KKU Res. J. 2012; 17(4):671-686
http : //resjournal.kku.ac.th

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น

Health Risk Assessment on the Consumption of Lead–contaminated Aquatic Animals from Fishery Resource in the Overflow Marsh.

สุพรรษา เกียรติสยมภู[1] *และ สุนิสา ชายเกลี้ยง*[2*]
Supansa Kiatsayomphu[1] *and Sunisa Chaiklieng* [2*]

[1] *สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
[2] *ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
* *Correspondent author: csunis@kku.ac.th*

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการได้รับสารตะกั่วและประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น โดยสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบเกี่ยวกับการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองน้ำล้น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 75 คน และวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในน้ำและสัตว์น้ำด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ ชนิดละ 20 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.07, 0.01-0.22, 0.36-2.38 และ ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.95 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน ยกเว้นหอยขมมีความเข้มข้นของตะกั่วเกินมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (1 มก./กก.) ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (2 มก./กก.) ร้อยละ 10.00 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพตามสมการของ US.EPA พิจารณาจากอัตราการบริโภคและความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำรวมหลายชนิดที่ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัม/วัน และ 1.05 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำรวมหลายชนิดบริเวณหนองน้ำล้นนี้ เท่ากับ 1.63 ไมโครกรัม/กก./วัน มีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่ว คือ 25 ไมโครกรัม/กก. (หรือคิดเป็นร้อยละ 45.64 ของค่า PTWI)

Abstract

This cross-sectional survey research aimed to determine lead exposure and risk assessment on the consumption of lead-contaminated aquatic animals from fishery resource in the overflow marsh, Khon Kaen province. The interviews of 75 residents on the consumption of the aquatic animals (n=75) were conducted. The lead concentrations were analyzed by using Atomic Absorption spectrophotometry. The lead concentrations in

Nile tilapia (n=20), Common silver barb (n=20), River snail (n=20) and Golden apple snail (n=20) were between 0.02-0.07, 0.01-0.22, 0.36-2.38 and not detected -0.95 mg/kg dry weight, respectively. The concentrations in the most aquatic animals were not exceeded the standards, except the lead concentrations of River snail which were exceeded the Thailand standard (1 mg/kg) for 30.00% and exceeded the Australia and New Zealand standard (2.0 mg/kg) for 10.00%. Health risk assessment was performed according to the US.EPA guideline at an intake rate and lead concentration of all aquatic animals (at 95th percentile) which were 136.50 g/day and 1.05 mg/kg dry weight, respectively. The potential health risk of lifetime average exposure dose of lead ingestion of all aquatic animals from this marsh was 1.63μg/kg/day, this was not exceeded Provisional tolerable weekly intake (PTWI) for lead is 25μg/kg (or 45.64% PTWI).

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ, สัตว์น้ำ, ตะกั่ว
Keywords: health risk assessment, aquatic animal, lead

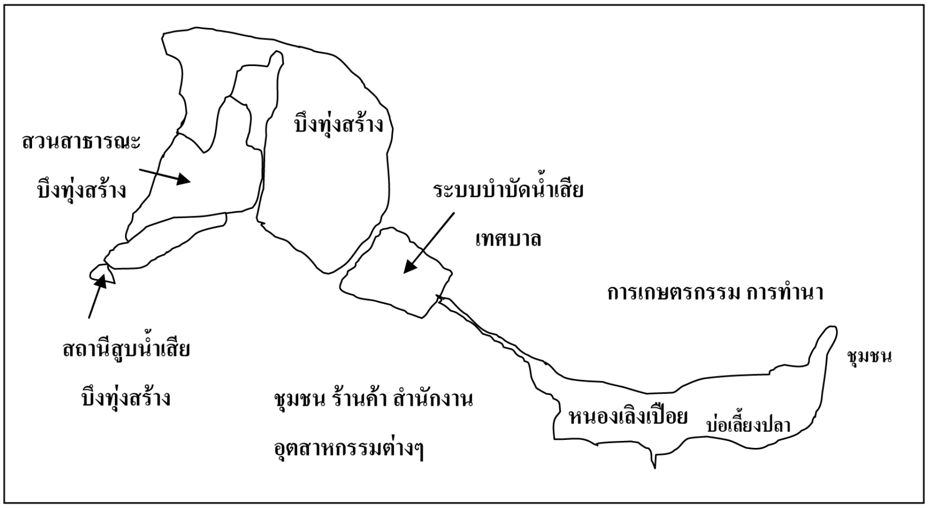
1. บทนำ

เทคโนโลยีสมัยใหม่ทำให้เกิดการผลิตและการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นอย่างมาก ประมาณกันว่ามีสารเคมีมากกว่า 1 แสนชนิดที่ถูกนำมาใช้ในขบวนการต่างๆ ในบางครั้งประโยชน์ที่ได้รับจะมาพร้อมๆกับผลเสียที่เกิดขึ้นหากมีการใช้อย่างไม่ถูกต้อง เมื่อสารพิษกระจายอยู่ในส่วนต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ หรืออากาศ ในที่สุดสารพิษก็จะถูกดูดซับเข้าสู่สิ่งมีชีวิต และสามารถสะสมในสัตว์น้ำต่างๆ ของห่วงโซ่อาหาร สัตว์น้ำหลายชนิดสามารถรับสารพิษเข้าทางเหงือกหรือสารปนเปื้อนในอาหารที่สัตว์นั้นกินเข้าไป การกินกันเป็นทอดๆ ทำให้มีการสะสมสารพิษเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหารที่ต่ำกว่าไปยังลำดับขั้นที่สูงกว่า เมื่อได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิตมากเกินไปจนร่างกายไม่สามารถกำจัดสารพิษหมด จะทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นล้มป่วยหรือตายไป (1) การได้รับสารเคมีทางปากเข้าสู่ร่างกาย มักจะได้รับจากการรับประทานอาหาร มนุษย์เราสามารถรับสัมผัสสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหารได้ ถึงแม้จะรับประทานอาหารเข้าสู่ร่างกายเพียงเล็กน้อยก็ตาม สารเคมีที่ได้รับโดยการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนสารเคมี เช่น ปลา หอย เป็นต้น (2, 3)

ในบรรดาสารมลพิษต่างๆในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารมลพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และโลหะหนักเหล่านี้ก็สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำได้และจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร และหากมีปริมาณความเข้มข้นสูงมากก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ตลอดจนผู้ที่นำสัตว์มาบริโภคด้วย (4) โลหะหนักเป็นสารที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือนำไปผสมกับโลหะชนิดอื่น มีการนำโลหะหนักมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น ทำหมึกพิมพ์ ทำแบตเตอรี่รถยนต์ ทำสี ทำท่อน้ำ เป็นต้น โลหะหนักจึงเป็นกลุ่มสารที่มีโอกาสทำให้เกิดพิษในมนุษย์และสัตว์ได้สูง และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดมลภาวะในสิ่งแวดล้อม (5) จากการศึกษาปริมาณกากของเสียอันตรายที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วประเทศไทย โดยบริษัท Engineering Science ประเมินว่าใน พ.ศ. 2544 ปริมาณของเสียอันตรายจะเกิดขึ้นถึงปีละ 2.8 ล้านตัน โดยที่ร้อยละ 55 มาจากอุตสาหกรรมหลอมหรือถลุงโลหะ จากการประเมินของเสียอันตรายที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ กากตะกอนและของแข็งที่มีส่วนประกอบของโลหะ (6) ซึ่งในพ.ศ. 2547 มีของเสียอันตรายจากแบตเตอรี่กรดตะกั่วถูกสร้างขึ้น จำนวน 6,677 ตัน และในพ.ศ. 2549 มีจำนวน 8,590 ตัน รวมทั้งมีของเสียอันตรายจากแบตเตอรี่กรดตะกั่วที่ไม่ได้มีการจัดการอย่างถูกต้อง จำนวน 177 ตัน (7) สารพิษที่กระจายอยู่ในส่วนต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ หรือ

