



รายงานการวิจัย  
เรื่อง

การศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษ  
ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี

The study of water quality and health risk assessment for toxic  
chemicals in Prachin Buri river of Prachin Buri Province

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันปิติ ธรรมศรี  
อาจารย์สุวิทย์ นำภาว  
นางสาวจามรี กลางคาร

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต





รายงานการวิจัย  
เรื่อง

การศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษ  
ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี

The study of water quality and health risk assessment for toxic  
chemicals in Prachin Buri river of Prachin Buri Province

ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันปิติ ธรรมศรี

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต)

อาจารย์สุวิทย์ นำภาว

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต)

นางสาวจามรี กลางคาร

(คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต)

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ปีงบประมาณ 2561)



หัวข้อวิจัย	การศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี
ผู้ดำเนินการวิจัย	นางวันปิติ ธรรมศรี นายสุวิทย์ นำภาว นางสาวจามรี กลางคาร
หน่วยงาน	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
ปี พ.ศ.	2562

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดปราจีนบุรี โดยดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ 12 ตัวอย่าง ตัวอย่างสัตว์น้ำ จำนวน 5 ชนิด และตัวแทนประชาชนในชุมชน จำนวน 400 คน ผลการศึกษาพบว่า โดยรวมคุณภาพน้ำใน 3 ฤดูกาล มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.3-7.9 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าระหว่าง 7.2-10.6 ความขุ่น มีค่าระหว่าง 27-67 NTU ของแข็งแขวนลอย มีค่าระหว่าง 40-59 mg/l ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่าระหว่าง 5-13 mg/l แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าระหว่าง  $13.6 \times 10^3$ - $45.8 \times 10^3$  MPN/100 ml อาร์เซนิก มีค่าระหว่าง 0.001-0.004 mg/kg แคดเมียม มีค่าระหว่าง 0.02-0.376mg/kg ส่วนการสู่มิเคราะห์หาการปนเปื้อนของอาร์เซนิกในสัตว์น้ำ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลากด ปลานิล หอยขม และหอยเชอร์รี่ พบว่า การปนเปื้อนของอาร์เซนิกพบมากที่สุดในหอยเชอร์รี่ช่วงฤดูร้อน 0.374 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) ส่วนปลานิลพบมากที่สุดในช่วงฤดูหนาว 0.204 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) และกุ้งก้ามกรามพบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน 0.091 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) สำหรับการสู่มิเคราะห์หาการปนเปื้อนของแคดเมียม พบว่า การปนเปื้อนของแคดเมียมพบมากที่สุดในหอยเชอร์รี่ ช่วงฤดูร้อน 0.301 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) ส่วนกุ้งก้ามกรามพบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน 0.309 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) การประเมินการรับสัมผัสสารพิษต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารอาร์เซนิกของคนในชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์ในแม่น้ำปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่ที่ปนเปื้อนสารอาร์เซนิกมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.1507 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.บ้านสร้าง) และการประเมินการรับสัมผัสสารพิษต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารแคดเมียมของคนในชุมชน พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.426 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.บ้านสร้าง)

<b>Research Title</b>	The study of water quality and health risk assessment for toxic chemicals in Prachin Buri river of Prachin Buri Province
<b>Researcher</b>	Ms. Wanpiti Thammasri Miss. Chamaree Klangkarn MR. Suwit Numpa
<b>Organization</b>	Faculty of Science and Technology. Suan Dusit University
<b>Year</b>	2019

The purposes of this research were to study the water quality and health risk assessment of contaminated in Prachin Buri River from 4 districts of Prachin Buri province. Samples of water were sampled for 12 samples, 5 samples for aquatic animals and 400 peoples for community. The study of water quality in the three seasons found that pH values ranged between 7.3-7.9, dissolved oxygen values ranged between 7.2-10.6, turbidity values ranged between 27-67 NTU, suspended solids values ranged between 40-59 mg/l, biochemical oxygen demand values ranged between 5-13 mg/l, total coliform bacteria values ranged between  $13.6 \times 10^3$ - $45.8 \times 10^3$  MPN/100 ml, arsenic values ranged between 0.001-0.004 mg/kg, cadmium values ranged between 0.02-0.376 mg/kg. The arsenic contamination of aquatic animals was analyzed by random sampling from giant fresh water shrimp, naked catfishes, Nile tilapia, pond snail and golden applesnail. This research found that the contamination of arsenic was most in golden applesnail of summer 0.374 mg/kg (Ban Sang district), Nile tilapia was most in winter 0.204 mg/kg (Ban Sang district), and giant fresh water shrimp most in summer 0.091 mg/kg (Ban Sang district). The research found that the contamination of cadmium was most in golden applesnail of summer 0.301 mg/kg (Ban Sang district), giant fresh water shrimp most in summer 0.309 mg/kg (Ban Sang district). The health exposure assessment of arsenic in consumer's aquatic in the community from Prachin Buri River found that, the consumer's aquatic in golden applesnail opportunity to get the most arsenic in the summer  $1.1507 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (Ban Sang district). The evaluation in health exposure assessment of cadmium from consumer's aquatic found that, the consumer's aquatic in giant fresh water shrimp in summer  $1.426 \times 10^3$  mg/kg/day (Ban Sang district).

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณแผ่นดินด้านการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561 และท่านผู้ทรงคุณวุฒิอ่านประเมินผลการวิจัย ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ พร้อมกันนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ที่ให้การสนับสนุน วัสดุอุปกรณ์ สถานที่ในการศึกษา และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องที่ให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูล รวมถึงเกษตรกรในจังหวัดปราจีนบุรี ที่ได้ให้ความสะดวกในการเข้าศึกษาในพื้นที่เพื่อรวบรวม ข้อมูล และการศึกษา มา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

2562



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่จะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
แคดเมียม	4
สารหนู	6
การประเมินการสัมผัสสารเคมี	11
การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
กรอบแนวคิดในการวิจัย	15
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>18</b>
ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	18
เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	18
การเก็บรวบรวมข้อมูล	19
การวิเคราะห์ข้อมูล	19
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	19
การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	20

<b>บทที่ 4</b>	<b>ผลการวิจัย</b>	22
	การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี	22
	การศึกษาปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี	27
	การศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ	30
	การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	45
<b>บทที่ 5</b>	<b>สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	47
	สรุปผลการวิจัย	47
	อภิปรายผล	48
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	48
<b>บรรณานุกรม</b>		49
	บรรณานุกรมภาษาไทย	49
	บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	50
<b>ภาคผนวก</b>		52
	ภาคผนวก ก การเก็บตัวอย่างภาคสนาม	53
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>		59

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	คุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูหนาว พ.ศ. 2561	22
4.2	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูร้อน พ.ศ. 2561	24
4.3	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูฝน พ.ศ. 2561	25
4.4	ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561	27
4.5	ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561	27
4.6	ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561	28
4.7	ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561	28
4.8	ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2561	29
4.9	ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2561	29
4.10	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	31
4.11	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิก ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	31
4.12	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิก ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	32
4.13	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	32
4.14	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	33
4.15	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	34
4.16	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	34
4.17	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	35

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	36
4.19	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	36
4.20	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	37
4.21	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	37
4.22	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	38
4.23	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	39
4.24	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	39
4.25	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	40
4.26	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	41
4.27	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	41
4.28	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	42
4.29	การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	42
4.30	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี	43
4.31	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี	44
4.32	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี	44
4.33	การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี	45

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	การศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี	26
4.2	การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สู่ชุมชน	46
ก-1	พื้นที่ศึกษาวิจัยบริเวณแม่น้ำปราจีนบุรี	54
ก-2	การเก็บตัวอย่างน้ำภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	55
ก-3	การเก็บตัวอย่างปลาภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	56
ก-4	การเก็บตัวอย่างกุ้งภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	56
ก-5	การเก็บตัวอย่างหอยขมภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	57
ก-6	การเก็บตัวอย่างหอยเชอร์รี่ภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	57
ก-7	การเก็บตัวอย่างปลากตภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี	58



# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญ

ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำปราจีนบุรีตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งแม่น้ำปราจีนบุรีที่ไหลผ่านจังหวัดปราจีนบุรีนั้นเป็นแม่น้ำสายหลักที่สำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ ปัจจุบันคุณภาพน้ำผิวดินของแม่น้ำปราจีนบุรีโดยทั่วไปมีคุณสมบัติที่ต้องเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากมีการปนเปื้อนของสารแขวนลอยและสารเคมีค่อนข้างสูง ทั้งนี้เกิดจากบริเวณโดยรอบของแม่น้ำเป็นพื้นที่การเกษตรและอุตสาหกรรมที่มีการเปิดหน้าดินมากประกอบกับมีแหล่งชุมชนอาศัยอยู่โดยรอบตลอดแนวของลำน้ำ การปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูล สารอินทรีย์ ธาตุอาหารพืช โลหะหนัก สารเคมีกำจัดแมลง และสารพิษต่างๆ จึงมีค่อนข้างสูง โดยเฉพาะตั้งแต่ช่วงอำเภอกบินทร์บุรีลงมาถึงอำเภอบ้านสร้างคุณภาพน้ำเริ่มปรากฏเสื่อมโทรมมากขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของประชาชนในชุมชนโดยรอบได้ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2560) คุณภาพน้ำผิวดินในแม่น้ำปราจีนบุรีจึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษา และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงนั้นจะสามารถประเมินโอกาสที่จะเกิดผลเสียต่อสุขภาพของประชาชนจากการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพิษอันตรายที่จะก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ ซึ่งในบรรดาสารมลพิษต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารมลพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และโลหะหนักเหล่านี้ก็สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำได้ และจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามห่วงโซ่อาหาร และหากมีปริมาณความเข้มข้นสูงมากก็จะทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ตลอดจนผู้ที่นำสัตว์มาบริโภคได้ (สุพรรณษา เกียรติสยามภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง, 2012) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาคูณภาพน้ำและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษอันตรายที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ตั้งของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งในจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อบริการวิชาการและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยสู่ชุมชนในพื้นที่ดังกล่าวด้วย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษ (โลหะหนัก) ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีจังหวัดปราจีนบุรี และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก) ต่อคนในชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์ในแม่น้ำปราจีนบุรี ทั้งนี้ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจะเป็นการประเมินการสัมผัสสัมผัสของตัวแทนประชาชนที่ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคเป็นหลัก โดยอาศัยข้อมูลความเข้มข้นของสารพิษที่ปนเปื้อน ข้อมูลปริมาณการบริโภครวมถึงข้อมูลน้ำหนักตัวของประชาชนที่ศึกษา เป็นต้น (เฟื่องฟ้า โสภณพงศ์พิพัฒน์, 2553) สำหรับพื้นที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำปราจีนบุรีในเขตอำเภอกบินทร์บุรี อำเภอสรีมโหฬาร อำเภอมือง และอำเภอบ้านสร้าง ของจังหวัดปราจีนบุรี

