

RESEARCH ARTICLE

Arsenic Accumulation in the Striped Snakehead Fish (*Channa striatus*) and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Estimation of Daily Consumption

Siricomsun Hasuk¹, Komkrich Pimpukdee¹, Piyawat Saipan^{1*}

Abstract

Objective — The aim of this study were to examine the accumulation of arsenic in Striped snakehead fish (*Channa striatus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from Loei and Khonkaen provinces and to estimate daily intake rates of arsenic by consumption of freshwater fish.

Materials and Methods — The samples were collected from the total of 12 farms in 2 provinces and 5 samples from each farm between March and December 2009. Samples were acid digested and arsenic concentrations were measured by atomic absorption spectrophotometer. Estimation of daily consumption is referenced throughout the present study using the WHO's guideline.

Results — The ranges of arsenic concentration in Striped snakehead fish and Nile tilapia were 0.67 – 4.85 µg/g and 0.42 – 1.86 µg/g, respectively with mean 2.28 ± 1.20 µg/g and 1.05 ± 0.50 µg/g, respectively. The daily intake rate of arsenic were between 1.03 and 5.88 µg/day for Striped snakehead fish and 0.45 – 2.02 µg/day for Nile tilapia.

Conclusion — The daily intake of arsenic via consumption of the Striped snakehead fish and Nile tilapia from the target area were below the value of provisional tolerable daily intake.

KKU Vet J. 2010;20(1):45–52

<http://vet.kku.ac.th/journal/>

Keywords: Arsenic, Striped snakehead fish, Nile tilapia

¹Department of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Khonkaen University, Khonkaen 40002 Thailand

*Corresponding author: spiyaw@kku.ac.th

ปริมาณสารหนูสะสมในปลาช่อนและปลานิล และประมาณการได้รับผ่านการบริโภค

ศิริคมสันต์ หาสุข¹, คมกริช พิมพ์ภักดี¹, ปิยวัฒน์ สายพันธุ์^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อหาปริมาณสารหนูที่สะสมในปลาช่อนและปลานิลที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดเลย และขอนแก่น และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินปริมาณการได้รับสารหนูที่ปนเปื้อนในเนื้อปลาผ่านการบริโภค **วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ** เก็บตัวอย่างปลาช่อนและปลานิลจากทั้งหมด 12 บ่อเลี้ยงปลา บ่อละ 5 ตัวอย่างจากเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเลยและขอนแก่นระหว่างเดือนมีนาคมถึงธันวาคม 2552 วิเคราะห์หาปริมาณสารหนูโดยการย่อยด้วยกรดและเครื่องมืออะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ประมาณค่าการได้รับสารหนูผ่านการบริโภคตามวิธีในคู่มือขององค์การอนามัยโลก

ผลการศึกษา สารหนูตกค้างในเนื้อปลาช่อนและปลานิลมีค่าระหว่าง 0.67 - 4.85 $\mu\text{g/g}$ และ 0.42 - 1.86 $\mu\text{g/g}$ และค่าเฉลี่ย $2.28 \pm 1.20 \mu\text{g/g}$ และ $1.05 \pm 0.50 \mu\text{g/g}$ ตามลำดับ ผลการประเมินการได้รับสารหนูผ่านการบริโภคเนื้อปลาทั้งสองชนิด พบว่าการได้รับสารหนูผ่านการบริโภคปลาช่อนมีค่าระหว่าง 1.03 - 5.88 $\mu\text{g/day}$ และปลานิล 0.45 - 2.02 $\mu\text{g/day}$

ข้อสรุป การได้รับสารหนูที่ปนเปื้อนในเนื้อปลาช่อนและปลานิลผ่านการบริโภคจากพื้นที่ดำเนินการวิจัยมีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับให้มีได้ต่อวัน