อากาศ ในที่สุดสารพิษจะถูกดูดซับเข้าสู่สิ่งมีชีวิต (1)

ตะกั่วเป็นโลหะที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญชนิดหนึ่ง สารตะกั่วเป็นสารโลหะหนักที่ใช้กันมากในการทำแบตเตอรี่รถยนต์ สีทาบ้าน สีย้อมผ้า งานเชื่อมและบัดกรี ยาฆ่าแมลง แบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉายซึ่งใช้แล้วและถูกทิ้งตามกองขยะเป็นแหล่งที่มาที่สำคัญของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม ตะกั่วเหล่านี้สามารถแพร่กระจายเข้าสะสมในสัตว์และในที่สุดก็เข้าสู่คน ดังนั้นประชาชนที่นำสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วมาบริโภคอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ ตะกั่วมีผลต่อร่างกายเกือบทุกระบบ เช่น ระบบประสาทและสมอง มีอาการปวดศีรษะ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร มึนงง สับสน อาจชักได้ ปวดกล้ามเนื้อ ข้อเท้าตก ชาตามปลายมือปลายเท้า สูญเสียความรู้สึก และมีผลต่อการพัฒนาการด้านสมองและสติปัญญาของเด็ก ระบบหัวใจและเลือด มีอาการโลหิตจางจากการแตกของเม็ดเลือดแดง ความดันโลหิตสูง ระบบขับถ่าย ไตพิการ ระบบสืบพันธุ์และพัฒนาการทารกในครรภ์ คลอดก่อนกำหนด เด็กน้ำหนักต่ำกว่าปกติ ถ้ามารดามีระดับสารตะกั่วสูงมากอาจทำให้ทารกเสียชีวิตได้ ระบบสืบพันธุ์ในเพศชาย มีผลทำให้ปริมาณอสุจิลดลง และไม่สมบูรณ์ ระบบทางเดินอาหาร เกิดอาการปวดท้องรุนแรง เป็นต้น (1,8) ซึ่งในพื้นที่ระบบนิเวศแหล่งน้ำของไทยและต่างประเทศมีปัญหาการปนเปื้อนและสะสมของตะกั่วอยู่ในหลายพื้นที่ โดยปัญหานี้จะส่งผลต่อเนื่องในระบบห่วงโซ่อาหารเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตอย่างเช่นสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ จากงานวิจัยในต่างประเทศที่ผ่านมาพบการปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำ ดังเช่น การปนเปื้อนตะกั่วในน้ำ ในปลาและในหอยจากแม่น้ำ Aba ประเทศไนจีเรียที่มีระดับสูงกว่าที่อนุญาตสูงสุดที่กำหนดโดย US.EPA (9) ปลาน้ำจืดนับพันตัวในรัฐต่างๆทั่วสหรัฐอเมริกาพบว่ามีการปนเปื้อนของสารตะกั่ว และมีเพียง 1 ใน 4 ของปลาที่สำรวจพบเท่านั้นที่มีสารตะกั่วในตัวปลาในระดับที่ปลอดภัยเพียงพอที่จะบริโภคได้ตามมาตรฐานของหน่วยงานสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (10) และปลาทูน่าในร้านอาหารซูชิและซูเปอร์มาร์เกต และปลาทูน่ากระป๋อง มีสารตะกั่วมากกว่าปริมาณที่ US.EPA และ FDA กำหนด (11) ส่วนการปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำของประเทศไทยก็ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของตะกั่วที่สูงเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด เช่น ปลาทูน่าในน้ำเกลือบรรจุกระป๋อง (12) ปลาลิ้นหมาจากสะพานปลาแหลมฉบัง (13) ปลากะพงขาวที่จำหน่ายในตลาดล่าง นครปฐม (14) ปลา และหอยจากระบบบำบัดน้ำเสียและสระพังทอง (15) เป็นต้น



รูปที่ 1. กิจกรรมและสภาพแวดล้อมบริเวณรอบหนองเลิงเปือย

หนองเลิงเปือย จังหวัดขอนแก่น เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีประชาชนบริเวณใกล้เคียงทำการเกษตรและประมงซึ่งเส้นทางน้ำของหนองเลิงเปือยนั้นต่อจากบึงทุ่งสร้างดังแสดงในรูปที่ 1 ทำหน้าที่รับน้ำทิ้งจากบึงทุ่งสร้างและคลองร่องเหมือง และรับน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหาร บ้านเรือนริมหนองและพื้นที่เกษตรกรรม น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครขอนแก่นแล้วจะระบายลงสู่ท้ายบึงทุ่งสร้างและไหลล้นไปสู่หนองเลิงเปือย ดังนั้นคุณภาพน้ำในบึงทุ่งสร้างซึ่งรับน้ำเสียบางส่วนจากเทศบาลนครขอนแก่นจึงมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในหนองเลิงเปือย โดยในเขตอำเภอเมืองขอนแก่นก็มีกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่วได้ เช่น โรงงานหรือสถานประกอบการกลึงและเชื่อมโลหะประมาณ 43 แห่ง ชุบโลหะประมาณ 4 แห่ง เคาะพ่นสีประมาณ 11 แห่ง ซ่อมเคาะพ่นสีรถยนต์ประมาณ 9 แห่ง ซ่อมเครื่องยนต์ประมาณ 30 แห่ง ซ่อมรถยนต์ประมาณ 67 แห่ง ทำเครื่องเรือนจากไม้ประมาณ 10 แห่ง ทำวงกบประตูประมาณ 14 แห่ง พิมพ์สิ่งพิมพ์ประมาณ 10 แห่ง(16) และจากงานวิจัยหาปริมาณโลหะหนักในปลาจากระบบบำบัดน้ำเสียเทศบาลนครขอนแก่น ก็ตรวจพบตะกั่วในปลานิล 0.01-0.75 มก./กก ซึ่งมีค่าสูงจนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เมื่อเทียบกับมาตรฐานสารตะกั่วปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารที่ร่างกายได้รับใน 1 วันของ WHO (1993) ที่มีค่าเท่ากับ 0.51 มก./กก.อาหาร/วัน (17) น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครขอนแก่นแล้วจะระบายลงสู่ท้ายบึงทุ่งสร้างซึ่งก็พบว่าคุณภาพน้ำในบึงทุ่งสร้างเดือนตุลาคม 2539 มีปริมาณตะกั่วสูงเกินค่ามาตรฐานไม่เหมาะในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และในเดือนมกราคม, พฤษภาคม และกันยายน 2541 คุณภาพน้ำไม่เหมาะในการอุปโภคบริโภค มีปริมาณสารตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน (18,19) และน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่บึงทุ่งสร้างก็จะไหลล้นไปสู่หนองเลิงเปือยซึ่งพบว่าคุณภาพน้ำในหนองเลิงเปือยในปี 2545 นั้นมีปริมาณตะกั่วในน้ำไม่เกินมาตรฐาน แต่จะพบตะกั่วสะสมในปลานิลมีค่าสูงกว่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร มีค่าเฉลี่ย 1.91 มก./กก. และปริมาณการสะสมตะกั่วในแพลงก์ตอน ปลานิล และปลาช่อนมีมากกว่าน้ำถึง 721, 63 และ 15 เท่า ตามลำดับ (20) โดยในเดือนสิงหาคม 2551 พบว่า คุณภาพน้ำบริเวณสะพานบ้านเลิงเปือย อยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรมมาก และในเดือนมีนาคม-เมษายน 2551 และมีนาคม 2552 ก็ยังพบว่าอยู่ในเกณฑ์เสื่อมโทรม (21-23) และจากการศึกษาล่าสุดพบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในปลาตะเพียนและปลานิลจากหนองเลิงเปือย มีปริมาณสูงเกินมาตรฐานอาหารบริโภคต่อวัน (24) จากการพบการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มีค่าสูงในแหล่งน้ำและการสะสมในปลาดังที่กล่าวมานั้นอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคในห่วงโซ่อาหารได้ โดยแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนสารตะกั่วอาจเป็นเส้นทางของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียและอาจรองรับน้ำเสียโดยตรงจากชุมชน กิจการหรือโรงงานขนาดย่อม และการเกษตร เป็นต้น ในกรณีหนองเลิงเปือย ที่เป็นหนองน้ำล้นซึ่งเป็นแหล่งประมงที่ชุกชุมและมีการทำเกษตรกรรมที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนสารตะกั่วดังกล่าวอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือยได้ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับตะกั่วจากการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยจะทำให้ทราบว่าประชาชนผู้บริโภคมีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพหรือไม่และข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อสุขภาพของประชาชนต่อไป