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษ (โลหะหนัก) ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก) ต่อคนในชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์ในแม่น้ำปราจีนบุรี

## ขอบเขตการวิจัย

**ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง** ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) กลุ่มตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำ เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพและเคมี (ปริมาณสารพิษ: โลหะหนัก) ที่ปนเปื้อน และ 2) กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนประชาชนในชุมชนโดยรอบแม่น้ำปราจีนบุรีที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก)

**ขอบเขตด้านเนื้อหา** ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งตัวแปรที่จะศึกษาออกเป็น ตัวแปรต้น คือ ปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในน้ำและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ตัวแปรตาม คือ ผลกระทบและความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งของประชาชนที่ได้รับสัมผัสสารพิษ ในแม่น้ำปราจีนบุรี

ตัวแปรควบคุม คือ การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ด้วยวิธีของ US.EPA (1989)

**ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษาวิจัย** คือ แม่น้ำปราจีนบุรีที่ไหลผ่าน 4 อำเภอ คือ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง ของจังหวัดปราจีนบุรี

## คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

**คุณภาพน้ำ (Water quality)** หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์ซึ่งคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยและกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เป็นหลัก

**การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health Risk Assessment; HRA)** หมายถึง การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งรวมถึงโอกาส หรือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดผลเสียต่อร่างกายของมนุษย์

**สารพิษอันตราย (Toxic chemicals)** หมายถึง สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อมนุษย์ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม)

## ประโยชน์ที่จะได้รับ

### 1. การใช้ประโยชน์ด้านวิชาการ

- การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยการส่งผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ หรือ ระดับชาติ

### 2. การใช้ประโยชน์ด้านนโยบาย

- ระดับท้องถิ่น ในด้านการเพิ่มโอกาสในการรับรู้ความเสี่ยงจากสารพิษและแนวทางในการป้องกันสุขภาพจากการได้รับสารพิษที่ปนเปื้อนในน้ำและสัตว์น้ำให้กับประชาชนในชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบแม่น้ำปราจีนบุรี

- ระดับหน่วยงานของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต ในด้านการประสานประโยชน์และความร่วมมือในการพัฒนาความรู้เพื่อการบริการวิชาการแก่หน่วยงานภายนอก

### 3. การใช้ประโยชน์ด้านสังคมและชุมชน

- แนวทางการลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษแบบพึ่งพาตนเองเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพ ให้กับประชาชนในชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบแม่น้ำปราจีนบุรีที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แคดเมียม (Cadium; Cd)

##### 2.1.1 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์จากแคดเมียม

แคดเมียม เป็นธาตุโลหะหนักที่มีสีเงินแกมขาว มีคุณสมบัติ เบา อ่อน ดัดโค้งได้ง่าย และทนต่อการกัดกร่อน มีความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) 8.65 ค่า Mohs hardness 2.0 ค่า refractive index 1.13 จุดหลอมเหลว (m.p.) 302.90 องศาเซลเซียส จุดเดือด (b.p.) 7670 องศาเซลเซียส มีความดันไอ (vapor pressure) 1.4 mm. ที่ 4,000 องศาเซลเซียส และ 16 mm. ที่ 5,000 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อมีการใช้ความร้อนสูง เช่น การอบแร่การบัดกรีการหลอมเหล็กและการเผาของเสีย จะทำให้มีไอของแคดเมียมออกมาได้ในระหว่างกระบวนการที่มีการให้ความร้อน และไอของ แคดเมียมในอากาศจะถูกออกไซด์สอยอย่างรวดเร็วไปเป็นแคดเมียมออกไซด์ (CdO)

นอกจากนี้แคดเมียมยังเป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เจือจางซึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อคนแบบเฉียบพลันเมื่อกินเข้าไป โดยทั่วไปจะไม่ค่อยพบแคดเมียมในรูปของแคดเมียมบริสุทธิ์ แต่มักจะพบในรูปของสารประกอบของเกลือ เช่น cadmium sulfate (CdSO<sub>4</sub>) cadmium nitrate (CdNO<sub>3</sub>) cadmium chloride (CdCl<sub>2</sub>) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีและละลายได้ดีในน้ำ และแคดเมียมยังสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้โดยเฉพาะเมื่อรวมกับ cyanides และ amines (เชมซิด ธนาภิชาญเจริญ นงนาถ เมฆรังสิมันต์ และสุรชัย ศิลาภรณ์โชติ, 2561)

อย่างไรก็ตาม 10% ของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมมาจากแหล่งธรรมชาติ พบมากในถ้ำของภูเขาไฟ พืชผักที่เน่าเปื่อย อนุภาคของดินที่ลอยในอากาศ และควันจากไฟไหม้ป่า ส่วนอีก 90% มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ทางด้านการเกษตร มีการใช้สารประกอบแคดเมียมเป็นสารกำจัดเชื้อราแมลง และหนอน รวมทั้งพบเป็นสารปนเปื้อนในปุ๋ยฟอสเฟต ทำให้ปริมาณแคดเมียมบนผิวดินมีปริมาณสูงมากขึ้น นอกจากนี้มีการนำแคดเมียมไปใช้ประโยชน์ อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากแคดเมียมมีความทนทานต่อการสึกกร่อนได้เป็นอย่างดี จึงมีการนำแคดเมียมไปฉาบผิวโลหะต่างๆ เช่น เหล็ก เหล็กกล้า เป็นต้น หรือใช้ผสมกับโลหะอื่นเพื่อเพิ่มความเหนียวและความทนทานต่อการกัดกร่อน หรือเพิ่มให้มีคุณสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำในอุตสาหกรรมเคมี มีการใช้สารประกอบแคดเมียมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catabolyst) ในกระบวนการทางเคมีต่างๆ นอกจากนี้ยังมีการใช้แคดเมียมเป็นขั้วแคโทดของแบตเตอรี่ Nickel-Cadmium ชนิดที่เติมประจุใหม่ได้ (กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง, 2561)

กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทำให้เกิดการแพร่กระจายของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม และในห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิต โดยพบว่า พืชที่เติบโตในดินที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมจะมีการสะสมแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของพืชเมื่อสัตว์มากินพืชก็จะเกิดการสะสมแคดเมียมในส่วนต่างๆ ของร่างกายสัตว์ เช่น เลือด นม ขน ตับ ไต เป็นต้น เมื่อมีการแพร่กระจายของแคดเมียมลงสู่แหล่งน้ำ จะเกิดการสะสมอยู่ในตะกอนดิน หรือ ในรูปอนุภาคแขวนลอยในน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำจะได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายและสะสมในส่วนต่างๆ ของร่างกาย รวมทั้งเกิดการถ่ายทอดไปยัง ผู้บริโภคที่สูงขึ้นในห่วงโซ่อาหาร มนุษย์

ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่บริโภคเป็นหลัก โดยอาจปะปนมา กับพืชผักผลไม้ หรือ เนื้อสัตว์ที่นำมาปรุงเป็นอาหาร หรือ ได้รับผ่านทางหายใจเอาอากาศที่มีแคดเมียมปนเปื้อน อยู่ โดยเฉพาะในแหล่งอุตสาหกรรมที่ใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ (กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง, 2561)

### 2.1.2 ความเปื้อนพิษของแคดเมียม

จากการที่แคดเมียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภคบริโภคหลายชนิด จึงทำให้โลหะแคดเมียมเกิดการปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม บรรยากาศและในอาหาร ทำให้เราได้รับ แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางโดยไม่รู้ตัว คนทั่วไปจะได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่ บริโภคเข้าไปเป็นหลักโดยอาจติดปะปนมากับพืชผัก ผลไม้หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่นำมาปรุงเป็น อาหาร แคดเมียมอาจละลายอยู่ในน้ำที่เราดื่มและได้รับจากอากาศโดยหายใจเอาอากาศที่มีฝุ่น แคดเมียมฟุ้งกระจายอยู่ โดยเฉพาะในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ เช่น โรงงาน ทำแบตเตอรี่ หรือ บริเวณที่เป็นเหมืองทำแร่สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง ที่มักมีแคดเมียมปนอยู่ด้วยการ สัมผัสกับสิ่งของที่มีแคดเมียมปนสวนประกอบและการอยู่ในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมใน อากาศนานๆ จะทำให้แคดเมียมซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้อีกด้วย สำหรับผู้ที่สูบบุหรี่จัดจะทำให้ ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกายครึ่งหนึ่งจะไปสะสมอยู่ที่ ตับและไตทำให้เกิดพิษสะสมได้ในคน การขับแคดเมียมที่ร่างกายดูดซึมเข้าไปแล้วออกจากร่างกาย เป็นไปค่อนข้างช้ามาก เพราะวงจรครึ่งชีวิตของแคดเมียมในคนค่อนข้างยาว 16-33 ปี โดยความ เปื้อนพิษของแคดเมียม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ (เขมชาติ ธนาภิชาตเจริญ นงนาถ เมฆรังสิมันต์ และ สุรัชย์ ศิลาภรณ์โชติ, 2561) ดังนี้

