากรทั้งหมด (per capita)

2. ค่าเฉลี่ยปริมาณสะสมของโลหะหนักในปลาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 และมาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป

ผลการวิจัย

ปริมาณโลหะหนักในปลา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ของตัวอย่างปลากะพง พบว่ามีปริมาณโลหะหนักระหว่างช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.15, ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.00 และ <0.024-0.28 mg/kg ค่าเฉลี่ย 0.05±0.04, 0.00, และ 0.11±0.02 mg/kg ตามลำดับ และในปลาทับทิมพบว่ามีปริมาณโลหะหนักระหว่างช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.09, ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ และ <0.024-0.15 mg/kg ค่าเฉลี่ย 0.01±0.03, ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้, และ 0.03±0.01 mg/kg ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3 และรูปที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในปลากับมาตรฐานโลหะหนักในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข[6] และมาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป[7] พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานโลหะหนักในอาหาร แสดงดังตารางที่ 4

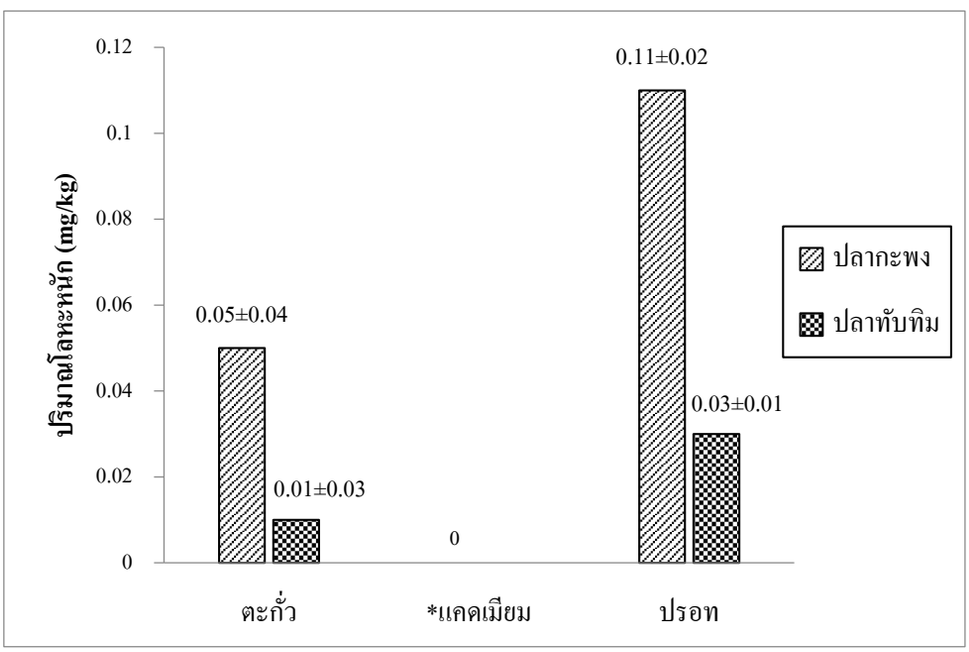
ตารางที่ 3 ปริมาณโลหะหนักในปลาที่วางจำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนัก (mg/kg)			
	ปลากะพง (N=18)		ปลาทับทิม (N=18)	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย*	ช่วง	ค่าเฉลี่ย*
ตะกั่ว	ND-0.15	0.05±0.04	ND-0.09	0.01±0.03
แคดเมียม	ND-0.00	0.00	ND	ND
ปรอท	<0.024-0.28	0.11±0.02	<0.024-0.15	0.03±0.01

*แสดงผลเป็น mean ± SD. วิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 18 ตัวอย่าง (N=18) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=3)

ND (Not detected) = มีค่าต่ำมากไม่สามารถตรวจวัดได้

LOQ (Limit of Quantitation) for Pb=0.020 mg/kg, Cd=0.008 mg/kg, Hg=0.024 mg/kg



รูปที่ 1 ปริมาณโลหะหนักในปลากะพงและปลาทับทิม แสดงผลเป็น mean ± SD วิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 18 ตัวอย่าง (N=18) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=3) *ปริมาณแคดเมียมในปลาทับทิม มีค่า ND (Not detected) = อยู่ในช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะหนักในปลาที่วางจำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