2. วิธีวิจัย

ประชากร (Population)

ประชากรในการสำรวจข้อมูลการบริโภค คือ ผู้บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

1. กลุ่มตัวอย่างในการสำรวจข้อมูลการบริโภค คือ ตัวอย่างผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

2. กลุ่มตัวอย่างในการหาความเข้มข้นของตะกั่ว ได้แก่ ตัวอย่างสัตว์น้ำที่ประชาชนบริเวณหนองเลิงเปือยนิยมบริโภค 4 ชนิด ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่

ขนาดตัวอย่าง (Sample size)

การคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรใช้สูตรดังนี้

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2} \quad (25)$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่าง

α= ความผิดพลาดของการสรุปลักษณะประชากร (ให้ α= 0.05)

Z = Confidence coefficient ได้จากความเชื่อมั่นที่กำหนด (จะได้ $Z_{0.05/2}$ = 1.96)

σ^2= ความแปรปรวนของตัวแปรผลที่ใช้คำนวณขนาดตัวอย่าง

e= ความกระชับของการประมาณค่า

1. ขนาดตัวอย่างผู้บริโภคในการสำรวจเพื่อประเมินปริมาณสัตว์น้ำที่บริโภคต่อวันของประชาชน คำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร จากการสำรวจอัตราการบริโภคปลาของคนไทย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.079±0.01 กก./วัน (26) แทนค่าจากสูตรจะได้

$$n = \frac{1.96^2 x 0.010^2}{(0.079 x 3/100)^2} = 68.39$$

เมื่อ ให้ e เท่ากับร้อยละ 3 ของค่าเฉลี่ย

ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยทั้งหมดเท่ากับ 75 คน

2. ขนาดตัวอย่างสัตว์น้ำในการหาปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อน คำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร จากรายงานวิจัยการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในปลานิลจากหนองเลิงเปือย พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.11±1.13 มก./กก. (23) แทนค่าจากสูตรจะได้

$$n = \frac{1.96^2 x 1.13^2}{(2.11 \text{x} 12/100)^2} = 76.51$$

เมื่อ ให้ e เท่ากับร้อยละ 12 ของค่าเฉลี่ย

ผู้วิจัยจึงเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยทั้งหมด เท่ากับ 80 ตัวอย่าง ดังนั้นจะได้จำนวนตัวอย่างสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลานิล 20 ตัวอย่าง ปลาตะเพียน 20 ตัวอย่าง หอยขม 20 ตัวอย่าง และหอยเชอรี่ 20 ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. เครื่องมือในการสำรวจข้อมูลการบริโภค ใช้แบบสัมภาษณ์ข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือย ประกอบด้วย ชนิดของสัตว์น้ำที่บริโภค ความถี่ในการบริโภค ขนาดสัตว์น้ำที่บริโภค ปริมาณการบริโภค รูปแบบการรับประทาน ส่วนของปลาที่รับประทาน

2. เครื่องมือในการวิเคราะห์ตะกั่วในสัตว์น้ำ ใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Working conditions Lamp current: 5 mA, Fuel: acetylene, Support: air, Flame stoichiometry: oxidizing, Wavelength: 283.3 nm, Slit width 0.5 nm, Optimum working range 0.5-50 μg/ml)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลการบริโภค

1.1 การสุ่มตัวอย่างผู้บริโภค การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบผสม (27) คือ ใช้แบบเจาะจง (Purposive Sampling) กำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย สามารถสื่อสารความหมายและเข้าใจภาษาไทยได้ และมีอายุ 18 ปีขึ้นไป แล้วใช้แบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เลือกบุคคลที่จะศึกษาในกลุ่มที่บริโภค ผู้ที่ไม่ได้บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยจะไม่ถูกคัดเข้ามาในการศึกษา กำหนดพื้นที่เก็บตัวอย่างซึ่งเป็นประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรอบหนองเลิงเปือยหรือจับสัตว์น้ำอยู่บริเวณหนองเลิงเปือย จำนวน 75 คน

1.2 วิธีการเก็บข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำ ใช้แบบสัมภาษณ์ข้อมูลการบริโภค ซึ่งตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 4 ท่าน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญด้านพิษวิทยา ผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการ และอาจารย์ที่ปรึกษา และได้ดำเนินการขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

ในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น แล้วจึงนำแบบสัมภาษณ์ไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริง

1.3 การคำนวณอัตราการบริโภคสัตว์น้ำ ใช้การสัมภาษณ์และการคำนวณดังนี้

1) สัมภาษณ์ความถี่ในการบริโภคกรณีบริโภคทุกวันจะสัมภาษณ์ จำนวนมื้อ/วันที่บริโภค และกรณีไม่ได้บริโภคทุกวันจะสัมภาษณ์ จำนวนมื้อ/สัปดาห์ที่บริโภค

2) สัมภาษณ์ปริมาณการบริโภค จะสัมภาษณ์ขนาดของสัตว์น้ำที่บริโภคโดยให้ผู้บริโภคเลือกจากภาพของปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ที่บริโภค 3 ขนาด ซึ่งผู้วิจัยจะทราบน้ำหนักกรัมของส่วนที่บริโภคได้ (Edible portion) ของปลาและหอยแต่ละขนาด จากการนำปลาและหอยที่มีขนาดจริงเท่ากับในภาพทั้ง 3 ขนาด (ไม่แสดงในบทความนี้) มาชั่งน้ำหนักกรัมเฉพาะส่วนเนื้อที่บริโภคได้ และสัมภาษณ์ จำนวนตัว/มื้อที่บริโภค

3) คำนวณอัตราการบริโภค

กรณีบริโภคทุกวัน

อัตราการบริโภค (กรัม/วัน) = จำนวนมื้อ/วัน x น้ำหนักกรัมของส่วนที่บริโภคได้ x จำนวนตัว/มื้อ

กรณีไม่ได้บริโภคทุกวัน

อัตราการบริโภค (กรัม/วัน) = (จำนวนมื้อ/สัปดาห์) / 7 x น้ำหนักกรัมของส่วนที่บริโภคได้ x จำนวนตัว/มื้อ

2. การหาความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างน้ำ และสัตว์น้ำ