#### 2.1.2.1 ความเปื้อนพิษแบบเฉียบพลัน

1) ความเปื้อนพิษต่อระบบทางเดินอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกิน ซึ่ง ส่วน ใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อนหรือบรรจุในภาชนะ ที่ เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏเริ่มแรก คือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เปื้อนตะคริว และน้ำลายฟูมปาก ในรายที่เป็นมากอาจเกิดอาการช็อคเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจถึงตายได้

2) ความเปื้อนพิษต่อระบบหายใจ การสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิด อาการระคายเคืองที่หลอดลม ปอด จมูก ลำคอ และยังทำให้เกิดอาการไอเวียนศีรษะอ่อนเพลีย หนาว สั่น มีไข้เจ็บหน้าอก

#### 2.1.2.2 ความเปื้อนพิษแบบเรื้อรัง

ความเปื้อนพิษจากแคดเมียมที่เกิดกับคนส่วนใหญ่มักเป็นแบบชนิด เรื้อรัง ซึ่งเกิดจาก การที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเข้าไปเป็นเวลานานติดต่อกัน ไตแก่

1) ความเปื้อนพิษต่อปอด ในคนที่หายใจเอาฝุ่นหรือไอ (fume) ของแคดเมียมเข้าไป ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการบวมหรือฟองของเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพในการระบายลม ของปอดจะลดลง ทำให้อากาศอยู่ภายในปอดนานกว่าปกติ มีอาการหายใจขัด หรือหายใจไม่ออก นอกจากนี้ยังพบว่าแคดเมียมทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง และมีพังผืดในปอดจับในทางเดินหายใจ

สวนกลาง เนื่องจากแคดเมียมจะเป็นตัวไปขัดขวางการสร้าง antitrypsin ซึ่งเป็นตัวควบคุม trypsin ในร่างกายคน ซึ่งสาร trypsin นี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองได้

2) ความเป็พิษต่อไต ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกันจะพบความเป็พิษที่ไตก่อนที่ปอด จะเกิดแผลที่ไต พิษต่อไตจะปรากฏโดยผู้ป่วยมีอาการของโปรตีนยูเรีย คือ ไต จะมีการขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาสวนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น microglobin lysozyme ribonuclease retinol binding protein และ immunoglobulin chains โดยชนิด ของโปรตีนที่ถูกขับออกมาจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าไตสวนใดถูกทำลาย เช่น ถ้าโปรตีนขนาดใหญ่ถูกขับออกมา แสดงว่า โกลเมอรูลัส (glomerulus) ถูกทำลาย แต่ ถ้าเป็นโปรตีนขนาดเล็กถูกขับออกมา แสดงว่าสวนของทิวบูลถูกทำลาย นอกจากโปรตีนแล้วยังอาจมีสารอื่นๆ ถูกขับออกมากผิดปกติด้วย เช่น กรดอะมิโน ทำให้เกิดอาการ aminoaciduria แคลเซียม ทำให้เกิดอาการ hypercalciumuria และกลูโคส ทำให้เกิดอาการ glucosuria เป็นต้น

3) ความเป็พิษที่กระดูก ที่ปรากฏเด่นชัดในกรณีการเกิดโรคออสไตโต โรคชนิดนี้เป็โรคกระดูกผุ คือ กระดูกจะพรุน กระดูกโก่ง งอโค้งได้ จะทำให้กระดูกเสียรูปทรง แตกร้าวและหักได้ เนื่องจากร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง

4) ความเป็พิษต่อระบบเลือดเขาสุหัวใจและระบบการสร้างเม็ดโลหิต จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง เป็สาเหตุให้เกิดโรคหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ ในกลุ่มผู้ป่วยที่เป็โรคออสไตโต และกลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียมจะพบอาการของโรคโลหิตจางด้วย

5) ความเป็พิษต่อตับ มีรายงานค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับความเป็พิษต่อตับในคน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลอง พบว่า แคดเมียมในปริมาณน้อย (ในน้ำดื่ม 1 ppm) มีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ในตับเปลี่ยนไป

6) จากการทดลองในสัตว์พบว่า แคดเมียมยังเป็สารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก (sarcomar) เช่น กล้ามเนื้อกระดูกในหนูทดลอง

## 2.2 สารหนู (Arsenic; As)

### 2.2.1 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์จากสารหนู

คุณสมบัติทางเคมีของสารหนู คือ มีน้ำหนักอะตอม 74.9 เลขอะตอม 33 จุดเดือด 615 องศาเซลเซียส จุดหลอมเหลว 818 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันที่เสถียร 4 รูปแบบ  $-3$ ,  $0$ ,  $+3$  และ  $+5$  แต่เมื่อปนเปื้อนอยู่ในน้ำจะมีเลขออกซิเดชันที่เสถียร 2 รูปแบบ คือ  $+3$  และ  $+5$  สารหนูเป็สารที่มีคุณสมบัติเป็ทั้งโลหะและอโลหะ พบในรูปธาตุและโลหะ (element or metallic arsenic) และในรูปของสารประกอบ (arsenic compounds) ทั้งสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic arsenic) และสารประกอบอินทรีย์ (organic arsenic) สารหนูในรูปอิสระเป็สารที่พบได้ยากในธรรมชาติ ส่วนใหญ่พบเห็นส่วนประกอบของแร่ต่างๆ ในรูป arsenide ของโลหะ เช่น ทองแดง นิเกิล เหล็ก และโคบอลต์ เป็นต้น และพบในรูป arsenic sulfide ได้แก่ realgar (tetraarsenic tetrasulfide,  $As_4S_4$ ) และ orpiment (arsenic trisulfide,  $As_2S_3$ ) หรือ อาจพบในรูปออกไซด์ สำหรับในน้ำมักพบในรูป arsenate หรือ arsenite ส่วนสารประกอบ methylated arsenic ที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาตินั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางชีวะ และสารประกอบของสารหนูที่สำคัญทางด้านอุตสาหกรรม คือ

arsenic trioxide ซึ่งเป็นผลพลายได้ (by-product) จากการถลุงแร่ทองแดงและตะกั่ว (กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

ลักษณะทางกายภาพของสารหนูทั่วไปมี 3 อัญรูป (Allotropic Form) คือ เหลือง ดำ และเทา โดยผลึกสีเทาจะพบมากที่สุด และจากการจัดอันดับสารอันตรายโดยองค์กร The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) พบว่าสารหนูติดอันดับ 1 ซึ่งถือว่าเป็นสารอันตรายที่สุดในธรรมชาติสารหนูอยู่ในรูปของสารประกอบของหินและแร่ต่างๆ และเมื่อฝนตกทำให้มีการชะล้างของหินและแร่ที่มีสารหนูเป็นองค์ประกอบกระจายลงสู่ชั้นดินและน้ำใต้ดิน และนอกจากธรรมชาติแล้ว มนุษย์ยังเป็นตัวการปล่อยสารหนูออกสู่สิ่งแวดล้อมที่สำคัญเช่นกัน โดยในแต่ละปีทั่วโลกมีการใช้สารหนูโดยเฉลี่ยปีละ 50,000 ตันต่อปี สารหนูถูกใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ยาฆ่าแมลง การทำเหมือง การถลุงโลหะ การย้อมผ้า การทำแก้ว การผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมหนัง น้ำยาถนอมเนื้อไม้ และใช้เป็นส่วนผสมในยาและอาหารของคนและสัตว์บางชนิด [4] จากกระบวนการทางธรรมชาติและมีมนุษย์ทำให้สารหนูปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ 4 แหล่งด้วยกันคืออากาศ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และดิน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2561)

ปฏิกิริยาสารหนูในธรรมชาติ สารหนูมีเลขออกซิเดชันที่เสถียร 4 รูปแบบ ได้แก่ -3, 0, +3 และ +5 ซึ่งสารหนูที่มีเลขออกซิเดชันอยู่ในรูป +5 จะเกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน ในขณะที่สารหนูที่อยู่ในรูปเลขออกซิเดชัน -3, 0 และ +3 จะเกิดจากกระบวนการรีดักชัน ซึ่งในธรรมชาติส่วนใหญ่พบว่า สารหนูจะเสถียรอยู่ในรูปเลขออกซิเดชันของไอออนบวก และสามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารประกอบในรูปอื่นได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยในกระบวนการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ดังนี้

1. กระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation reaction) เป็นกระบวนการผุกร่อนของหินที่มีสารหนูเจือปนอยู่ โดยจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในสภาวะที่มีน้ำและออกซิเจน ทำให้เกิดสารหนูในรูปของสารประกอบอาร์ซีเนต (Arsenate, As(V)) ในสภาวะที่เป็นกรดหรือค่อนข้างเป็นกรดสารประกอบอาร์ซีเนตจะสามารถแพร่ออกไปได้ระยะไกล แต่หากอยู่ในสภาวะเป็นกลางหรือด่างสารประกอบอาร์ซีเนตจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ตกตะกอนร่วมกับออกไซด์ของเหล็กและอลูมิเนียม และเมื่อสารประกอบอาร์ซีเนตผ่านไปไปยังบริเวณที่มีอนุภาคของแร่บางชนิด ดินโคลน หรือสารที่มีลักษณะคล้ายเจล (Gel) จะสามารถเกิดกระบวนการดูดซับ และกระบวนการคีเลต (Chelation) เกิดการตกตะกอน และหากบริเวณดังกล่าว มีสารประกอบอินทรีย์จำพวกฮิวมิก (Humic) สะสมอยู่จะทำให้เกิดการสะสมของสารหนูและเกิดการตกตะกอน ด้วยกระบวนการ Organic binding นอกจากนี้ยังพบว่า สารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน 0 ส่วนมากจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน +3 มากกว่า +5 โดยมีออกซิเจน (Oxygen,  $O_2$ ) เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการเปลี่ยนแปลง

2. กระบวนการรีดักชัน (Reduction reaction) กระบวนการนี้ในธรรมชาติจะเกิดอย่างช้าๆ โดยมากเกิดจากกระบวนการย่อยสลายในดินหรือหิน น้ำพุร้อน ไอระเหยจากภูเขาไฟ ซึ่งดินหรือหินที่มีสารหนูปนเปื้อนอยู่จะถูกสลายด้วยน้ำที่มีสภาวะเป็นด่างหรือค่อนข้างเป็นด่าง สารประกอบของสารหนูที่เกิดจากกระบวนการนี้ มักจะอยู่ในรูปที่มีเลขออกซิเดชัน +3 เช่น  $AsH_3$ ,  $AsCl_3$ ,  $As_2S_3$

ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถสลายตัวได้รวดเร็ว ภายใต้ตัวทำละลายทั้งสภาวะกรดและต่าง  
 ตกตะกอนหรือสะสมปนอยู่กับตะกอนท้องน้ำ นอกจากนี้ สารประกอบของสารหนูบางชนิดสามารถ  
 แพร่กระจายตัวอยู่ในรูปของคอลลอยด์ (Colloid) มีลักษณะเป็นไอออนบวก ซึ่งอนุภาคดังกล่าว  
 เมื่อพบกับอนุภาคของสารละลายที่มีลักษณะเป็นไอออนลบ ก็จะเกิดการทำปฏิกิริยาและตกตะกอน  
 ตามผิวหน้าดินหรือตะกอนท้องน้ำได้ (พิชญ์นิภา ขวัญเผือก, 2556)

นอกจากนี้ยัง พบว่า ในกระบวนการรีดักชัน สารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน +5 สามารถทำ  
 ปฏิกิริยารีดักชันโดยกระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพให้กลับเป็นสารประกอบสารหนูที่มีเลข  
 ออกซิเดชัน +3 ได้ แต่หากจะเปลี่ยนจากสภาพที่มีเลขออกซิเดชัน +5 เป็น 0 นั้นเป็นไปได้ยาก

สารหนูมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นส่วนประกอบของสารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช  
 สารรักษาเนื้อไม้ ผสมกับตะกั่วในแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ผสมกับธาตุอื่นหลายชนิดสำหรับ  
 เคลือบสีในนาฬิกาดิจิตอล หรือใช้ผสมโลหะเพื่อทำ Light Emitting Diode (LED) ซึ่งเป็นชิ้นส่วน  
 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง การใช้ประโยชน์เร่งการเจริญเติบโตของสัตว์ คือ 3-nitro-4hydroxy  
 phenylarsonic acid ( $C_6H_6AsNO_6$ ) การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องแก้ว คือ Arsenic oxides  
 ( $As_2O_3$  และ  $As_2O_5$ ) การใช้ประโยชน์ในการผสมทำโลหะผสม (Metallic arsenic) การใช้ประโยชน์  
 ในส่วนประกอบของดอกไม้ไฟ (Arsenic sulfide) การใช้ประโยชน์ในส่วนประกอบของอาวุธเคมี  
 (Diphenylchlorarsines;  $(C_6H_5)_2AsCl$ ) การใช้ประโยชน์เป็นยารักษาโรค (Potassium arsenite;  
 $KAsO_2$ ) การใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์สีย้อม (Cupric arsenite;  $Cu(AsO_2)_2$ ) เป็นต้น (พิชญ์นิภา  
 ขวัญเผือก, 2556)

### 2.2.2 ความเป็นพิษของสารหนู

การจำแนกชั้นอันตรายของสารหนู จัดอยู่ใน class 6.1 คือ จัดเป็นสารพิษ (poisonous  
 substance) ตามระบบ UN (United Nations Classification System) (กองจัดการสารอันตราย  
 และกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

สารประกอบของสารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน +3 ( $As^{3+}$ ) รวมตัวทางเคมีกับหมู่ซัลไฟด์ไฮดริล  
 (sulfhydryl group, -SH) ของโปรตีนหรือเอนไซม์ รวมทั้งกลูตาไธโอน (glutathione), ซีสเตอีน  
 (cysteine) ในเซลล์ได้ดีทำให้ระบบออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) และเมแทบอลิซึม  
 ของเซลล์เปลี่ยนแปลงผิดไปจนเซลล์ไม่สามารถทำหน้าที่ตามปกติ จึงเกิดความเจ็บป่วยขึ้น อาร์ซีน  
 (Arsine,  $AsH_3$ ) เป็นก๊าซพิษ ในทำนองเดียวกับสารอาร์เซไนต์ (arsenite) และอาร์เซเนต (arsenate)  
 คือสามารถรวมกับหมู่ -SH ของเอนไซม์สำคัญที่มีหมู่ -SH หลายชนิด ซึ่งจำเป็นต่อวิถีไกลโคไลซิส  
 (glycolysis) ในเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate metabolism) และไอออนของสาร  
 หนูอาจขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ไพรูเวตดีไฮโดรจีเนส (pyruvate dehydrogenase), ซักซิเนต  
 ไฮโดรจีเนส (succinate hydrogenase), เฮกโซไคเนส (hexokinase) ฯลฯ ความเป็นพิษอีกอย่าง  
 หนึ่งคือ  $AsH_3$  สามารถรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) แล้วมีการออกซิเดชันซึ่งเป็นโทษต่อเม็ด  
 เลือดแดงทำให้เม็ดเลือดแดงแตก (hemolysis) และยังมีผลตามมาคือการทำลายของเซลล์ต่างๆ ใน  
 ร่างกาย สำหรับกลไกความเป็นพิษของสารหนูต่อร่างกายเกิดขึ้นเช่นเดียวกับโลหะมีพิษอื่น เช่น  
 ตะกั่ว และปรอท สารหนู สามารถรวมกับสารหมู่ซัลไฟด์ไฮดริล (sulfhydryl group, -SH) ใน R-SH ของ  
 โมเลกุลโปรตีน (proteins), พอลิเพปไทด์ (polypeptides), เอนไซม์ (enzymes), กรดไลโปอิก



กระเพาะปัสสาวะและมะเร็งปอดได้ นอกจากนี้การได้รับสารหนูชนิดสารประกอบอนินทรีย์เข้าสู่ร่างกายในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อร่างกายมากกว่าสารหนูชนิดสารประกอบอินทรีย์ เช่น เป็นพิษต่อระบบประสาท เป็นโรคเบาหวาน โรคปอด โรคหลอดเลือดหัวใจ เกิดความเสียหายที่ปอดและไต และอาจทำให้มีภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตาย หรือภาวะขาดแคลนเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวจนมีอาการอ่อนเพลียและเสี่ยงต่อการติดเชื้อ สำหรับหญิงตั้งครรภ์ สารหนูอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติในการตั้งครรภ์ ทารกเสียชีวิต หรือ กระทบต่อพัฒนาการของเด็ก เช่น ความบกพร่องทางการเรียนรู้ เป็นต้น

ตัวอย่างผลกระทบในระยะยาวของการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่

1) ลักษณะทางคลินิกของผิวหนังในพิษสารหนูเรื้อรัง

- มีการเปลี่ยนแปลงของสีผิว ผู้ป่วยจะมีสีผิวเข้มขึ้น พบได้ถึง 90% พบได้ทั้งในและนอกร่มผ้า ลักษณะเป็นปื้น สีเข้มแซมด้วยละอองสีขาวนวล (rain drop in the dust) หรือบางกรณีสีเข้มขึ้นทั่วตัวแบบ addisonian เกิดจากการสะสมของสารหนู และเพิ่มขึ้นของเม็ดสีเมลานิน

- Arsenical keratosis พบได้ 80-100% ลักษณะเป็นตุ่มแข็งสีเนื้อ ขนาดตั้งแต่ 0.2-1 ซม. พบได้ทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าพบที่ฝ่ามือ ฝ่าเท้าจะบ่งถึงภาวะนี้ มีระยะก่อตัวนาน 2-30 ปี มีโอกาสกลายเป็นมะเร็งผิวหนังชนิด squamous cell carcinoma ได้หากเป็นเกิน 10 ปีขึ้นไป

- Bowen's disease เป็น in situ squamous cell carcinoma ลักษณะเป็น erythematous, crusted, keratotic plaque อาจแตกเป็นแผลหรือไม่ก็ได้ ขนาดตั้งแต่ 0.1-10 ซม. พบในตำแหน่งใดก็ได้ แต่ถ้าหากพบที่ฝ่ามือ ฝ่าเท้าจะบ่งถึงภาวะนี้ มีระยะก่อตัวนาน 10-40 ปี

- Squamous cell carcinoma (SCC) อาจกลายมาจากรอยโรค arsenical keratosis หรือ Bowen's disease ก็ได้ หรืออาจขึ้นเองเป็น SCC ก็ได้เช่นกัน และมักจะรุนแรง ลูกหลานมากกว่า SCC ทั่วไป พบได้ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ลำตัว ฝ่ามือ ฝ่าเท้า พบได้ 20-40%