โลหะหนัก	ปริมาณโลหะหนักจากปลา (mg/kg)		มาตรฐานโลหะหนักในอาหาร (mg/kg)	
	ปลากะพง	ปลาทับทิม	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98	มาตรฐานอาหารสหภาพยุโรป
ตะกั่ว	0.05±0.04	0.01±0.03	1.00	0.30
แคดเมียม	0.00	ND	-	0.05
ปรอท	0.11±0.02	0.03±0.01	0.5	0.5

แสดงผลเป็น mean ± SD วิเคราะห์ตัวอย่างจำนวน 18 ตัวอย่าง (N=18) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (n=3)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคปลา

การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคปลาในแต่ละช่วงอายุ ใช้ลักษณะความเสี่ยงในกรณีผลกระทบแบบเรื้อรังของการได้รับสารโลหะหนักโดยคำนวณจากสมการที่ 1 สมการที่ 2 และใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่บริโภคและน้ำหนักตัวของประชากรแต่ละช่วงอายุจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ดังตารางที่ 2 โดยกำหนดข้อมูลที่ใช้ในการประเมินแสดงดังตารางที่ 5

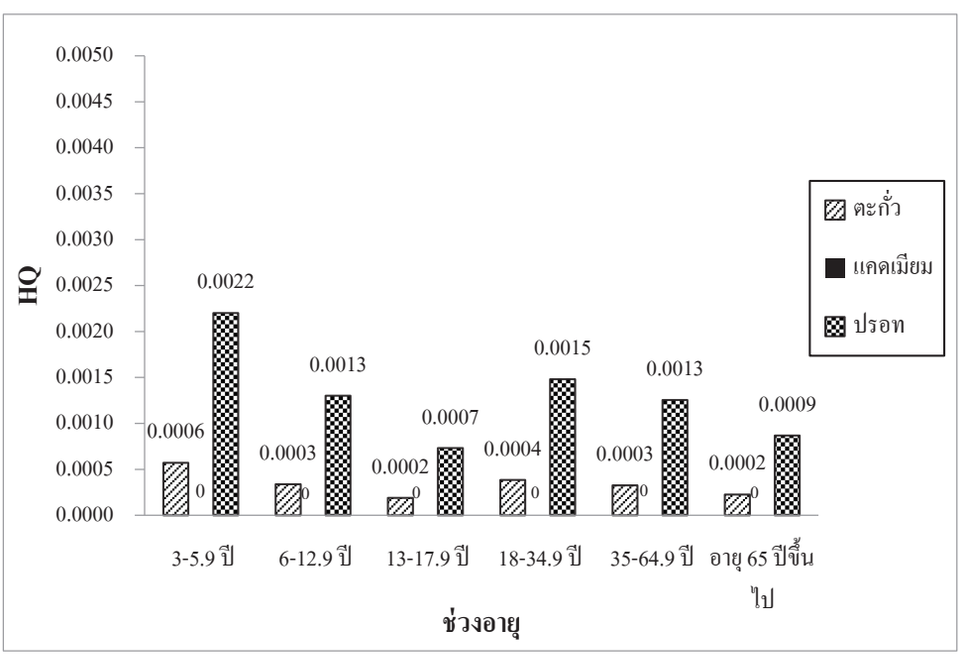
ผลการประเมินความเสี่ยงของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท จากการบริโภคปลากะพง พบว่า มีค่า HQ เท่ากับ 0.0002-0.0006, 0 และ 0.0007-0.0022 ตามลำดับ ซึ่ง ค่า HQ ของโลหะหนักทุกชนิด มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า HQ ของตะกั่ว พบสูงสุดในช่วงอายุ 3-5.9 ปี ต่ำสุดในช่วงอายุ 13-17.9 ปี และ ช่วงอายุ 65 ปีขึ้นไป ค่า HQ ของปรอท พบสูงสุดในช่วงอายุ 3-5.9 ปี และต่ำสุดในช่วงอายุ 13-17.9 ปี และผลการประเมินความเสี่ยงของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท จากการบริโภคปลาทับทิม พบว่า มีค่า HQ เท่ากับ 0.0005-0.0014, ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ และ 0.0027-0.0074 ตามลำดับ ซึ่ง ค่า HQ ของโลหะหนักทุกชนิด มีค่าน้อยกว่า 1 และค่า HQ ของตะกั่ว พบสูงสุดในช่วงอายุ 3-5.9 ปี ต่ำสุดในช่วงอายุ 18-34.9 ปี และ ช่วงอายุ 35-64.9 ปี ค่า HQ ของปรอท พบสูงสุดในช่วงอายุ 3-5.9 ปี ต่ำสุดในช่วงอายุ 35-64.9 ปี จากผลการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงจากการบริโภคปลา (HQ) มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าปริมาณโลหะหนักที่ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพได้ แสดงดังตารางที่ 6 และเปรียบเทียบความเสี่ยงจากการบริโภคปลากะพงและปลาทับทิมในแต่ละช่วงอายุ ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3