2.1 การสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบในพื้นที่ (Systematic Sampling) โดยเก็บตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือย ณ จุดเดียวกัน จำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมด 20 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างสัตว์น้ำทั้งหมด 80 ตัวอย่าง ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่ประชาชนบริเวณหนองแห่งนี้นิยมจับมาบริโภคเป็นส่วนใหญ่ ทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนธันวาคม 2554 - เมษายน 2555

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำและการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เก็บตัวอย่างน้ำแบบแยก (Grab Sample) ในช่วงเวลา 10.00-11.00น ตัวอย่างน้ำที่ได้ถือเป็นตัวแทนของน้ำจากหนองเลิงเปือย ณ เวลาและจุดที่ทำการเก็บเท่านั้น หนองเลิงเปือยเป็นแหล่งน้ำนิ่งจึงทำการเก็บน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตร โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ Van Dorn Bottle และภาชนะที่ใช้บรรจุตัวอย่างน้ำใช้ขวดพลาสติกโพลีเอทธิลีน การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำเติมกรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3) ประมาณ 1 ml ให้ pH<2 เพื่อละลายโลหะ ป้องกันการตกผลึก เขย่าให้เข้ากัน บรรจุใส่ลังเก็บให้เรียบร้อยเพื่อส่งห้องปฏิบัติการ ภายใน 24 ชั่วโมง

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำ และการเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์น้ำ เก็บตัวอย่างสัตว์น้ำสดที่เป็นตัวโตเต็มวัยจากหนองเลิงเปือยที่ประชาชนจับมาบริโภคซึ่งเจริญเติบโตตามธรรมชาติของแหล่งน้ำ นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก วัดความยาว และเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างโดยแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาตรวจวิเคราะห์ โดยใช้เฉพาะส่วนเนื้อที่รับประทานได้มาบดรวมกันก่อนนำไปวิเคราะห์

2.4 การวิเคราะห์ตะกั่วในตัวอย่างน้ำ การย่อยสลายตัวอย่างน้ำดำเนินการตามวิธีของ APHA (28) สกัดโลหะด้วยวิธี Nitric acid digestion และนำไปวิเคราะห์ค่าตะกั่วด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

2.5 การวิเคราะห์ตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำ ดำเนินการตามวิธีของ AOAC (29) ด้วยการนำส่วนเนื้อของสัตว์น้ำที่รับประทานได้มาทำให้แห้งเป็นเถ้าที่ 450 องศาเซลเซียส โดยค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้น ($\leq$ 50 องศาเซลเซียส) เติม 6M HCl (1+1) และระเหยสารละลายจนแห้ง ส่วนที่เหลือละลายใน 0.1M HNO_3 และวิเคราะห์ด้วยการเผาด้วยเปลวไฟ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่ว ดำเนินการตามขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเชิงปริมาณดังนี้

3.1 การประเมินการรับสัมผัสสาร (Exposure assessment) จากผลปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในตัวอย่างสัตว์น้ำและข้อมูลอัตราการบริโภคที่ได้ นำมาคำนวณในสมการการได้รับสัมผัสจากการรับประทานสัตว์น้ำในขั้นตอนการประเมินการรับสัมผัสสารตะกั่วตามสมการของ Example Exposure Scenarios ของ US.EPA (30) ดังนี้

$$LADD_{POT\ fishing} = \frac{C_{fish} * IR_{fish} * EF * ED}{BW * AT} \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่ $LADD_{POT\ fishing}$ = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคปลาที่ปนเปื้อนที่จับจากพื้นที่ที่ปนเปื้อน (มก./กก./วัน)

C_{fish} = ความเข้มข้นของการปนเปื้อนในปลา (มก./กรัม ปลา)

IR_{fish} = อัตราการบริโภคปลา (กรัม/วัน)

EF = ความถี่ของการสัมผัส (วัน/ปี)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)

BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.น้ำหนักตัว)

AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (วัน)

3.2 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดต่อสุขภาพของประชากรที่สัมผัสสารตะกั่วให้ออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณใช้การอธิบายลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมีแบบสารที่ไม่ก่อมะเร็ง อธิบายได้โดยค่า Hazard Quotient (HQ) ที่มีความหมายเดียวกับค่า Margin of Safety (MOS) ซึ่งแสดงค่าสัดส่วนของตัวแปร ดังสูตรการคำนวณ ดังนี้

MOS or HQ = Daily Intake/ RfD สมการที่ 2

โดย Daily Intake = ปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย (มก./กก./วัน)

RfD = Reference Dose (มก./กก./วัน)

ถ้าค่า HQ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพได้ หรือไม่มีความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ (No significant risk) แต่ถ้าค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับเกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร (A potential risk)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำ ใช้สถิติ ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

2. ข้อมูลความเข้มข้นของตะกั่ว ใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95

3. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งผิวดินของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (31) และค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอาหารของกระทรวงสาธารณสุข (32) มาตรฐานอาหารของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (33) มาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป (34) และมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (35)

3. ข้อมูลประเมินการได้รับสัมผัสตะกั่วจากการบริโภค ใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในการประเมินการสัมผัสและนำมาอธิบายลักษณะความเสี่ยงอันตราย เพื่อประเมินและสรุปความน่าจะเป็นของประชากรออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณว่ามีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายด้านสุขภาพจากตะกั่วในการบริโภคบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยหรือไม่

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วในสัตว์น้ำและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในการบริโภคสัตว์น้ำที่มีตะกั่วปนเปื้อนบริเวณหนองเลิงเปือย จังหวัดขอนแก่น โดยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะปัจจัยเสี่ยงและวิถีทางเข้าสู่ร่างกายโดยการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองแห่งนี้ ผลการวิจัยได้ ดังนี้

3.1.1 ข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

การบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยพบว่า การบริโภคสัตว์น้ำทุกคนบริโภคปลานิล รองลง

มาบริโภคปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ ร้อยละ 77.33, 14.67 และ 8.00 ตามลำดับ น้ำหนักตัวของปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ที่บริโภค มีค่าอยู่ระหว่าง 140.00-260.00, 85.00-250.00, 3.00-5.00 และ 3.00-12.00 กรัม ตามลำดับ และส่วนใหญ่จะรับประทานปลาส่วนที่เป็นเนื้อ อัตราการบริโภคสัตว์น้ำแต่ละชนิด ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.43-360.00, 5.00-315.00, 0.04-7.13 และ 0.36-14.29 กรัม/วัน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.36±68.83, 49.00±53.94, 1.60±2.00 และ 5.27±6.19 กรัม/วัน และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 184.00, 105.00, 4.68 และ 13.58 กรัม/วัน ตามลำดับ และอัตราการบริโภคสัตว์น้ำหลายชนิดมีค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัม/วัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. อัตราการบริโภคสัตว์น้ำที่จับจากหนองเลิงเปือย

สัตว์น้ำ	ปริมาณผู้บริโภค จำนวน (ร้อยละ)	อัตราการบริโภค (กรัม/วัน)		
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95
ปลานิล	75 (100.00)	1.43	360.00	184.00
ปลาตะเพียน	58 (77.33)	5.00	315.00	105.00
หอยขม	11 (14..67)	0.04	7.13	4.68
หอยเชอรี่	6 (8.00)	0.36	14.29	13.58

3.1.2 ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างน้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในตัวอย่างน้ำจากหนองเลิงเปือยทั้งหมด จำนวน 20 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.04 มก./ล. และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02±0.01 มก./ล. ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างน้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

	ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำ (มก./มล.)
ค่าเฉลี่ย	0.02
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.01
ค่าต่ำสุด	0.01
ค่าสูงสุด	0.04