- Basal cell carcinoma (BCC) พบได้ 6-20% พบบ่อยบริเวณลำตัว พบรอยโรคหลายรอยได้ มีลักษณะเหมือน BCC ทั่วไป

การวินิจฉัย สามารถดำเนินการได้โดยอาศัยจากประวัติที่มีโอกาสสัมผัสสารหนูร่วมกับอาการตรวจพบต่างๆ ดังกล่าว นอกจากนี้ยังสามารถใช้การตรวจ ระดับสารหนูจากทางห้องปฏิบัติการต่อไป

สารหนูส่วนใหญ่จะถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ (60-70%) ดังนั้นการวัดระดับสารหนูในปัสสาวะจึงเป็นตัววัดสำคัญที่บ่งถึง current exposure นอกจากนี้สารหนูมีความสามารถในการจับกับกลุ่ม sulfhydryl ซึ่งมีอยู่มากในผม ขน เล็บ ใต้ดี ดังนั้นการวัดระดับสารหนูในเนื้อเยื่อดังกล่าวจึงสามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยมีการรับสารหนูอย่างต่อเนื่อง วิธีเก็บผม ขน ตำแหน่งที่มีโอกาสปนเปื้อนสารหนูจากภายนอกได้น้อยที่สุด คือ บริเวณขนเพ็ชร ควรตัดชิดโคน ปริมาณอย่างต่ำ 2 กรัม ส่วนเล็บให้ตัดส่งอย่างน้อย 0.2 กรัม (วรัญญา บุญชัย, 2561)

2) ผลกระทบต่อระบบประสาท เป็นความผิดปกติที่พบบ่อยในผู้ป่วยที่ได้รับพิษจาก arsenic แบบเรื้อรัง โดยจะพบเป็นลักษณะ peripheral neuropathy และมีอาการสูญเสียความรู้สึกแบบสวมถุงมือถุงเท้า (glove and stocking anesthesia) ซึ่งเป็นผลจาก axonal degeneration

3) ผลกระทบต่อระบบหัวใจ และหลอดเลือด สารหนูทำให้เกิดอันตรายต่อกล้ามเนื้อหัวใจโดยตรง เกิดภาวะหัวใจเสียจังหวะ นอกจากนี้จากการที่มีผลต่อหลอดเลือดส่วนปลายทำให้เกิดเนื้อเน่าตายบริเวณปลายเท้า (gangrene foot) เรียกว่า blackfoot disease

4) ผลกระทบต่อระบบอื่นๆ เช่น ทำให้เกิด aplastic anemia และ agranulocytosis ทำให้อุบัติการณ์ของโรคเบาหวานเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดมะเร็งในอวัยวะต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น มะเร็งปอด มะเร็งตับ มะเร็งที่ไตและกระเพาะอาหาร สาเหตุของการเกิดอุบัติการณ์มะเร็งเพิ่มขึ้นนั้นไม่ชัดเจน คาดว่าน่าจะเกิดจากผลของสารหนูต่อ DNA repair, methylation ของ DNA และมีการเพิ่มขึ้นของ free radical

## 2.3 การประเมินการสัมผัสสารเคมี

### 2.3.1 ความหมายของการประเมินการสัมผัส

**การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment)** เป็นกระบวนการวัดและคาดการณ์ ขนาดของสิ่งคุกคาม พิจารณาที่ความถี่ และระยะเวลาที่สัมผัสที่มนุษย์ได้รับไม่ว่าจะก่อนหรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม ขั้นตอนนี้พยายามที่จะระบุธรรมชาติและขนาดของประชากรที่สัมผัสกับสารเคมี การประเมินการสัมผัสอาจเกี่ยวข้องกับการสัมผัสในอดีต ปัจจุบัน หรืออนาคตขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการประเมินการสัมผัสประกอบด้วย

1) จุดมุ่งหมายของการประเมินการสัมผัส คือ เพื่อที่จะระบุวิถีทางการเข้าสู่ร่างกายของสารเคมี เช่น ทางปาก ผิวหนัง หรือการสูดดม โดยคำนึงถึงขนาด ความถี่ และระยะเวลาการสัมผัส โดยอาจจะมีประโยชน์มากขึ้นในเชิงการระบุขนาดประชากรไปคู่กับอายุ เพศ สุขภาพ และพื้นที่ที่ตั้ง เป็นต้น

2) การประเมินการสัมผัส อาจมาจากการเก็บตัวอย่างสารปนเปื้อนในหลายตัวกลางที่นำพาสารเคมี เช่น น้ำ หรือ อากาศ เป็นต้น และประมาณการได้รับสารเหล่านี้เข้าไปในแต่ละกิจกรรม

3) บางคนอาจได้รับสารเข้าสู่ร่างกายได้หลายช่องทางของตัวกลาง เช่น อากาศ น้ำ ดิน ดังนั้นเพื่อให้ได้ปริมาณ และความเข้มข้นของสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกายที่ถูกต้องจะต้องเอาทุกค่าแต่ละตัวกลางนำทั้งหมดมารวมกัน

4) ถ้ามีขีดจำกัดในเรื่องตัวกลางที่จะเก็บตัวอย่าง ควรมีการวางแผนการเก็บที่ดี เพราะจะทำให้ทราบค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (UF)

5) ด้านความเข้มข้นของมลพิษทางน้ำ อากาศ สามารถประมาณการณได้จาก mathematical models (รูปแบบจำลอง) แม้ว่าหลายวิธีการรูปแบบจำลองเหล่านี้จะแม่นยำแต่ไม่ได้หมายความว่าแม่นยำทุกวิธีการ

6) ค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดเป็นตัวแทนแต่ละสารที่มนุษย์สามารถรับเข้าสู่ร่างกายของแต่ละตัวกลาง เว้นแต่กรณีที่มีข้อมูลตำแหน่งเฉพาะของการสัมผัสสารหรือองค์ประกอบเฉพาะของสาร (สุนิสา ชายเกลี้ยง, 2557)

### 2.3.2 ปัจจัยสำคัญของการประเมินการสัมผัส

การประเมินการได้รับสัมผัสเป็นขั้นตอนการประเมิน หรือคาดการณ์การได้รับสิ่งคุกคามเข้าสู่ร่างกาย แล้วก่อให้เกิดผลอันตราย เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะสุขภาพ เกิดอาการเจ็บป่วย ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญที่จำเป็นต้องใช้ในการ วิเคราะห์ ประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (นันทิกา สุนทรไชยกุล, 2558)

- 1) ช่องทางการเข้าสู่ร่างกาย (route)
- 2) สื่อตัวกลางทางสิ่งแวดล้อม (environmental media)
- 3) ความเข้มข้นของสิ่งคุกคามที่เข้าสู่ร่างกาย (concentration/intensity)
- 4) ความถี่ของการได้รับ (frequency)
- 5) ระยะเวลาที่ได้รับ (duration)
- 6) ตารางเวลาของการได้รับ (schedule)
- 7) ลักษณะกลุ่มประชากรที่ได้รับสัมผัส (exposed population and its size)

อย่างไรก็ตามการประเมินการได้รับสัมผัส โดยเฉพาะสารเคมีสามารถทำได้ 3 วิธีหลักๆ ดังนี้

- 1) ประเมินโดยตรงจากการตรวจวัดความเข้มข้นของ สิ่งคุกคาม ณ จุดที่ได้รับ และเวลาของการได้รับสัมผัส (point-of-contact measurement)
- 2) การได้รับสัมผัสสามารถประเมินจากการประมาณ การค่าตรวจวัด เวลาที่ได้รับสัมผัสร่วมกับข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (scenario evaluation)
- 3) การได้รับสัมผัสสามารถประเมินจากค่าตรวจวัด ที่ถูกปรับค่าด้วยสารบ่งชี้ทางชีวภาพ การสะสมในร่างกาย หรืออัตราการขับออกจากร่างกาย (reconstruction)

## 2.4 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

### 2.4.1 ความหมายของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

**การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)** ถือเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลงานวิจัย การวิเคราะห์ทางสถิติ หรืออาจมีการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการคาดการณ์หาระดับความเสี่ยง โดยข้อมูลการประเมินความเสี่ยงความเป็นพิษของสารเคมีที่มีต่อสุขภาพส่วนใหญ่แสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคมีที่ได้รับ (Dose) และผลกระทบที่มีต่อร่างกาย และการประเมินความเสี่ยงยังสามารถหาจุดวิกฤตของปริมาณการได้รับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้อีกด้วย และนอกจากนี้ข้อมูลจากการทำประเมินความเสี่ยงยังใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการพัฒนานโยบายด้านสุขภาพของมนุษย์ ช่วยลดปัญหาด้านสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากสารเคมี (ศุภชัยวิทย์และพัฒนากการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2560)

### 2.4.2 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีที่เป็นอันตราย

โดยทั่วไปแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) การระบุถึงอันตราย (Hazard identification) คือ ความพยายามในการหาหรือสำรวจว่าสารเคมีชนิดใดในสถานที่ใดที่ทำให้เกิดสารพิษ และมีผลต่อสุขภาพรวมถึงการบันทึกข้อมูลระดับความเข้มข้นที่ได้รับเชิงปริมาณ ระยะเวลาที่ได้รับ

2) ความสัมพันธ์ของการตอบสนองกับปริมาณพิษที่ได้รับ (Dose-response relationships) คือ การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ว่าขนาดของการสัมผัสที่ได้รับระดับต่างๆ มีผลต่อสุขภาพอย่างไร ซึ่งจะช่วยในการระบุระดับความปลอดภัย ในเรื่องระดับการสัมผัส และระยะเวลาและระดับความปลอดภัยเมื่อต้องสัมผัสกับสารเคมีดังกล่าว