ตารางที่ 5 ข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยง

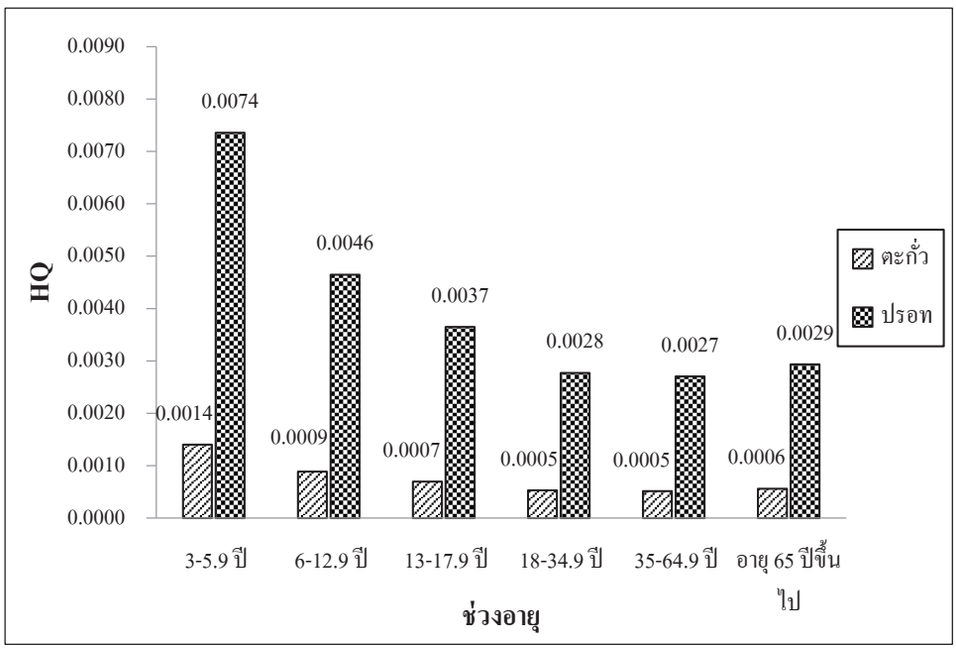
ค่า	แทนค่า		แหล่งอ้างอิง
	ปลากะพง (mg/kg)	ปลาทับทิม (mg/kg)	
ปริมาณของตะกั่ว (CF)	0.05	0.01	ผลการตรวจวัด
ปริมาณของแคดเมียม (CF)	0.00	ND	ผลการตรวจวัด
ปริมาณของปรอท (CF)	0.11	0.03	ผลการตรวจวัด
อัตราการบริโภค ในแต่ละช่วงอายุ (IR)	ค่าจากตารางที่ 2		สำนักงานมาตรฐานสินค้าการเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559[9]
น้ำหนักตัวเฉลี่ย ในแต่ละช่วงอายุ (BW)	ค่าจากตารางที่ 2		สำนักงานมาตรฐานสินค้าการเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559[9]
ปริมาณที่ได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย (RfD)	0.0035 mg/kg/day		US-EPA, 2008[10]
ปริมาณที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย (RfD)	0.001 mg/kg/day		US-EPA, 2008[10]
ปริมาณที่ได้รับปรอทเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวัน โดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย (RfD)	0.002 mg/kg/day		US-EPA, 2008[10]