3.1.3 ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย ชนิดละ20 ตัวอย่าง พบว่า น้ำหนักตัวของปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่อยู่ระหว่าง 105.00-255.00, 60.00-300.00, 0.86-4.95 และ 2.83-12.29 กรัม ตามลำดับ มีความเข้มข้นของตะกั่วในเนื้ออยู่ระหว่าง 0.02-0.07, 0.01-0.22, 0.36-2.38 และช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.95 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04±0.02, 0.06±0.05, 0.89±0.53 และ 0.26±0.28 มก./กก. น้ำหนักแห้ง และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 0.07, 0.13, 2.05 และ 0.74 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วที่ตรวจพบในสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยกับมาตรฐานตะกั่วในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข (32) มาตรฐานอาหารของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (33) มาตรฐานอาหารของสหภาพยุโรป (34) และมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (35) พบว่า ความเข้มข้นของ

ตะกั่วในปลานิล ปลาตะเพียน และหอยเชอรี่ มีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ความเข้มข้นของตะกั่วในหอยขมมีค่าเกินมาตรฐานตะกั่วในอาหารของกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดให้ไม่เกิน 1 มก./กก. (32) ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานตะกั่วในหอยของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ที่กำหนดให้ไม่เกิน 2 มก./กก. (33) ร้อยละ 10.00 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3. ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

ความเข้มข้นของตะกั่ว (มก./กก. น้ำหนักแห้ง)	ปลานิล	ปลาตะเพียน	หอยขม	หอยเชอรี่
ค่าเฉลี่ย	0.04	0.06	0.89	0.26
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.02	0.05	0.53	0.28
ค่าต่ำสุด	0.02	0.01	0.36	ช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้
ค่าสูงสุด	0.07	0.22	2.38	0.95
ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95	0.07	0.12	2.04	0.74

ตารางที่ 4. จำนวนและร้อยละของความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยที่เกินมาตรฐานอาหารของไทยและต่างประเทศ

มาตรฐาน	ตะกั่ว (มก./กก.)	จำนวน (ร้อยละ) ความเข้มข้นตะกั่วที่เกินมาตรฐาน			
		ปลานิล	ปลาตะเพียน	หอยขม	หอยเชอรี่
1. มาตรฐานอาหารกระทรวงสาธารณสุข (29)	- อาหาร 1.00	0 (0.00)	0 (0.00)	**6 (30.00)**	0 (0.00)
2. มาตรฐานอาหารออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (30)	- ปลา 0.50	0 (0.00)	0 (0.00)		
	- หอย 2.00			2 (10.00)	0 (0.00)
3. มาตรฐานอาหารสหภาพยุโรป (31)	- ปลา 0.30	0 (0.00)	0 (0.00)		
4. มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (32)	- ปลา 0.10	0 (0.00)	0 (0.00)		

3.1.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่ว

การประเมินการรับสัมผัสสาร (Exposure assessment) จากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณหนองเลิงเปือยและนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดต่อสุขภาพของประชากรที่ได้รับสารตะกั่วให้ออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้การอธิบายลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมีแบบสารที่ไม่ก่อมะเร็ง จากการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำตามสมการของ US.EPA (30) ดังสมการที่ 1 พบว่า การบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 0.07, 0.13, 2.05 และ 0.74 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ด้วยอัตราการบริโภคสัตว์น้ำแต่ละชนิดที่ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 184.00, 105.00, 4.68 และ 13.58 กรัม/วัน ตามลำดับ จะได้รับปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคสัตว์น้ำแต่ละชนิด เท่ากับ 0.15, 0.16, 0.11 และ 0.12 ไมโครกรัม/กก./วัน ตามลำดับ และหากบริโภคสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือยหลายชนิดที่มีการปนเปื้อน

สารตะกั่วที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 1.05 มก./กก. น้ำหนักแห้ง ด้วยอัตราการบริโภคสัตว์น้ำหลายชนิดที่ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัม/วัน ตามลำดับ จะได้รับปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคสัตว์น้ำหลายชนิด เท่ากับ 1.63 ไมโครกรัม/กก./วัน ดังแสดงในตารางที่ 5 และดังแสดงในตัวอย่างการคำนวณท้ายตารางที่ 5 ปริมาณสารตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคสัตว์น้ำหลายชนิดมีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่ว คือ 25 ไมโครกรัม/กก (36) (หรือคิดเป็นร้อยละ 45.64 ของค่า PTWI)

ตารางที่ 5. ปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำ

ชนิด	ความเข้มข้นของตะกั่ว ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 (มก./กก.น้ำหนักแห้ง)	อัตราการบริโภค ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 (กรัม/วัน)	ปริมาณสารตะกั่ว ที่ได้รับตลอดช่วงชีวิต จากการบริโภค (ไมโครกรัม/กก./วัน)
การบริโภคปลานิล	0.07	184.00	0.15
การบริโภคปลาตะเพียน	0.13	105.00	0.16
การบริโภคหอยขม	2.05	4.68	0.11
การบริโภคหอยเชอรี่	0.74	13.58	0.12
การบริโภคสัตว์น้ำหลายชนิด	1.05	136.50	1.63

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อน

แทนค่า จากสมการที่ 1 ดังต่อไปนี้

C_{fish} = ความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยหลายชนิด ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 1.05 มก./กก. หรือ 0.00105 มก./กรัม

IR_{fish} = อัตราการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือยหลายชนิด ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัม/วัน

EF = ความถี่ของการสัมผัส 365 วัน/ปี เนื่องจากข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนการบริโภคประจำวันโดยเฉลี่ยในระยะยาว เช่น มากกว่าหนึ่งปี (33)

ED = ระยะเวลาที่สัมผัส 50 ปี การใช้ค่านี้อนุมานว่าผู้คนจะรับประทานปลาที่จับได้ในท้องถิ่นสำหรับช่วงบนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของช่วงเวลาที่อาศัยอยู่ 50 ปี เช่น ในช่วงชีวิตของผู้ใหญ่ทั้งหมด ระหว่างอายุ 20 และ 70 ปี (33)

BW = น้ำหนักตัวเฉลี่ยของผู้บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย 62.63 กก.

AT = ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย สำหรับผู้ใหญ่จะมีค่าเท่ากับช่วงชีวิตของแต่ละบุคคลที่จะประเมิน ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย 70 ปี ใช้สำหรับสมาชิกของประชากรทั่วไป ในการคำนวณค่านี้จะถูกแปลงเป็น 25,550 วัน (เช่น 70 ปี x 365 วัน/ปี) (33)

จะได้ ปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนบริเวณหนองเลิงเปือย

$$= \frac{0.00105 \text{ มก./กรัม} \times 136.50 \text{ กรัม/วัน} \times 365 \text{ วัน/ปี} \times 50 \text{ ปี}}{63.63 \text{ กก.} \times 25{,}550 \text{ วัน}}$$

= 0.00163 มก./กก./วัน = 1.63 ไมโครกรัม/กก./วัน

3.2 การอภิปรายผล

จากผลการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนในการบริโภคสัตว์น้ำที่มีตะกั่วปนเปื้อนบริเวณหนองเลิงเปือยอภิปรายผลได้ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

กลุ่มตัวอย่างผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย จำนวน 75 คน พบว่า อัตราการบริโภคปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่มีค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 184.00, 105.00, 4.68 และ 13.58 กรัม/วัน ตามลำดับ และอัตราการบริโภคสัตว์น้ำรวมกันทุกชนิดมีค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 307.26 กรัม/วัน ซึ่งอัตราการบริโภคปลานิล และอัตราการบริโภคสัตว์น้ำรวมกันทุกชนิดมีค่ามากกว่าอัตราการบริโภคปลาพื้นเมืองของประชากรผู้ใหญ่อเมริกันพื้นเมืองที่ยังชีพที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 170 กรัม/วัน (30)