วารสารสัตวแพทยศาสตร์ มข. 2553;20(1):45-52

<http://vet.kku.ac.th/journal/>

คำสำคัญ : สารหนู ปลาช่อน ปลานิล

¹ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

*ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ E-mail: spiyaw@kku.ac.th

บทนำ

สารหนู (arsenic) เป็นธาตุกึ่งโลหะที่พบได้ทั่วไปในหินและดินที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกโลก การปนเปื้อนของสารหนูในห่วงโซ่อาหารมาจากการปนเปื้อนตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ และของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เมื่อเข้าสู่ธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำและดิน สารหนูจะไม่ถูกทำลายแต่มีการเปลี่ยนรูปและสะสมในพืชหรือสัตว์ที่มนุษย์ใช้บริโภค ชนิดของสารหนูที่พบปนเปื้อนในอาหารสำหรับมนุษย์แบ่งได้ 2 ชนิด คือ สารหนูอินทรีย์ (organic arsenic) และสารหนูอนินทรีย์ (inorganic arsenic) ซึ่งเรียกผลรวมของปริมาณสารหนูทั้ง 2 รูปแบบว่าสารหนูทั้งหมด (total arsenic) สารหนูอนินทรีย์ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพมนุษย์

ได้มากกว่าสารหนูอินทรีย์ โดยพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งกับมนุษย์และพืชอื่นๆ ที่ไม่ใช่การเกิดมะเร็งกับหลายอวัยวะในร่างกาย [1, 2, 3]

การปนเปื้อนของสารหนูในระบบนิเวศของแหล่งน้ำพบมีรายงานทั่วโลกและก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพมนุษย์ในหลายประเทศ เช่น บังคลาเทศ อินเดียและไต้หวัน รวมถึงในประเทศไทยที่มีรายงานการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารหนูปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม น้ำและอาหารที่อำเภอร้อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช [4] จากข้อมูลของกรมธรณีวิทยาพบว่าจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 3 จังหวัด ได้แก่ เลย หนองบัวลำภู และหนองคายเป็นจังหวัดที่มีสายแร่ซึ่งมีสารหนูเป็นส่วนประกอบพาดผ่านตามธรรมชาติ จึงเป็นไปได้ว่าอาจพบสารหนูปนเปื้อนในแหล่งน้ำและสัตว์น้ำในพื้นที่ดังกล่าว อีกทั้งลักษณะพื้นที่ที่ติดต่อกับแม่น้ำโขงซึ่งมีรายงานว่าพบสารหนูปนเปื้อนตลอดทั้งสายน้ำตั้งแต่ประเทศจีน เวียดนาม และกัมพูชา [4, 5, 6] แต่การศึกษาปริมาณสารหนูในน้ำ ตะกอนดินและสัตว์น้ำในลุ่มน้ำโขงด้านภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยที่ติดต่อกับประเทศลาวยังไม่มีรายงานมากนัก Jankong และคณะ [7] รายงานว่าตัวอย่างปลาช่อนจากพื้นที่อำเภอร้อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราชมีสารหนูทั้งหมดปนเปื้อนในเนื้อปลาสูงถึง 13.1 - 22.2 $\mu\text{g/g}$ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเทียบเท่ากับอาหารทะเล จึงแนะนำให้ศึกษาเพิ่มเติมในปลาน้ำจืดชนิดอื่น ๆ และพื้นที่ที่มีสายแร่ผ่านเพื่อเป็นการเฝ้าระวัง สัตว์น้ำมักถูกใช้เป็นตัวชี้วัด (indicator) สำคัญของการสะสมมลพิษในสิ่งแวดล้อม ปลาช่อน (Striped snakehead, *Channa striata*) และปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) เป็นอาหารที่คนไทยนิยมบริโภคมากกว่าอาหารทะเลหลายชนิด จึงอาจมีการสะสมของสารหนูและส่งผลเสียต่อสุขภาพมนุษย์ได้ ดังนั้นการศึกษาดังนี้จึงมุ่งเน้นเก็บตัวอย่างปลาที่เลี้ยงในพื้นที่จังหวัดเลยซึ่งมีโอกาสพบการปนเปื้อนได้มาก เนื่องจากมีอุตสาหกรรมการทำเหมืองหินและลักษณะทางธรณีวิทยาโดยใช้ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดขอนแก่นเพื่อเปรียบเทียบ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เก็บตัวอย่างปลาช่อนและปลานิลที่เลี้ยงในบ่อของเกษตรกรจากพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และอำเภอวังสะพุง จังหวัดเลยโดยเป็นบ่อเลี้ยงปลาช่อนและปลานิลจังหวัดละ 3 แห่งรวมทั้งสิ้น 12 บ่อเลี้ยง เก็บตัวอย่างบ่อละ 5 ครั้งโดยการเก็บตัวอย่างจะดำเนินการในช่วงเวลาใกล้เคียงกันได้ตัวอย่างปลาช่อน 30 ตัวอย่างและปลานิล 30 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างทั้งหมดที่จะวิเคราะห์ 60 ตัวอย่าง บรรจุในกล่องน้ำแข็งและขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ วัดขนาดและน้ำหนักของปลาแต่ละชนิดแยกเอาเฉพาะส่วนเนื้อปลาเท่านั้นที่จะใช้ในการทดลอง ล้างด้วยน้ำสะอาดแล้วบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บรักษาตัวอย่างทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะดำเนินการวิจัยในลำดับต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารหนูทั้งหมดตามวิธีของ Pedlar และ Klavervkamp [8] ดังนี้ ใช้ตัวอย่างจำนวน 0.5 กรัมเติมด้วยส่วนผสมของกรดไนตริก (nitric acid, 4 mL) กรดซัลฟูริก (sulfuric acid, 0.5 mL) และกรดเปอร์คลอริก (perchloric acid, 1 mL) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จึงเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิ 200°C นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 15 mL และกรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid) 7.5 mL ปล่อยให้สารละลายเย็นลงแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 25