ตารางที่ 6 ความเสี่ยงจากการบริโภคปลาในแต่ละช่วงอายุ

ช่วงอายุ	ค่า HQ					
	ปลากะพง			ปลาทับทิม		
	ตะกั่ว	แคดเมียม	ปรอท	ตะกั่ว	แคดเมียม	ปรอท
อายุ 3-5.9 ปี	0.0006	0	0.0022	0.0014	ND	0.0074
อายุ 6-12.9 ปี	0.0003	0	0.0013	0.0009	ND	0.0046
อายุ 13-17.9 ปี	0.0002	0	0.0007	0.0007	ND	0.0037
อายุ 18-34.9 ปี	0.0004	0	0.0015	0.0005	ND	0.0028
อายุ 35-64.9 ปี	0.0003	0	0.0013	0.0005	ND	0.0027
อายุ 65 ปีขึ้นไป	0.0002	0	0.0009	0.0006	ND	0.0029



รูปที่ 2 เปรียบเทียบความเสี่ยงจากการบริโภคปลากะพงในแต่ละช่วงอายุ



รูปที่ 3 เปรียบเทียบความเสี่ยงจากการบริโภคปลาทับทิมในแต่ละช่วงอายุ (ไม่มีการนำเสนอค่าความเสี่ยงของแคดเมียม เนื่องจากมีปริมาณของโลหะหนัก คือ ND (Not detected) = มีค่าต่ำมากไม่สามารถตรวจวัดได้)

วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในปลาที่วางจำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าปริมาณโลหะหนักในปลาทั้ง 2 ชนิด คือ ปลากะพงและปลาทับทิมมีค่าไม่เกินมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป การศึกษานี้พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอทในปลากะพงมีค่าเฉลี่ย 0.05±0.04, 0.00, และ 0.11±0.02 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับรายงานการศึกษาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ จริยา จงสถาปัตย์ศิลป์ และคณะ[11] ศึกษาความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในปลากะพงขาวซึ่งจำหน่ายที่ตลาดนครปฐม พบว่าอยู่ในช่วง 5.4-6.5, 1.1-2.1, และ 2.3-2.5 mg/kg ตามลำดับ Nor Hasyimah และคณะ[12] ศึกษาปริมาณโลหะหนักในปลากะพง ประเทศอินโดนีเซีย พบปริมาณตะกั่วในปลากะพงจากตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ต มีค่า 1.04 และ 1.14 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณแคดเมียมในปลากะพงจากตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ต มีค่า 0.49 และ 0.57 mg/kg ตามลำดับ และพูลทรัพย์ วิรุฬหกุล[13] ศึกษาปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียมในปลากะพงขาวที่จำหน่ายในตลาดสดกรุงเทพมหานคร มีค่า 0.236, 0.048 และ 0.273 mg/kg ตามลำดับ แต่พบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ วัชรชัย รุจิโรจน์กุล[14] ที่ศึกษาการปนเปื้อนของปรอทในอาหารทะเลจากตลาดในชลบุรีและระยอง พบว่าปริมาณปรอทในปลากะพงขาว มีค่า 0.1166 mg/kg และ Nasri และคณะ[15] พบว่าปริมาณแคดเมียมในปลากะพงมีค่า 0.007 mg/kg

สำหรับปริมาณโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอทในปลาทับทิมมีค่าเฉลี่ย 0.01±0.03, ND, และ 0.03±0.01 mg/kg ตามลำดับ จากการศึกษารายงานวิจัยอื่นๆ มีการตรวจปริมาณโลหะหนักในปลาที่มีสายพันธุ์คล้ายกัน คือ ปลานิล ซึ่งปลาทับทิมมีการพัฒนาสายพันธุ์มาจากปลานิล พบว่ามีรายงานความแตกต่างในการศึกษาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ วัลลภ ทาทอง และคณะ[16] ศึกษาปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำ บริเวณน้ำโขงและลำน้ำสาขา จังหวัดเลย พบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในปลานิล คือ 0.135 และ 0.000 mg/kg ซึ่งปริมาณตะกั่วมีค่าแตกต่างกันแต่ปริมาณแคดเมียมมีค่าสอดคล้องกันกับผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สุพรรษา เกียรติสมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง[17] ศึกษาปริมาณโลหะหนักในปลานิล จากหนองเลิงเปือย จังหวัดขอนแก่น พบว่ามีปริมาณตะกั่วและแคดเมียม คือ 2.71 และ 0.08 mg/kg แต่พบว่ามีความสอดคล้องกับการศึกษาของชลธิศักดิ์ ชาวปากน้ำ, จงกล บุญงาม, สิรินทิพย์ พละเจริญ[4] ศึกษาปริมาณโลหะหนักในปลาจากแม่น้ำบางปะกง พบปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียมในปลานิล คือ <0.03, 0.04 และ 0.00 mg/kg ตามลำดับ พบปริมาณตะกั่ว ปรอท และแคดเมียมในปลากดอุก คือ <0.05, 0.08 และ ND mg/kg ตามลำดับ และ Elnabris และคณะ[18] ศึกษาปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในปลานิลในตลาด Gaza Strip ประเทศปาเลสไตน์ พบว่ามีปริมาณแคดเมียมอยู่ในช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้ (ND)

จากผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักค่าที่สอดคล้องกันอาจเป็นเพราะมีการศึกษาจากตัวอย่างที่มาจากแหล่งเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน คือ จากแม่น้ำบางปะกงหรือจากตลาดบริเวณภาคตะวันออก หรืออาจจะเป็นการศึกษาในปลาที่มีลักษณะคล้ายกัน คือ ไม่ได้หากินบริเวณท้องน้ำหรือตะกอนดิน ดังนั้นปริมาณโลหะหนักที่พบจึงมีปริมาณน้อย ดังเช่นการศึกษาของ สุพรรษา เกียรติสมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง[19] ซึ่งพบว่าสัตว์ที่หากินบริเวณท้องน้ำหรือดินตะกอน เช่น หอย ขม จะมีปริมาณการสะสมของโลหะหนักมากกว่าในปลานิลและปลาตะเพียน ที่ไม่ได้หากินบริเวณท้องน้ำหรือตะกอนดิน และสำหรับปริมาณโลหะหนักที่มีค่าแตกต่างกันนั้น อาจจะมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในแหล่งน้ำ สภาวะในการเลี้ยงปลา การให้อาหารหรือการใช้ยารักษาโรค การปนเปื้อนของสารโลหะหนักจากแหล่งอุตสาหกรรมหรือเกษตรกรรมในบริเวณใกล้เคียง หรืออาจมาจาก อายุ ขนาดของปลา และช่วงเวลาที่สัมผัสกับโลหะหนัก รวมถึงวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างที่แตกต่างกัน

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพพบว่าความเสี่ยงจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และปรอท จากการบริโภคปลากะพงและปลาทับทิมอยู่ในช่วง 0.0002-0.0022 และ 0.0005-0.0074 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพ (HQ) มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าปริมาณโลหะหนักที่ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพได้ และเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงความเสี่ยงของสารตะกั่ว แคดเมียม และปรอทจากการบริโภคปลากะพงและปลาทับทิม แต่มีการศึกษาด้านความเสี่ยงจากโลหะหนักในสัตว์น้ำที่สอดคล้องกัน คือการศึกษาของ สุชณา รัมมะนพ และวรางคณา วิเศษมณีลี[20] ที่ศึกษาการประเมินความ