3.2.2 ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างน้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างน้ำจากหนองเลิงเปือยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.04 มก./ล. ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02$\pm$0.01 มก./ล. มีค่าไม่เกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (31) ที่กำหนดให้ตะกั่วมีค่าไม่เกินกว่า 0.05 มก./ล. แต่ก็เป็นค่าความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำที่ควรต้องเฝ้าระวังเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความเข้มข้นสูงสุดของตะกั่วในน้ำ เท่ากับ 0.04 มก./ล. ซึ่งมีความใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งการสะสมของตะกั่วในแหล่งน้ำอาจมีผลทำให้มีการสะสมของตะกั่วในระบบห่วงโซ่อาหารอย่างเช่นสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นได้นอกจากนี้ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำจากหนองเลิงเปือยที่ตรวจวัดได้ยังมีความใกล้เคียงกับผลการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งพบว่าในปี 2545 ปริมาณตะกั่วปนเปื้อนในน้ำจากหนองเลิงเปือยมีค่าเฉลี่ย 0.03 มก./ล. (20)

3.2.3 ความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย

ความเข้มข้นของตะกั่วที่ตรวจพบในตัวอย่างปลานิล ปลาตะเพียน และหอยเชอรี่บริเวณหนองเลิงเปือยมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ความเข้มข้นของตะกั่วในหอยขมมีค่าเกินมาตรฐานตะกั่วในอาหารของกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดให้ไม่เกิน 1 มก./กก. (32) ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานตะกั่วในหอยของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ที่กำหนดให้ไม่เกิน 2 มก./กก. (33) ร้อยละ 10.00 ซึ่งปริมาณการปนเปื้อนของตะกั่วในหอยขมก็มีค่าสูงสุดในตัวอย่างสัตว์น้ำทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์ซึ่งอาจเนื่องมาจากลักษณะการกินอาหารและลักษณะที่อยู่อาศัยของหอยขมที่มีส่วนแตกต่างจากสัตว์น้ำอื่นๆ คือ นอกจากหอยขมจะกินตะไคร่น้ำ พืชน้ำ แพลงก์ตอน สาหร่ายและอินทรีย์สาร รวมทั้งซากอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย และอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตามทั่วไป เหมือนดังเช่นปลานิล ปลาตะเพียน และหอยเชอรี่แล้ว หอยขมจะสามารถกินผงตะกอนที่จมอยู่ตามผิวดินเต็มที่และมักอาศัยอยู่ในนาข้าวที่เป็นพื้นดินหรือโคลน หรือจมอยู่ในโคลน (37-39) ซึ่งปริมาณตะกั่วที่พบในพืชจะน้อยกว่าที่พบในดิน เมื่อสัตว์กินพืชที่มีตะกั่วเข้าไป ร่างกายจะไม่สามารถดูดซึมตะกั่วได้มากนัก ส่วนใหญ่จะขับออกทางอุจจาระ (40) สารพิษส่วนใหญ่ที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะถูกปล่อยไปในอากาศหรือในน้ำมักจะเข้าไปสะสมในดินหรือตะกอนดิน (1) ทำให้หอยขมสามารถรับตะกั่วที่อาจปนเปื้อนอยู่ในดินตะกอนเข้าไปได้มากกว่าปลานิล ปลาตะเพียน และหอยเชอรี่ที่ไม่ได้กินและอาศัยอยู่ในดินตะกอน ซึ่งความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิลและปลาตะเพียนที่อาศัยอยู่ตามผิวน้ำและไม่ได้อาศัยอยู่ในดินนี้ก็มีความใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของตะกั่วในหอยขมที่มักอาศัยอยู่ในดินโคลนนั้นมีค่ามากกว่าความเข้มข้นของตะกั่วในหอยเชอรี่ที่มักวางไข่บริเวณที่แห้งเหนือน้ำและจำศีลอยู่ในพื้นที่นา ถึง 2-4 เท่า แม้ว่าจากการศึกษาที่ผ่านมาจะพบว่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือยมีค่าสูงกว่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร ดังเช่น ในปี 2545 พบตะกั่วสะสมในปลานิลมีค่าสูงกว่ามาตรฐานโลหะหนักในอาหาร มีค่าเฉลี่ย 1.91 มก./กก. (20) และในปี 2554 ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในปลาตะเพียนและปลานิลจากหนองเลิงเปือย ก็พบว่ามีปริมาณสูงเกินมาตรฐานอาหารมี ตามลำดับ (41) ซึ่งมีความเข้มข้น

ของตะกั่วสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารพิษหลายชนิดโดยเฉพาะโลหะหนักมีลักษณะเฉพาะที่เรียกว่า bone seeker เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะมุ่งไปสะสมในกระดูก ตัวอย่างเช่น พบว่า 90% ของตะกั่วในร่างกายสะสมในโครงร่าง คือ กระดูก การสะสมที่กระดูกของสารเคมีส่วนใหญ่ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในทันที เช่น กรณีของตะกั่ว (42) สารตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำกระจายและเข้าไปสะสมในกระดูกได้อย่างรวดเร็ว (1) ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าร่างกายระยะแรกมักอยู่ในสภาพ Lead diphosphate ซึ่งสามารถกระจายไปตามเนื้อเยื่ออ่อนต่างๆ หลังจากนั้นบางส่วนเข้าไปสะสมที่กระดูกในสภาพ Lead triphosphate ทั้งนี้ประมาณร้อยละ 30 ของตะกั่วในร่างกายสะสมอยู่ที่เนื้อเยื่ออ่อน และอีกร้อยละ 70 สะสมอยู่ที่กระดูก (43) จึงอาจทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำในการศึกษาครั้งนี้ถูกดูดซึมเข้าไปสะสมอยู่ที่กระดูกของสัตว์น้ำมากกว่าอยู่ที่เนื้อก็เป็นได้ และอาจเนื่องมาจากการหาความเข้มข้นของตะกั่วในการศึกษาที่ผ่านมาใช้วิธีการย่อยแบบเปียกซึ่งต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ที่ใช้วิธีการย่อยแบบแห้ง ความเข้มข้นของตะกั่วที่พบจากการย่อยแบบเปียกมีค่าสูงกว่าการย่อยแบบแห้ง ดังมีผู้ศึกษาการเปรียบเทียบเทคนิคการย่อยเพื่อหาปริมาณตะกั่วในปลากระป๋องพบว่าการย่อยแบบเปียกให้ค่าปริมาณตะกั่วมากกว่าการย่อยแบบแห้งค่อนข้างมาก การย่อยแบบเปียกมีความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 จากการย่อยแบบแห้ง จึงกล่าวได้ว่าการย่อยที่มีรูปแบบแตกต่างกันจะให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุที่ทำการวิเคราะห์และการเลือกรูปแบบการย่อยที่เหมาะสมกับธาตุชนิดนั้นๆ (44) ประโยชน์หลักของการย่อยแบบเปียกคือการขจัดความสูญเสียของธาตุโดยการระเหย เนื่องจากการย่อยเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งมีข้อเสียคือการปนเปื้อนสารและต้องให้ความสนใจในการดำเนินการ ส่วนการทำให้แห้งเป็นเถ้าเป็นวิธีการที่สามารถใช้สำหรับการกำหนดองค์ประกอบหลายอย่างในตัวอย่างปลาและอาหารทะเล ได้แก่ Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Mn,Co, Na และ K โดยอุปสรรคสำคัญที่จะทำให้แห้งเป็นเถ้าคือการสูญเสียโลหะเนื่องจากการระเหย แต่ถ้าอุณหภูมิในเตาเผาหยุดที่ 450-500 °C การสูญเสียจากการระเหยจะน้อยที่สุด วิธีการทำให้แห้งเป็นขี้เถ้าใช้เวลาน้อยกว่าการย่อยแบบเปียก เมื่อระดับของตะกั่วและแคดเมียมต่ำเกินไปที่จะวัดได้โดยตรงการสกัดด้วยตัวทำละลายสามารถใช้เพื่อให้ธาตุเหล่านี้เข้มข้น (45)