ในขั้นตอนการประเมินความสัมพันธ์ผลกระทบต่อสุขภาพต่อปริมาณพิษที่ได้รับ ใช้ข้อมูลจากกลไกของการเกิดมะเร็งมาประเมินความเสี่ยง ซึ่งข้อมูลด้านกลไกการเกิดมะเร็งต่อปริมาณสารก่อมะเร็ง ในการวิเคราะห์หาสารเคมีที่เป็นสารก่อมะเร็งนั้นมีมากกว่า 2 ทศวรรษ และเป็นข้อมูลที่มีบทบาทสำคัญสำหรับหน่วยงาน International Agency for Research on Cancer (IARC) ในการแยกสารประเภทสารเคมีที่ก่อให้เกิดสารมะเร็ง

3) การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) ในส่วนขั้นตอนนี้เป็น การประเมินระดับการสัมผัสส่วนบุคคลว่าได้รับพิษจากสารเคมีมากน้อยเพียงใด โดยจะพิจารณาจากวิธีการสัมผัส ขนาดการสัมผัส ระยะเวลาการสัมผัส รวมถึงตัวกลางในการสื่อสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมมาถึงมนุษย์

4) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk characterization) ขั้นตอนนี้ถือเป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลจาก 3 ขั้นตอนขั้นต้นมาร่วมพิจารณา เช่น การสัมผัสกับสารเคมีในสถานที่นั้นๆ เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ ถ้ามีความเสี่ยง ก็จะต้องสามารถอธิบายบอกได้ว่า มีความเสี่ยงในระดับขั้นใด และระดับความเสี่ยงสูงสุด ต่ำสุด มีค่าเป็นเท่าใด เป็นต้น ซึ่งข้อมูลจากขั้นตอนนี้จะทำให้การตัดสินใจในการจัดการความเสี่ยงง่ายขึ้น และเจ้าหน้าที่สามารถออกแบบหรือหาแนวทางในการช่วยลดระดับความเสี่ยงที่เหลืออยู่ได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ, 2560)

#### 2.4.3 การแสดงลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพคือการแสดงลักษณะความเสี่ยง ซึ่งได้จากการคำนวณค่าความเสี่ยงออกมาในเชิงปริมาณ การคำนวณจะต้องครอบคลุมถึงสารเคมีทั้งประเภทที่เป็นสาเหตุของมะเร็งและที่ไม่เป็นสาเหตุของมะเร็ง รวมทั้งจะต้องครอบคลุมกลุ่มประชากรที่มีแนวโน้มต่อการสัมผัสสารเคมีทุกกลุ่ม (ภัทรกร ธนะภาวริศ และอนนท์ ป้อมประสิทธิ์, 2551) โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ความเสี่ยงของเคมีที่เป็นสาเหตุของมะเร็ง
2. ความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อมะเร็ง

#### 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Koki, Bayero, Umar and Yusuf. (2015) กล่าวว่า การศึกษาและใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำนายเพื่อให้เข้าใจถึงความเสี่ยงต่อการสัมผัสกับสารเคมีโดยเฉพาะโลหะหนักและสารมลพิษที่เป็นอันตรายอื่นๆ ซึ่งในการประเมินความเสี่ยง

ของสารเคมีนั้นจำเป็นต้องทราบถึงระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าการอ้างอิงมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (USEPA) ตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ในหลายๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญต่อการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำมากขึ้น เนื่องจากปัจจุบันน้ำทิ้งที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณแหล่งน้ำนั้น ซึ่งโอกาสที่โลหะหนักจะสะสมในสิ่งมีชีวิตย่อมมีมากตามไปด้วย โดยความเข้มข้นของโลหะหนักส่วนใหญ่จะเกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตมากถึง 50-95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักในน้ำ และในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำจึงเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญและเฝ้าระวังกันมากยิ่งขึ้น

สุพรรณนา เกียรติสยามภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง (2012) กล่าวว่า จากการศึกษาปริมาณและประเมินการได้รับสารตะกั่วจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนในแหล่งประมงหนองน้ำล้น จังหวัดขอนแก่น พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในปลานิล ตะเพียน หอยขมและหอยเชอรี่ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-0.07, 0.01-0.22, 0.36-2.38 และช่วงที่ตรวจวัดไม่ได้-0.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานยกเว้นหอยขมมีความเข้มข้นของตะกั่วเกินมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละ 30 และเกินมาตรฐานของออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ร้อยละ 10 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพตามสมการของ US.EPA พิจารณาจากอัตราการบริโภคและความเข้มข้นของตะกั่วในสัตว์น้ำ รวมหลายชนิดที่ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 เท่ากับ 136.50 กรัมต่อวัน และ 1.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ พบว่าปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำรวมหลายชนิดบริเวณหนองน้ำล้นนี้เท่ากับ 1.63 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน มีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่วคือ 25 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (หรือคิดเป็นร้อยละ 45.64 ของค่า PTWI)

แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุดาวรรณและ อาวุธ หมั่นหาผล (2557) กล่าวว่า การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบว่า โลหะหนัก (5 ชนิด ได้แก่ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และ ทองแดง) จากการบริโภคอาหารทะเล พบว่า โลหะหนักในอาหารทะเลส่วนใหญ่ (ร้อยละ 84.8) อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค พบโลหะหนักสูงเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 15.2 ของตัวอย่างทั้งหมด โดยโลหะหนักที่ตรวจพบสูงเกินมาตรฐานเรียงตามลำดับ คือ ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม ซึ่งส่วนใหญ่พบในกุ้ง หอย และหมีกบางชนิด การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารทะเลในบริเวณดังกล่าว พบว่าการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารทะเลยังไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพจึงยังคงปลอดภัยในการบริโภค ยกเว้นผู้บริโภคอาจมีความเสี่ยงในการได้รับทองแดงเกินกำหนดจากการบริโภคกุ้งตักแตนและแคดเมียมจากการบริโภคหอยเชลล์

จอมจันทร์ นทีวัฒนา และคณะ (2014) กล่าวว่า การประเมินความเสี่ยงคุณภาพน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการบริโภคและการชลประทานโครงการในพระราชดำริอ่างเก็บน้ำแม่ปม อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา พบความเข้มข้นของธาตุหลัก จุลธาตุ และโลหะหนัก ในน้ำมีคุณภาพดี สามารถบริโภคได้ โดยคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ อยู่ในเกณฑ์ปกติความเข้มข้นของธาตุที่มีอยู่ในน้ำ พบว่า เหล็ก และแมงกานีส มีค่าเกินมาตรฐาน และอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง สำหรับธาตุอื่นที่ตรวจวิเคราะห์อยู่ใน

เกณฑ์มาตรฐาน โดยธาตุที่มีความเสี่ยงปานกลางได้แก่ อะลูมิเนียม และซีลีเนียม ผลการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ พบว่า แมงกานีสที่ปนเปื้อนในน้ำอยู่ในระดับที่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เมื่อบริโภคน้ำ เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จากดัชนีการปนเปื้อนโลหะหนักบ่งชี้ว่ามลพิษจากโลหะหนักมีการปนเปื้อนสูง เนื่องจากมีเหล็กและแมงกานีสเกินมาตรฐาน แต่ไม่มีความเสี่ยงต่อโลหะหนักชนิดอื่นที่เป็นอันตราย ร้ายแรง ส่วนคุณภาพน้ำ พบว่า น้ำมีคุณภาพเหมาะสม แต่พบโพแทสเซียมและแมงกานีสที่เกินมาตรฐานน้ำขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ

Mania. et al. (2015) กล่าวว่า จากการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูหรืออาร์เซนิกในปลาทะเลที่วางจำหน่ายตามซูเปอร์มาร์เกต พบว่า ปริมาณสารหนูทั้งหมดจากตัวอย่างปลาที่ทำการทดลองทั้งหมด จำนวน 55 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารหนูที่ร่างกายรับได้ในแต่ละวันคิดเป็นมิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมตามมาตรฐานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO)และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) กำหนดไว้ไม่ควรเกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

Kamal, Sharee and El-Ashgarb. (2013) กล่าวว่า จากการศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในปลาในกลุ่มคนปาเลสไตน์ในฉนวนกาซา (ปาเลสไตน์) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นแตกต่างกันตามชนิดของโลหะหนัก โดยปริมาณทองแดง (Cu) เฉลี่ยเท่ากับ 0.251-0.907, สังกะสี (Zn) เฉลี่ยเท่ากับ 3.705-20.535, แมงกานีส (Mn) เฉลี่ยเท่ากับ 0.376-0.834, นิกเกิล (Ni) เฉลี่ยเท่ากับ 0.453-0.978 และตะกั่ว (Pb) เฉลี่ยเท่ากับ 0.552 ไมโครกรัมต่อกรัม อย่างไรก็ตามมาตรฐานขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO)และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) กำหนดให้ทองแดง (Cu) ไม่ควรเกิน 30 ไมโครกรัมต่อกรัม, สังกะสี (Zn) ไม่ควรเกิน 40 ไมโครกรัมต่อกรัม, ตะกั่ว (Pb) ไม่ควรเกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อกรัม

Abubakar, Uzairu, Ekwumemgbo and Okunola. (2015) กล่าวว่า จากการศึกษาความเสี่ยงต่อการได้รับสารโลหะหนักที่มีผลต่อสุขภาพในการบริโภคปลาทะเลแช่แข็งที่มาจากประเทศไนจีเรีย พบว่า ปริมาณการได้รับโลหะหนักที่มากที่สุดคือ เหล็ก รองลงมา คือ พรอท ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภคต่อการบริโภคปลาแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มที่จะมีแคดเมียม ตะกั่วและพรอทมากขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นเพื่อเป็นการควบคุมอันตรายที่เกิดจากการปนเปื้อนของสารโลหะหนักเหล่านี้ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเพิ่มมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพการนำเข้าเนื้อปลาทะเลแช่แข็งจากประเทศดังกล่าว