mL ด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออนก่อนที่จะส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูทั้งหมดด้วยเครื่องมืออะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (hydride generation system- atomic absorption spectrophotometer, HG-AAS) การควบคุมคุณภาพของวิธีวิเคราะห์โดยใช้วัสดุอ้างอิง (Standard reference material-Dog fish muscle, NRC, Canada) และวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณสารหนูที่ประเมินได้ด้วยสถิติ Student's *t*-test

การประเมินปริมาณการได้รับสารหนูผ่านการบริโภคประยุคที่ใช้วิธีอ้างอิงขององค์การอนามัยโลก (WHO) [9] ในเรื่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเสี่ยงเพื่อกำหนดมาตรฐานอาหาร โดยการประเมินการได้รับสารผ่านการบริโภค คำนวณได้จากผลคูณของปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ความเข้มข้นของสารในตัวอย่างอาหาร (มิลลิกรัม/กรัมของอาหาร) และปริมาณการบริโภค (มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน) แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานด้านความปลอดภัยที่กำหนด อย่างไรก็ตามสามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการบริโภคให้อยู่ในหน่วย มิลลิกรัม/วันได้ เพื่อหลีกเลี่ยงความผันแปรของน้ำหนักตัวซึ่งอาจกระทบต่อปริมาณการบริโภคเพราะคนที่น้ำหนักมากและน้อยต่างกันอาจไม่แปรผันตรงกับอัตราการบริโภค ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงประเมินผลปริมาณการได้รับจากผลคูณระหว่างความเข้มข้นของสารหนูที่ตรวจวัดได้จากตัวอย่าง (มิลลิกรัม/กรัมของอาหาร) และปริมาณการบริโภคเนื้อปลาช่อนและปลานิล (มิลลิกรัม/วัน)