เสี่ยงต่อสุขภาพจากสารหนูที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ พบว่าไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภค (HQ<1) เบญญาภา ธีระวิทยเลิศ และคณะ[21] ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกุ้ง พบว่าไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภค (HQ<1) และ Alipour H, Banagar GR[22] ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในปลา 5 ชนิด ประเทศอิหร่าน พบว่าไม่มีความเสี่ยงจากการบริโภค (HQ<1) ผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าการบริโภคปลาไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพนั้น อาจเนื่องมาจากโลหะหนักจะมีการสะสมในตะกอนดินมากกว่า การที่จะสะสมเข้าสู่ในสิ่งมีชีวิตจึงเป็นไปได้น้อย อย่างไรก็ตามแม้ว่าการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ แต่ผู้บริโภคควรมีความระมัดระวัง เพราะหากมีการบริโภคอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานอาจจะได้รับอันตรายจากการสะสมของโลหะหนักได้ ดังการศึกษาของ สุพรรษา เกียรติสมภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง[19] ซึ่งพบว่าความเสี่ยงทางสุขภาพจากโลหะหนักที่ได้รับจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการบริโภค การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าช่วง อายุ 3-5.9 ปี จะมีความเสี่ยงจากการบริโภคสูงกว่าช่วงอายุอื่นๆ และเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงความเสี่ยงของสารตะกั่ว แคดเมียม และปรอทจากการบริโภคปลาในแต่ละช่วงอายุ แต่มีการศึกษาที่สอดคล้องกัน คือ การศึกษาความเสี่ยงต่อการได้รับสารปนเปื้อนต่างๆ เข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ Shu และคณะ[23] พบว่าช่วงอายุ 0-3 ปี และ 4-6 ปี จะมีความเสี่ยงต่อการได้รับปรอทเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคปลาและอาหารทะเลมากกว่าในช่วงอายุอื่นๆ ปวีณ์ดา ศรีพนารัตนกุล และคณะ[24] และ เวณิกา เบ็ญจพงษ์ และคณะ[25] ที่พบว่าช่วงอายุ 3-5.9 ปี จะมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารปนเปื้อน คือ กรดเบนโซอิกและ กรดซอร์บิกมากกว่าในช่วงอายุอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากช่วงอายุ 3-5.9 ปี เป็นช่วงอายุที่มีน้ำหนักตัวต่ำ ดังนั้นปริมาณสารที่เข้าสู่ร่างกายต่อน้ำหนักตัวจึงมีค่าสูง และการศึกษาของ พัฒนพร อุ่นวงศ์ และ กาญจนา มหาพล[26] พบว่าผู้บริโภคที่มีน้ำหนักตัวน้อยและยังมีการบริโภคในปริมาณที่เท่าเดิมจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักในปริมาณที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังควรมีการวางแผนควบคุมเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักที่ปลอดภัยในสิ่งแวดล้อมและในสัตว์น้ำ เพื่อความปลอดภัยของประชาชนและเฝ้าระวังความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น สำหรับการประเมินความเสี่ยงของโลหะหนักจากการบริโภคปลาครั้งนี้ใช้ข้อมูลการบริโภคของคนไทยในการสำรวจของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลการบริโภคของประชาชนในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทรา ดังนั้นจึงควรศึกษาปริมาณการบริโภคที่แท้จริงและมีการศึกษาปริมาณของโลหะหนักในสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคชนิดอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นแนวทางสื่อสารความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Irena T, Herbert EA, Max MH, *et al*. Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation. New York: Springer-Verlag New York Inc; 2006.
2. สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดฉะเชิงเทรา. รายงานการเคลื่อนไหวการลงทุน กุมภาพันธ์ 2561 [อินเทอร์เน็ต]. 2561. [เข้าถึงเมื่อ 2 พ.ค.2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.industry.go.th/chachoengsao/index.php/activityreport/2561.
3. ณพัฐอร บัวฉุน. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในหอยแครง. ใน: ชฎาพร โพคัยสวรรค์, บรรณาธิการ. เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัยครั้งที่ 2 วันที่ 1 มีนาคม 2557; มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี; 2557. หน้า 39-44.
4. ชลธิศักดิ์ ชาวปากน้ำ, จงกล บุญงาม, สิรินทิพย์ พละเจริญ. โลหะหนักในแม่น้ำบางปะกง. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด กรมประมง; 2555. No 1/2012.
5. FAO/SIDA. Manual of Methods in Aquatic Environmental Research, part 9. Analyses of metals and organochlorines in fish. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 1983; FIRI/T212
6. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (พ.ศ. 2529) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน [อินเทอร์เน็ต]. 2529. [เข้าถึงเมื่อ 12 ต.ค. 2559].เข้าถึงได้จาก: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P98.pdf.
7. EU. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [internet] . 2006. [accessed Oct 12, 2016]. Available from: http://www.fsai.ie/uploadedFiles/Consol_Reg1881_2006.pdf.
8. อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทึก. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2556.
9. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย [อินเทอร์เน็ต]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 19 พ.ย. 2559]. เข้าถึงได้จาก: http://www.acfs.go.th/document/download_document/FCDT.pdf.
10. United States Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for superfund volume I human health evaluation manual (Part A). Washington, D.C.: EPA Publication; 2008.
11. จริยา จงสถาปัตย์ศิลป์, สุวิมล เรืองศรี, พรรณทิพย์ แสงสุขเอี่ยม, และคณะ. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในปลากะพงขาว

โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี. วารสารวิชาการราชภัฏตะวันตก 2552; 2: 21-9.