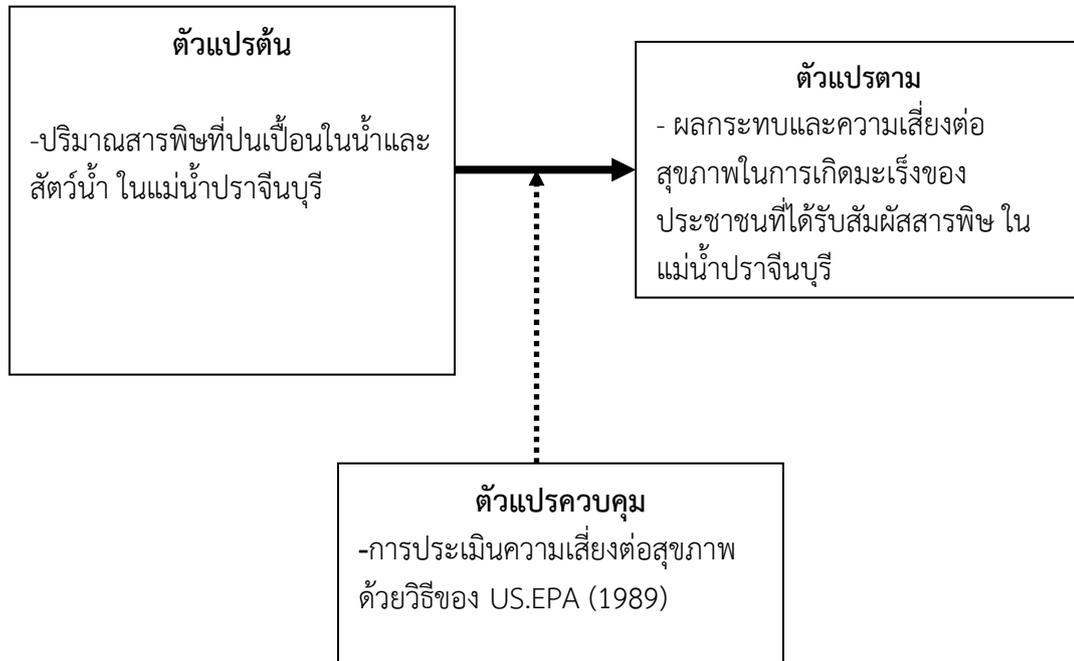
Nevárez and Moreno. (2015) กล่าวว่า จากการศึกษาการประเมินการรับสัมผัสโลหะหนักจากการบริโภคปลาทะเลในประเทศเม็กซิโก พบว่า ผู้บริโภคมีความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักในปริมาณที่สูง โดยพบสารแคดเมียม (เฉลี่ย 0.235 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) พรอท (เฉลี่ย 0.744 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตะกั่ว (4.298 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ JECFA กำหนดให้ตะกั่วควรมีการสะสมในร่างกายของคนหรือสัตว์ได้ไม่เกิน 0.025 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว (PTWI) แคดเมียมไม่ควรเกิน 0.007 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ส่วนพรอทไม่ควรเกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว

Abdulali, Shuhaimi-Othman and Ahmad. (2013) กล่าวว่า จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคปลาจากแม่น้ำที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักพบว่าโลหะหนักส่วนใหญ่จะถูกสะสมในส่วนของตับ เหงือก และกล้ามเนื้อของปลา ซึ่งเมื่อมนุษย์มีการนำปลาดังกล่าวไปบริโภคย่อมมีโอกาสก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ โดยจากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นในการสะสมของ Zn มากกว่า Ni มากกว่า Cu มากกว่า Pb มากกว่า Cd ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนัก Cu จากการบริโภคจะมีอันตรายน้อยกว่าสารตัวอื่นๆ

Yang-Guang. et al. (2015) กล่าวว่า จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของโลหะหนักที่วัดได้จากปลาทะเล 29 ชนิดจากทะเลจีนใต้ พบว่า ความเข้มข้น (น้ำหนักเปียก) ของแคดเมียม (Cd) เท่ากับ 0.51–115.81 นาโนกรัมต่อกรัม, ตะกั่ว (Pb) เท่ากับ 0.54-27.31 นาโนกรัมต่อกรัม, โครเมียม (Cr) เท่ากับ 0.02-1.26 ไมโครกรัมต่อกรัม, นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 8.32-57.48 นาโนกรัมต่อกรัม, ทองแดง (Cu) เท่ากับ 0.12-1.13 นาโนกรัมต่อกรัม, สังกะสี (Zn) เท่ากับ 2.34-6.88 ไมโครกรัมต่อกรัม, เหล็ก (Fe) 2.51-22.99 ไมโครกรัมต่อกรัม, และแมงกานีส (Mn) เท่ากับ 0.04-0.81 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของเหล็กในทุกชนิดของปลาและความเข้มข้นของแมงกานีสในปลาบางชนิดมีค่าสูงกว่าขีดจำกัด สูงสุดที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการบริโภคปลาสายพันธุ์เหล่านี้ อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญกับการบริโภค

เบญญาภา อีระวิทย์เลิศ นิลาวรรณ งามขำ วรางคณา วิเศษมณี ลี ยิ่งเจริญ คุณกุลรัตน์ และ ธวัช เพชรไทย (2560) กล่าวว่า การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนโลหะหนักว่าเกินค่ามาตรฐานหรือไม่นั้น ควรเปรียบเทียบกับปริมาณที่กำหนดต่อการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย ซึ่งโลหะหนักแต่ละชนิดมีค่าที่แตกต่างกัน เช่น สารหนู ปริมาณที่กำหนดต่อการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย คือ ที่ระดับ  $0.0003$  หรือ  $3.0 \times 10^{-4}$  มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และแคดเมียม ปริมาณที่กำหนดต่อการได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย คือ ที่ระดับ  $0.001$  หรือ  $1.0 \times 10^{-3}$  มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

## 2.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) กลุ่มตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำ เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อน ทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี (ปริมาณสารพิษ: โลหะหนัก) โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB) โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม) จำนวน 4 สถานี (4 อำเภอ คือ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง) ใน 3 ฤดูกาล ส่วนพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำ ที่พบมากที่สุดและนิยมนำมารับประทาน ได้แก่ โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม) จำนวน 4 สถานี (4 อำเภอ คือ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง) ใน 3 ฤดูกาล

2) กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นตัวแทนประชาชนในชุมชนโดยรอบแม่น้ำปราจีนบุรีที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ใน 4 อำเภอ (อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก) จำนวน 400 คน (แบบสอบถาม) ด้วยวิธีของ Yamane (1967) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เลือกตัวแทนประชาชนที่อาศัยและใช้ประโยชน์จากน้ำและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีเป็นหลัก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีดังนี้ คือ

- อำเภอกบินทร์บุรี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ จำนวน 100 คน
- อำเภอศรีมหาโพธิ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ จำนวน 100 คน
- อำเภอเมือง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ จำนวน 100 คน
- อำเภอบ้านสร้าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ จำนวน 100 คน

#### 3.2 เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือวิจัยเชิงคุณภาพ: การใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือในการวิจัยและมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยจากผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อหาความตรงเชิงเนื้อหาทำได้ โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC)

2. เครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณ: การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เครื่องมือวิเคราะห์ AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) ซึ่งมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration)

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรและเศรษฐกิจ ด้านภาวะสุขภาพ ภาคสนามด้วยแบบสอบถาม
2. การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่ ปริมาณสารโลหะหนักตกค้างในน้ำและสัตว์น้ำ (mg/kg)

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพจากแบบสอบถามจากประชาชนกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage), ค่าเฉลี่ย (Average), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการตกค้างของโลหะหนักในน้ำและสัตว์น้ำ และข้อมูลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสัมผัสสารพิษและความเสี่ยงต่อสุขภาพของโลหะหนัก คือ อาร์เซนิก (As) และแคดเมียม (Cd) จากการบริโภค สถิติที่ใช้วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Average) ของปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารพิษ (mg/kg/day)

### 3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษ (โลหะหนัก) ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีจังหวัดปราจีนบุรี (ทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี) จำนวน 4 สถานี (4 อำเภอ คือ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง) โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างน้ำ ได้แก่

- ความเป็นกรด-ด่าง (pH); AWWA, 2005
- ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO); AWWA, 2005
- ความขุ่น (Turbidity); AWWA, 2005
- ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS); AWWA, 2005
- ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand: BOD); AWWA, 2005
- แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria: TCB); AWWA, 2005
- โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม); AWWA, 2005  
นอกจากนั้นพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำ ได้แก่
- โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม); ใช้วิธีการย่อยของ AOAC (1990) และวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)

2. ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก) ต่อคนในชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์ในแม่น้ำปราจีนบุรี ดังนี้

1) แบบสอบถามสำรวจข้อมูลการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรี ได้แก่ อายุ (ปี) น้ำหนัก (กก.) ความถี่ในการบริโภค (วันต่อปี) ปริมาณการบริโภค (กิโลกรัมต่อวัน) เป็นต้น

2) การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) จากระดับความเข้มข้นของโลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำจากการบริโภค ตามสมการของ US.EPA (1989) เพื่อหาค่า LADD (Lifetime Average Daily Dose) มีหน่วยเป็น  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})^{-1}$  ดังนี้

$$\text{LADD}_{\text{POT}} = (C_{\text{fish}} \times \text{IR}_{\text{fish}} \times \text{EF} \times \text{ED}) / (\text{BW} \times \text{AT}) \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้