3.2.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่ว

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดต่อสุขภาพของประชากรที่สัมผัสสารตะกั่วบริเวณหนองเลิงเปือย พบว่า การบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองเลิงเปือย ได้แก่ ปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ จะได้รับปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคสัตว์น้ำแต่ละชนิด เท่ากับ 0.15, 0.16, 0.11 และ 0.12 ไมโครกรัม/กก./วัน ตามลำดับ และหากบริโภคสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือยหลายชนิดจะได้รับปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภค เท่ากับ 1.63 ไมโครกรัม/กก./วัน ซึ่งปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่บริโภค ปริมาณสารตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคสัตว์น้ำต่อสัปดาห์ทั้งหมดมีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่ว คือ 25 ไมโครกรัม/กก. (36) (หรือคิดเป็นร้อยละ 45.64 ของค่า PTWI) สอดคล้องกับผลการสำรวจเบื้องต้นที่ผ่านมาซึ่งพบว่ามีการปนเปื้อนสารตะกั่วเฉลี่ยในปลานิลและปลาตะเพียน 2.71$\pm$ 0.78 และ 2.11$\pm$ 0.78 มก./กก.น้ำหนักเปียก ตามลำดับ และปริมาณการได้รับตะกั่วจากการบริโภคปลานิลและปลาตะเพียนจากหนองเลิงเปือยมีค่าเท่ากับ 5.06 และ 3.94 ไมโครกรัม/กก./สัปดาห์ ไม่เกิน PTWI (หรือคิดเป็นร้อยละ 20.24 และ15.76 ของค่า PTWI ตามลำดับ) แต่เมื่อประเมินโอกาสเสี่ยงโดยใช้การผันแปรจำนวนมื้อ/วัน จะพบว่าการบริโภคปลา $\geq$3 วัน/สัปดาห์ และความถี่ $\geq$2 มื้อ/วัน ปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับจะมีค่าเกิน PTWI หรือมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในปลาเข้าสู่ร่างกายที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการบริโภค (41) แม้นวิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำจากการศึกษาที่ผ่านมานั้นใช้วิธีการย่อยที่แตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้และผลที่ได้ก็มีความ

แตกต่างกัน แต่ก็พบว่าช่วงความต่างนั้นไม่ได้มีผลกระทบต่อการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเนื่องจากไม่มีความแตกต่างกัน แต่น่าสนใจที่ความเสี่ยงต่อสุขภาพนั้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการบริโภคเช่นเดียวกัน ดังนั้นผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำที่อาจมีการปนเปื้อนสารสารตะกั่วอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพควรพึงตระหนักว่าโอกาสรับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ในระยะยาวนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณการบริโภคของแต่ละบุคคล แม้ว่าการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณหนองเลิงเปือยจะพบว่าไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ แต่ก็พบการปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำบางชนิดที่มีค่าเกินมาตรฐานจึงควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนแบบสะสมของตะกั่วในแหล่งน้ำล้นนี้และแหล่งน้ำอื่นๆ ที่มีการประมงอยู่เสมอ เพื่อป้องกันผลกระทบต่อความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารต่อไปซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะใช้เป็นแนวทางสื่อสารความเสี่ยงต่อสุขภาพแก่ประชาชนในการประกอบการประมงและการบริโภคสัตว์น้ำบริเวณหนองน้ำล้นได้ถึงการป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วจากการบริโภค

4. สรุป

การวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วในสัตว์น้ำมีความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิล ปลาตะเพียน หอยขม และหอยเชอรี่ ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานอาหาร ยกเว้นความเข้มข้นของตะกั่วในหอยขมมีค่าเกินมาตรฐานตะกั่วในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข ร้อยละ 30.00 และเกินมาตรฐานตะกั่วในหอยของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ร้อยละ 10.00 และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรที่บริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณหนองเลิงเปือยมีปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคสัตว์น้ำแต่ละชนิด เท่ากับ 0.15, 0.16, 0.11 และ 0.12 ไมโครกรัม/กก./วัน ตามลำดับ และหากบริโภคสัตว์น้ำจากหนองเลิงเปือยหลายชนิดจะได้รับปริมาณสารตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภค เท่ากับ 1.63 ไมโครกรัม/กก./วัน ซึ่งไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) อย่างไรก็ตามการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารตะกั่วอาจก่อให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ต่อสุขภาพได้โดยขึ้นอยู่กับปริมาณและความถี่ของการบริโภคอาหาร เนื่องจากการปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำบางชนิดมีค่าเกินมาตรฐานจึงควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนแบบสะสมของตะกั่วในแหล่งน้ำล้นนี้และแหล่งน้ำอื่นๆ ที่มีการประมงอยู่เสมอเพื่อป้องกันผลกระทบต่อความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณประชาชนบริเวณหนองเลิงเปือยทุกท่านในความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างในการศึกษาวิจัย และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ช่วยสนับสนุนทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Boonsanher M. Environmental toxicology. 4th ed. Nakornpathom: Sinlapakorn University Parajchawungsanamjan campus; 2006. Thai.

(2) Teskatueg AT. Helth risk assessment. Bangkok: Airkeef pnit company; 2009.Thai.

(3) Uyak V. Multi-pathway risk assessment of trihalomethanes exposure in Istandbul drinking water supplies. Environ Int. 2005;32(1): 12-21.

(4) Namso W, Lamad S. Analysis of heavy metals in fish from Nong-Bo area by comparison between graphite furnance atomic absorption spectrophotometry and voltammetry techniques. Mahasarakham: Faculty of Science and technology, Rajabhat Mahasarakham University; 2006. Thai.

(5) Aussanawarong S. The toxicity of heavy metals. In: Teacher of Department of Toxicology, Faculty of Pharmacy Khon Kaen University. Toxic chemicals in everyday life. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2005. P.81. Thai.

(6) Fongsatitkul P. Tutorial of Environmental health (Unit 1-7). 2nd ed. Bangkok: Chaounpim; 2003. Cited from Engineering Science. National Hazardous Waste Management Plan: draft final report. Prepared for Office of the National Environmental Board; 1989. Thai.

(7) Environmental Protection Agency (EPA) Ireland. National Hazardous Waste Management Plan 2008-2012 [Internet]. 2008 [cited 2012 June 16]. Available from: http://www.epa.ie/downloads/pubs/waste/haz/nhwmp2008.pdf

(8) Kerdklay S, Shininmanoo S. The Disease Surveillance Report 2005 [Internet]. 2005 [cited 2011 October 1]. Available from: http://epid.moph.go.th. Thai.

(9) Ubalua AO, Chijioke UC, Ezeronye OU. Determination and assessment of heavy metal content in fish and shellfish in Aba river, Abia state, Nigeria. KMITL Sci. Tech. J. 2007;7(1): 16-23.