12. Nor Hasyimah AK, Victor JN, Teh YY, *et al*. Assessment of cadmium (Cd) and lead (Pb) levels incommercial marine fish organs between wet markets and supermarkets in Klang Valley, Malaysia. *Int. Food Res.J.* 2011; 18: 795-802.

13. พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. โลหะหนัก:สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ของไทย [อินเทอร์เน็ต] . 2561. [เข้าถึงเมื่อ 23 พ.ย. 2559]. เข้าถึงได้จาก: http://slbkb.psu.ac.th/xmlui/bitstream/handle/2558/2404/104%E0%B9%82%E0%.pdf.

14. วัชรชัย รุจิโรจน์กุล. การปนเปื้อนของปรอทในอาหารทะเลในจังหวัดชลบุรีและระยอง [อินเทอร์เน็ต]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.พ. 2560]. เข้าถึงได้จาก: http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/Research.pdf.

15. Nasri NS, Aris AZ, Mohammad KN, *et al*. Bioaccumulation of heavy metals in maricultured fish, *Lates calcarifer* (Barramudi), *Lutjanus campechanus* (red snapper) and lutjanus griseus (grey snapper). *Chemosphere* 2018; 197: 318-24.

16. วัลลภ ทาทอง, เนตรนภา พงเพ็ชร, พรพิกา อัครา. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำบริเวณแม่น้ำโขงและลำน้ำสาขา จังหวัดเลย. ใน: สมใจ ภูมิพันธุ์, บรรณาธิการ. เอกสารการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1วันที่ 13 กรกฎาคม 2560. มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด. ร้อยเอ็ด; 2560. หน้า 400-05.

17. สุพรรษา เกียรติสยมภู, สุนิสา ชายเกลี้ยง. ประเมินการปนเปื้อนของสารโลหะหนักและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารปนเปื้อนในการบริโภคปลาจากหนองเลิงเปือย จังหวัดขอนแก่น. วารสารพิษวิทยาไทย 2554; 26: 43-56.

18. Elnabris KJ, Muzyed SK, El-Ashgar NM. Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci* 2013; 13: 44-51.

19. สุพรรษา เกียรติสยมภู, สุนิสา ชายเกลี้ยง. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. KKU Research Journal 2555; 17: 671-86.

20. สุชณา รัมมะนพ, วรางคณา วิเศษมณี ลี. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารหนูที่ปนเปื้อนในอาหารทะเล. ว. วิทย. เทคโน. หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2559; 2: 45-55.

21. เบญญาภา ธีระวิทยเลิศ, นิลาวรรณ งามขำ, วรางคณา วิเศษมณี ลี, และคณะ. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกุ้ง. ว. วิทย. เทคโน. หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ 2560; 3: 52-60.

22. Alipour H, Banagar GR. Health risk assessment of selected heavy metals in some

edible fishes from Gorgan Bay, Iran. *Iran J Fish Sci* 2018; 17(1): 21-34.

23. Shu HY, Shu LW, Wen HP, *et al*. Risk assessment of methylmercury based on internal exposure and fish and seafood consumption estimates in Taiwanese children. *Int J Hyg Environ Health* 2018; 221: 697-703.
24. ปวีณ์ดา ศรีพนารัตนกุล, เวณิกา เบ็ญจพงษ์, ปิยนุช วิเศษชาติ, และคณะ. การประเมินความเสี่ยงของการได้รับสัมผัสกรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิก จากการบริโภคอาหารประเภทไส้กรอกและหมูยอของคนไทย. วารสารพิษวิทยาไทย 2552; 24: 27-36.
25. เวณิกา เบ็ญจพงษ์, จักรกฤษณ์ สกลกิจติณภากุล, อาณดี นิติธรรมยง,และคณะ. การประเมินการได้รับสัมผัสกรดเบนโซอิกจากการบริโภคเนื้อสัตว์และสัตว์น้ำแปรรูป ขนมอบ และเครื่องดื่มในผลิตภัณฑ์กลุ่มเสี่ยงที่ประชากรไทยนิยมบริโภค . วารสารพิษวิทยาไทย 2556; 28 :1-16.
26. พัฒนพร อุ่นวงศ์, กาญจนา มหาพล. การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2558; 24: 430-35.