ผลการศึกษา

วิธีวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณสารหนูในตัวอย่างเนื้อปลามีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 93.4 ± 3.2 % และมีค่าจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ $0.05 \mu\text{g/g}$ ปลาช่อนที่ใช้เป็นตัวอย่างมีขนาดความยาวประมาณ 25 ± 4.2 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 306 ± 20.5 กรัม ส่วนปลานิลมีขนาดความยาว 16 ± 5.4 เซนติเมตรและน้ำหนักเฉลี่ย 215 ± 10.6 กรัม ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณสารหนูทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างปลาช่อนและปลานิลคือ $2.28 \pm 1.20 \mu\text{g/g}$ และ $1.05 \pm 0.50 \mu\text{g/g}$ ตามลำดับ โดยมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างปลาช่อนคือ 0.67 และ $4.85 \mu\text{g/g}$ ในตัวอย่างปลานิลคือ 0.42 และ $1.86 \mu\text{g/g}$ ปริมาณสารหนูที่พบในตัวอย่างปลาช่อนที่เก็บจากพื้นที่จังหวัดเลยมีปริมาณสูงกว่าตัวอย่างจากจังหวัดขอนแก่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) และปลาช่อนมีปริมาณสารหนูสะสมในปริมาณที่สูงกว่าปลานิลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) ดังรายละเอียดใน **Table 1**

วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารหนูปนเปื้อนในเนื้อปลาช่อนสูงกว่าในปลานิล ทั้งนี้เนื่องมาจากพฤติกรรมการหากินของปลาช่อนที่ชอบหากินกันบ่อ ทำให้มีโอกาสได้รับสารหนูที่สะสมในตะกอนดินมากกว่า รวมทั้งระยะเวลาการเลี้ยงจนถึงจำหน่ายของปลาช่อนใช้เวลานานประมาณ 6 - 8 เดือน ขณะที่ปลานิลใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงประมาณ 3 - 5 เดือนเท่านั้น จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปลาช่อนได้รับสัมผัสสารหนูในสิ่งแวดล้อมนานกว่า และเกิดการสะสมในเนื้อเยื่อได้มากกว่า ผลการศึกษา

ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ที่ทำการศึกษาของจังหวัดเลยอาจมีปริมาณสารหนูในดินหรือแหล่งน้ำมากกว่าจังหวัดขอนแก่น ส่วนที่พบว่าสารหนูในปลาชนิดนี้มีปริมาณไม่แตกต่างกันเนื่องมาจากระยะเวลาการเลี้ยงและพฤติกรรมการหากินดังที่กล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตามขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ไม่นำตัวอย่างน้ำดินและอาหารที่ใช้เลี้ยงมาวิเคราะห์ร่วมด้วย ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

Table 1. Arsenic Concentration in Striped Snakehead Fish and Nile Tilapia

Fish	Province	Arsenic concentration ($\mu\text{g/g}$)	
		Mean \pm SD	Range
Striped snakehead	Loei (n = 15)	3.06 \pm 1.42	1.12 - 4.85
	Khonkaen (n = 15)	1.40 \pm 0.79*	0.67 - 2.56
	Total (n) = 30	2.28 \pm 1.20	0.67 - 4.85
Nile tilapia	Loei (n = 15)	1.15 \pm 0.28	0.86 - 1.86
	Khonkaen (n = 15)	0.81 \pm 0.44	0.42 - 1.22
	Total (n) = 30	1.05 \pm 0.50**	0.42 - 1.86

*Significantly difference from Loei (p-value < 0.05), ** Significantly difference from the Striped snakehead fish (p-value < 0.05)