(10) Nanriga. Fish in the United States River contaminated with lead. [Internet]. 2009 [cited 2011 July 1]. Available from: http://www.nicaonline.com/webboard/index.php?action=printpage; topic=14075.0. Thai.

(11) Office of science and technology, Royal Thai Embassy, Washington D.C. Science and technology news from Washington: Hazardous of lead in fish. [Internet]. 2010 [cited 2011 July 1]. Available from: http://www.ostc. thaiembdc.org. Thai.

(12) Plathong U. Determination of lead, cadmium and chromium in canned tuna in salinity by atomic absorption spectrophotometer. Nakornpathom: Faculty of Science and Technology, Rajabhat Nakornpathom Institute; 2003. Thai.

(13) Punyakorn B, Pongpluthong R, Sopon A, Wongsorntham K. Heavy metals concentration in tissue of Tongue Sole (*Cynoglossus bilineatus*) from Laemchabang Coastal, Chonburi province. In Proceedings of 43rd Kasetsart University Annual Conference. Bangkok, 2005. P.535-539. Thai.

(14) Jongsathapudsin J, Ruangsri S, Sangsukeium P, Chidtong R. Determination of lead, cadmium and chromium in sea bass by using atomic absorption spectrophotometry. Rajabhat West Journal. 2009;3(2): 21-30. Thai.

(15) Division of Research Wastewater Management Authority, Ministry of Natural Resources and Environment. The study of heavy metal residues in fish from wastewater treatment system. Sakon Nakhon municipality, Sakon Nakhon province [Internet]. 2007 [cited 2011 October 1]. Available from: http://www.wma.or.th/www/home.php?module=event-detail&lang=Mg==&id=MTU=&pageid =&dir=. Thai.

(16) Department of Industrial Works. Factory Information by area [Internet]. 2011 [updated 2011 Sep 5; cited 2011 October 1]. Available from http://www2.diw.go.th/factory/tumbol.asp. Thai.

(17) Sungsitthisawad W, Nienvitoon T,Inmuong U,Thiramanus T. Bioaccumulation of heavy metals in aquatic biota from Khon Kaen city wastewater treatment system. KKU Research J. 2009;4(2): 63-73. Thai.

(18) Sungsitthisawad W, Nienvitoon T,Inmuong U,Thiramanus T. Pollutants and heavy metal in recreation waters in Khon Kaen municipality. Khon Kaen: Khon Kaen University; 1998. Thai.

(19) Inmuong U, Fucon P, Inmuang Y, Sungsitthisawad W. The study of water quality variation of

tungsang reservoir. Thailand Journal of Health Promotion and Environmental Health. 2008; 21(4): 22-34. Thai.

(20) Doungmontree P. Bioaccumulation of Heavy Metals in Water Through Trophic Level. [MPH thesis]. Khon Kaen: Faculty of Public Health; Khon Kaen University; 2002. Thai.

(21) Provincial Offices for Natural Resources and Environment Khon Kaen. Plan of action for the management of natural resources and environment in Khon Kaen province, Fiscal Year 2009-2011. Khon Kaen: The Office; 2008. Thai.

(22) Provincial Offices for Natural Resources and Environment Khon Kaen. Plan of action for the management of natural resources and environment in Khon Kaen province, Fiscal Year 2009. Khon Kaen: The Office; 2009. Thai.

(23) Provincial Offices for Natural Resources and Environment Khon Kaen. Plan of action for the management of natural resources and environment in Khon Kaen province, Fiscal Year 2010. Khon Kaen: The Office; 2010. Thai.

(24) Kiatsayomphu S, Chaiklieng, S. Assessment on Heavy Metals Contamination and Health Risk of Contaminant Exposure from Consumptions of Fish in Loeng Puay Marsh at Khon Kaen Province. In: Sing Menorath, editor. Global Preventive Public Health Challenges among Greater Mekong Sub-Regional Countries. The 3rd International Conference on Public Health among Greater Mekong Sub-Regional Countries; 9-10 August 2011; International Cooperation & Training Center. Vientiane; Lao PDR; 2011. P.82.

(25) Jirawutkul A. Biostatistics for the Health Science Research. 3rd ed. Khon Kaen: Klungnanawittaya; 2008. Thai.

(26) FAO. Food consumption [Internet]. 1990-2007 [cited 2011 October 1]. Available from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/Food Production Main Groups_en.xls. Thai.

(27) Phopueksanun N. Research methods. 5th ed. Bangkok: Expertnet; 2008. Thai.

(28) American Public Health Association (APHA). Standard methods for the examination of water & wastewater. 21st ed. [n.p.]; 2005.

(29) AOAC. Official Methods of Analysis. 18th ed. Maryland: AOAC International; 2006.

(30) U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Example Exposure Scenarios. Washington DC: National Center for Environmental Assessment; 2004.

(31) The National Environment Board [Internet]. 1994 [updated 1994 Feb 24; cited 2011 October 1]. Available from: http://www.onep.go.th/content/pra/committee_announcement08.htm

(32) Ministry of Public Health. Food contaminants standard [Internet]. 1998 [updated 1998 Feb 16; cited 2011 October 1]. Available from: http://iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/data/announ_moph /P98.pdf. Thai.

(33) Food Standard Australia and New Zealand. Standard 1.4.1 contaminants and Natural toxicants [Internet]. 2000 [cited 2012 May 1]. Available from: http://www.comlaw.gov.au/Details/ F2011C00542

(34) EU. Commission regulation (EC) No 1881/ 2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance) [Internet]. 2006 [cited 2011 October 1]. Available from: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:EN:PDF

(35) Codex. Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed (CODEX STAN 193-1995) [Internet]. 2007 [cited 2011 October 1]. Available from: http://www.fao.org/ filead-min/user_upload/livestockgov/documents/1_CXS_193e.pdf

(36) Joint FAO/WHO Food standards programme (JECFA). Report of the twenty-eighth session of the codex committee on food additives and contaminants. Codex alimentarius commission twenty-second session. Geneva, 23–28 June 1997.

(37) Wikipedia free encyclopedia. River snail [Internet]. 2011 [cited 2011 October 1]. Available from: http://th.wikipedia.org /wiki. Thai.

(38) Phantaneeya K. River snail farming [Internet]. 2002 [cited 2011 October 1]. Available from: http://www.nicaonline. com/articles3/site/view_article.asp?idarticle=115. Thai.

(39) Faculty of Science and Technology. Sakon Nakhon Rajabhat University. River snail [Internet]. 2009 [cited 2011 October 1]. Available from: http://pineapple-eyes.snru.ac.th/animal/nonghan/ index.php?q =node/184. Thai.

(40) Ruttanapanon N, Ruttanapanon W. Toxins in food. Bangkok: Odeon Store; 2000. Thai.

(41) Kiatsayomphu, S. and Chaiklieng, S. Assessment on heavy metals contamination and health risk of contaminant exposure from consumptions of fish in Loeng Puay marsh at Khon Kaen province. Thai J Toxicology. 2011;26(2): 43-56. Thai.

(42) Kungsadalumpai K. Food Toxicology and Nutrition. Bangkok: Mashalhongkun-SCB; 2003. Thai.

(43) Juengprasert W, Suntontum S. Occupational Medicine, Issue toxicology. Bangkok: Cyberpress; 1999. Thai.

(44) Pholsawhai A, Rungmat A. The comparison of the techniques of digestion to find the quantities of iron and lead in canned fish. Mahasarakham: Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Mahasarakham Institute; 2002. Thai.

(45) PerkinElmer Inc. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy [Internet]. 1996. [cited 2012 May 1]. Available from: http://www.lasalle.edu/~prushan/Intrumental%20Analysis _files/AA-Perkin%20Elmer%20guid