Table 2. Arsenic Concentration in Fish from Different Countries

Country	Fish species	Arsenic concentration ($\mu\text{g/g}$)	References
Croatia	Carp	0.02 - 0.07	Has-Schon <i>et al.</i> [12]
	Grey mullet	0.26 - 0.42	
	Eel	0.08 - 0.12	
Spain	Sardine	3.53 - 3.94	Falco <i>et al.</i> [13]
	Tuna	0.99 - 1.25	
	Mackerel	1.73 - 7.47	
	Salmon	1.60 - 2.37	
	Red mullet	15.39 - 17.77	
	Cuttle fish	2.45 - 5.33	
USA	Blue fish	0.26 \pm 0.04	Burger and Gochfeld [14]
	Cod	2.2 \pm 0.5	
	Flounder	3.3 \pm 0.4	
Thailand	Sardine	5.8 \pm 0.04	Rattanachongkiat <i>et al.</i> [15]
	Catfish	2.5 \pm 0.3	
	Tiger prawn	11 \pm 0.5	
	Crab	17 \pm 1.1	
Thailand	Snakehead fish	13.1 - 22.2	Jankong <i>et al.</i> [7]
Thailand	Snakehead fish	0.67 - 4.85	Present study
	Nile tilapia	0.42 - 1.86	

ปริมาณสารหนูทั้งหมดที่พบในปลาน้ำจืดในการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาจากอีกหลายรายงาน เช่น Rosemond และคณะ [10] รายงานว่าตัวอย่างปลาน้ำจืด 5 ชนิดในแคนาดาพบสารหนูทั้งหมดในปริมาณตั้งแต่ 0.54 - 1.15 $\mu\text{g/g}$ ในประเทศไทย Jankong และคณะ [7] เก็บตัวอย่างปลาช่อนที่เลี้ยงในบ่อน้ำของเกษตรกรในอำเภอรอนพิบูลย์ซึ่งมีสารหนูปนเปื้อนในปริมาณสูง ตรวจพบสารหนูทั้งหมดในเนื้อปลาได้มากถึง 22.2 $\mu\text{g/g}$ และเป็นสารหนูอนินทรีย์ 0.73 $\mu\text{g/g}$ ซึ่งเป็นปริมาณการปนเปื้อนที่สูงมากกว่าการศึกษาในครั้งนี้สำหรับข้อมูลในปลานิลยังมีรายงานไม่มากนัก Liao และคณะ [11] รายงานปริมาณสารหนูที่ตรวจพบในปลานิลจากฟาร์มที่มีสารหนูปนเปื้อนในประเทศไต้หวัน พบว่ามีปริมาณสารหนูทั้งหมดระหว่าง 0.94 - 15.1 $\mu\text{g/g}$ (ค่าเฉลี่ย 3.55 ± 0.42 $\mu\text{g/g}$) ซึ่งปริมาณสารหนูดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมของแต่ละภูมิภาคและปริมาณการปนเปื้อนในแหล่งน้ำหรือตะกอนดิน **Table 2** แสดงตัวอย่างของปริมาณสารหนูที่พบในปลาและสัตว์น้ำที่ทำการศึกษาในแต่ละประเทศ

WHO [3] รายงานว่ามนุษย์ได้รับสารหนูผ่านการบริโภคอาหารตั้งแต่ 20 - 300 $\mu\text{g/day}$ และมีเพียงร้อยละ 1 - 25 ของปริมาณทั้งหมดที่ได้รับเท่านั้นเป็นสารหนูอนินทรีย์ (inorganic arsenic) ในขณะที่ปัจจุบันการประเมินผลเสียต่อสุขภาพมนุษย์ใช้สารหนูชนิดอนินทรีย์เท่านั้นมาประเมิน โดย WHO กำหนดค่าปริมาณสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ผ่านการบริโภคต่อสัปดาห์ (provisional maximum tolerable weekly intake, PTWI) สำหรับสารหนูอนินทรีย์ไว้ที่ 15 $\mu\text{g/kg BW/week}$ หรือ 2.1 $\mu\text{g/kg BW/day}$ หรือคิดเป็นปริมาณ 128.6 $\mu\text{g/day}$ สำหรับผู้ใหญ่ [3] เนื่องจากการวิเคราะห์สารหนูในรูปอนินทรีย์มีวิธีการที่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นหลายรายงานการศึกษาจึงใช้ข้อมูลอ้างอิงจากหน่วยงานหรือรายงานวิจัยในการประมาณค่าสารหนูอนินทรีย์ อัตราส่วนของสารหนูอนินทรีย์ต่อสารหนูทั้งหมดแตกต่างกันตามชนิดของอาหาร Schoof และคณะ [16] รายงานว่าร้อยละ 68 ของสารหนูทั้งหมดที่ตรวจพบในข้าวเป็นสารหนูชนิดอนินทรีย์ ในขณะที่มีเพียงร้อยละ 1 - 22 ของสารหนูที่ตรวจพบในปลาน้ำจืดเป็นสารหนูอนินทรีย์ และปลาน้ำเค็มพบสารหนูชนิดอนินทรีย์เพียงร้อยละ 0 - 3 เท่านั้น ในขณะที่องค์กรสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, U.S. EPA) เลือกใช้ปริมาณสารหนูชนิดอนินทรีย์ในสัตว์น้ำจืดเพียงร้อยละ 1.5 เท่านั้นในการประเมินความเสี่ยงสำหรับมนุษย์ [2] จากข้อมูลการศึกษานี้ถ้าใช้ข้อมูลอ้างอิงของ U.S. EPA ว่าอัตราของสารหนูอนินทรีย์ต่อสารหนูทั้งหมดที่พบในปลาช่อนและปลานิลเท่ากับร้อยละ 1.5 ดังนั้นปริมาณสารหนูในรูปอนินทรีย์จะมีปริมาณต่ำสุดและสูงสุดในตัวอย่างปลาช่อนคือ 0.01 - 0.07 $\mu\text{g/g}$ และในตัวอย่างปลานิลคือ 0.006 - 0.03 $\mu\text{g/g}$ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานสารปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข [17] ที่กำหนดให้สารหนูในรูปอนินทรีย์มีค่าไม่เกิน 2 mg/kg สำหรับสัตว์น้ำและอาหารทะเล

สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช) [18] รายงานอัตราการบริโภคเนื้อปลาช่อนของคนไทยโดยเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ 97.5 เท่ากับ 14.75 และ 84 กรัม/วัน และปลานิลคือ 14.56 และ 67.20 กรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อใช้ข้อมูลการบริโภคเนื้อปลาข้างต้นมาประเมินร่วมกับความเข้มข้นของสารหนูชนิดอนินทรีย์ที่ได้จากการศึกษานี้ตามวิธีใน [9] พบว่า มีค่าต่ำกว่า

ปริมาณสูงสุดที่ยอมรับให้มีได้ผ่านการบริโภคเมื่อคิดเทียบต่อวันตามที่ WHO กำหนดดังแสดงใน **Table 3** อย่างไรก็ตามการได้รับสารหนูผ่านการบริโภคสามารถเกิดขึ้นได้จากอาหารอีกหลายชนิด และอาหารเหล่านั้นอาจมีปริมาณสารหนูชนิด อนินทรีย์ในสัดส่วนที่สูงโดยเฉพาะข้าว ธัญพืชและเนื้อสัตว์ นอกจากนี้วิธีการปรุงอาหารอาจมีผลต่อปริมาณสารหนู ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมให้ครอบคลุม รวมทั้งการวิเคราะห์ปริมาณสารหนูชนิดอนินทรีย์ในปลาน้ำจืดโดยตรงเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการนำไปประเมินความเสี่ยง การสะสมของโลหะหนักต่างๆสามารถเปลี่ยนแปลงตามอัตราการอุปโภคสินค้าและบริการที่เพิ่มสูงขึ้นของมนุษย์เนื่องจากโลหะหนักหลายชนิดเป็นส่วนประกอบในสินค้าเหล่านั้น เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ยาและปุ๋ย เป็นต้น หากไม่มีการบำบัดอย่างถูกต้อง ก่อให้เกิดออกสู่สิ่งแวดล้อม โลหะหนักจะเข้าสู่ระบบนิเวศของปศุสัตว์และประมงได้สูงขึ้นด้วยจึงควรมีแนวทางในการเฝ้าระวังและศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง

Table 3. Arsenic Daily Intake via Freshwater Fish Consumption

Fish	Intake rate (g/day)*		Inorganic arsenic concentration (µg/g)**	Daily intake rate (µg/day)	
	Mean	97.5th percentile		Mean	97.5th percentile
Snakehead fish	14.75	84.00	0.07	1.03	5.88
Nile tilapia	14.56	67.20	0.03	0.45	2.02

*The data referred from National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards of Thailand (2006),

** Based on inorganic arsenic per total arsenic of 1.5 percentage, WHO safety level for inorganic by food consumption is 128.6 µg/day.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ กองทุนวิจัย 40 ปี มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับโครงการพัฒนานักวิจัยใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี พ.ศ. 2552

เอกสารอ้างอิง

1. Pongratz R. Arsenic speciation in environmental samples of contaminated soil. *Sci Total Environ.* 1998;224:133-141.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for arsenic. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. 2007.
3. World Health Organization (WHO). Environmental Health Criteria 224: Arsenic and arsenic compounds. World Health Organization, Geneva. 2001.

4. Department of Environmental Quality Promotion (DEP). Final report: Risk assessment of arsenic in Ronphibun district, Nakhonsithammarat province. Department of Environmental Quality Promotion, Thailand. 2005.
5. Buschmann J, Berg M. Impact of sulfate reduction on the scale of arsenic contamination in groundwater of the Mekong, Bengal and Red River deltas. *Appl Geochem*. 2009;28:1278-1286.
6. Polya DA, Berg M, Gault AG, Takahashi Y. Arsenic in ground waters of South-East Asia: with emphasis on Cambodia and Vietnam. *Appl Geochem*. 2008;23:2968-2975.
7. Jankong P, Chalhoub C, Kienzl N, Goessler W, Francesconi KA, Visoottiviseth P. Arsenic accumulation and speciation in freshwater fish living in arsenic-contaminated waters. *Environ Chem*. 2007;4:11-17.
8. Pedlar RM, Klaverkamp JF. Accumulation and distribution of dietary arsenic in lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Aquatic Toxicol*. 2002;57:153-166.
9. World Health Organization (WHO). Application of risk analysis to food standards issues. World Health Organization, Geneva. 1995.
10. Rosemond S, Xie Q, Liber K. Arsenic concentration and speciation in five freshwater fish species from Back Bay near Yellowknife, NT, Canada. *Environ Monit Assess*. 2008;147:199-210.
11. Liao CM, Chen BC, Singh S, Lin MC, Liu, CW, Han BC. Acute toxicity and bioaccumulation of arsenic in tilapia (*Oreochromis mossambicus*) from a blackfoot disease area in Taiwan. *Environ Toxicol*. 2003;18:250-259.
12. Has-Schon E, Bogut I, Strelec I. Heavy metal profile in five species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). *Arch Environ Contam Toxicol*. 2006;50:545-551.
13. Falco G, Llobert JM, Bocio A, Domingo JL. Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. *J Agric Food Chem*. 2006;54:6106-6112.
14. Burger J, Gochfeld M. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environ Res*. 2005;99:403-413.
15. Rattanachongkiat S, Millward GE, Foulkes ME. Detection of arsenic species in fish, crustacean and sediment samples from Thailand using high performance liquid chromatography (HPLC) coupled with inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *J Environ Monit*. 2004;6:254-261.
16. Schoof RA, Yost LJ, Crecelius E, Irgolic K, Gou HR, Greene H. Dietary arsenic intake in Taiwanese districts with elevated arsenic in drinking water. *Human Ecol Risk Assess*. 1998;4:117-135.
17. Food and Drug Administration of Thailand. Standard of arsenic in food. Food and Drug Administration, Thailand. 2003.
18. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards of Thailand (ACFS). Food consumption data of Thailand. 2006.