$\text{LADD}_{\text{POT}}$  คือ ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารพิษ  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})$

C คือ ความเข้มข้นของการปนเปื้อนสารพิษ  $(\text{mg}/\text{kg} \text{ fish})$

IR คือ อัตราการบริโภคสัตว์น้ำ  $(\text{g}/\text{day})$

EF คือ ความถี่การสัมผัส  $(\text{days}/\text{year})$

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส  $(\text{years})$

BW คือ น้ำหนักร่างกาย  $(\text{kg})$

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย  $(\text{days})$

3) การอธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization) โดยประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ (โลหะหนัก) จากสมการ Lifetime cancer risk ดังนี้

$$\text{Lifetime cancer risk} = \text{CSF} \times \text{CDI} \quad (2)$$

เมื่อกำหนดให้

Lifetime cancer risk  $> 1 \times 10^{-6}$  หมายถึง มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในระยะยาว

Lifetime cancer risk  $< 1 \times 10^{-6}$  หมายถึง ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในระยะยาว

### 3.5.3 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

- การเผยแพร่องค์ความรู้สู่ชุมชน โดยการบูรณาการวิชาการการมีส่วนร่วมกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำและสัตว์น้ำ และตัวแทนเจ้าหน้าที่ส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง (focus group) ในจังหวัดปราจีนบุรี ให้ได้รับทราบข้อมูลคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนสารพิษในสัตว์น้ำ ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับ

สัมผัสสารพิษ (โลหะหนัก) อาร์เซนิก และแคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ รวมถึงแนวทางการ  
ป้องกันการรับสัมผัสสารพิษ (โลหะหนัก) แบบพึ่งพาตนเอง

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี

การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีในครั้งนี้ (ภาพที่ 4.1) ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง ในช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561 โดยพารามิเตอร์ที่จะทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids: SS) ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB) โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม) ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูหนาว พ.ศ. 2561

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีในฤดูหนาว พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.4	7.7	7.5	7.9
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	8.2	8.8	9.4	10.6
ความขุ่น (Turbidity; NTU)	27	31	29	33
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l)	46	48	44	40
ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l)	5	7	8	8

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรี ในฤดูหนาว พ.ศ. 2561 (ต่อ)

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีในฤดูหนาว พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml)	$13.6 \times 10^3$	$17.23 \times 10^3$	$18.04 \times 10^3$	$14.79 \times 10^3$
อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg)	0.002	0.001	0.003	0.002
แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg)	0.05	0.02	0.04	0.04

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูหนาว พ.ศ. 2561 ทั้ง 4 อำเภอ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.4-7.9 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) มีค่าระหว่าง 8.2-10.6 ความขุ่น (Turbidity; NTU) มีค่าระหว่าง 27-33 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l) มีค่าระหว่าง 40-48 ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l) มีค่าระหว่าง 5-8 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml) มีค่าระหว่าง  $13.6 \times 10^3$  -  $18.04 \times 10^3$  อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) มีค่าระหว่าง 0.001-0.003 แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) มีค่าระหว่าง 0.02-0.05

ตารางที่ 4.2 คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูร้อน พ.ศ. 2561

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีในฤดูร้อน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.3	7.5	7.4	7.7
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	7.8	7.6	7.2	7.4
ความขุ่น (Turbidity; NTU)	36	39	41	42
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l)	52	55	54	56
ค่าความสกปรกในรูป สารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l)	7	9	9	10
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml)	$23.6 \times 10^3$	$37.2 \times 10^3$	$25.5 \times 10^3$	$30.2 \times 10^3$
อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg)	nd.	nd.	nd.	nd.
แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg)	0.01	0.02	0.01	0.02

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูร้อน พ.ศ. 2561 ทั้ง 4 อำเภอ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.3-7.7 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) มีค่าระหว่าง 7.2-7.8 ความขุ่น (Turbidity; NTU) มีค่าระหว่าง 36-42 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l) มีค่าระหว่าง 52-56 ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l) มีค่าระหว่าง 7-10 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml) มีค่าระหว่าง  $23.6 \times 10^3$  -  $37.2 \times 10^3$  อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ตรวจวัดไม่พบ และแคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) มีค่าระหว่าง 0.01-0.02

**ตารางที่ 4.3** คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูฝน พ.ศ. 2561

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีในฤดูฝน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.9	7.6	7.8	7.7
ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	9.1	8.7	8.8	9.0
ความขุ่น (Turbidity; NTU)	61	66	67	65
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l)	56	59	57	59
ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l)	12	10	11	13
แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml)	$40.7 \times 10^3$	$42.1 \times 10^3$	$45.8 \times 10^3$	$44.2 \times 10^3$

ตารางที่ 4.3 คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูฝน พ.ศ. 2561 (ต่อ)

พารามิเตอร์	คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรีในฤดูฝน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg)	nd.	nd.	0.002	0.004
แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg)	0.353	0.271	0.330	0.376

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี (4 อำเภอ) ในฤดูฝน พ.ศ. 2561 ทั้ง 4 อำเภอ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 7.6-7.9 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) มีค่าระหว่าง 8.8-9.1 ความขุ่น (Turbidity; NTU) มีค่าระหว่าง 61-67 ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; mg/l) มีค่าระหว่าง 56-59 ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD; mg/l) มีค่าระหว่าง 10-13 แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coli form Bacteria : TCB; MPN /100 ml) มีค่าระหว่าง  $40.7 \times 10^3$  -  $45.8 \times 10^3$  อาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) มีค่าระหว่าง 0.002-0.004 และแคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) มีค่าระหว่าง 0.27-0.37



ภาพที่ 4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี

#### 4.2 การศึกษาปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี

จากการศึกษาปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ทั้ง 4 อำเภอดังกล่าว พบว่า ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำต่างๆ ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561 ได้แก่ กุ้ง ปลา กาด ปลานิล หอยขม และหอยเชอร์รี่ ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูหนาว พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	nd.	nd.	nd.	0.002
ปลา กาด	nd.	nd.	nd.	nd.
ปลานิล	nd.	nd.	nd.	0.204
หอยขม	0.004	0.002	0.003	0.004
หอยเชอร์รี่	0.019	0.062	0.084	0.283

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ 4.5 ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูหนาว พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	0.004	0.001	0.194	0.276
ปลา กาด	nd.	nd.	0.001	0.003
ปลานิล	0.021	nd.	nd.	0.005
หอยขม	0.003	0.003	0.005	0.008
หอยเชอร์รี่	0.004	0.006	0.006	0.010

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ 4.6 ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูร้อน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	nd.	nd.	0.086	0.091
ปลากด	nd.	nd.	nd.	nd.
ปลานิล	nd.	nd.	nd.	nd.
หอยขม	0.004	0.006	0.083	0.092
หอยเชอร์รี่	nd.	nd.	0.098	0.374

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูร้อน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	0.004	0.107	0.213	0.309
ปลากด	nd.	nd.	0.002	0.004
ปลานิล	nd.	nd.	nd.	0.012
หอยขม	0.013	0.009	nd.	0.004
หอยเชอร์รี่	0.005	0.048	0.221	0.301

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ 4.8 ปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วง  
ฤดูฝน พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณอาร์เซนิก (Arsenic: As; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ ในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูฝน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	nd.	nd.	nd.	nd.
ปลากด	nd.	nd.	nd.	nd.
ปลานิล	nd.	nd.	0.002	0.006
หอยขม	0.016	nd.	nd.	0.010
หอยเชอร์รี่	nd.	nd.	0.224	0.318

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

ตารางที่ 4.9 ปริมาณ แคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี  
ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2561

รายการ	ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียม (Cadmium: Cd; mg/kg) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ ในแม่น้ำปราจีนบุรี ฤดูฝน พ.ศ. 2561			
	อ.กบินทร์บุรี	อ.ศรีมหาโพธิ์	อ.เมือง	อ.บ้านสร้าง
กุ้งก้ามกราม	nd.	nd.	0.033	0.024
ปลากด	nd.	0.001	nd.	0.002
ปลานิล	nd.	nd.	0.011	nd.
หอยขม	nd.	nd.	nd.	0.046
หอยเชอร์รี่	0.052	0.008	nd.	nd.

หมายเหตุ: nd. หมายถึง ตรวจวัดไม่พบ

#### 4.3 การศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสารพิษ

การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) จากระดับความเข้มข้นของ โลหะหนัก (Arsenic: อาร์เซนิก และ Cadmium: แคดเมียม) ที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำจากการบริโภค ตามสมการของ US.EPA (1989) เพื่อหาค่า LADD (Lifetime Average Daily Dose) มีหน่วยเป็น  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{day})^{-1}$  ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{LADD}_{\text{POT}} = (\text{C} \times \text{IR} \times \text{EF} \times \text{ED}) / (\text{BW} \times \text{AT}) \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อกำหนดให้

$\text{LADD}_{\text{POT}}$  คือ ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภค สัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารพิษ ( $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$ )

C คือ ความเข้มข้นของการปนเปื้อนสารพิษ ( $\text{mg}/\text{kg}$  fish)

IR คือ อัตราการบริโภคสัตว์น้ำ ( $\text{g}/\text{day}$ )

EF คือ ความถี่การสัมผัส ( $\text{days}/\text{year}$ )

ED คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (years)

BW คือ น้ำหนักร่างกาย ( $\text{kg}$ )

AT คือ ระยะเวลาการสัมผัสตลอดชีวิตเฉลี่ย\* (days)

(\*ระยะเวลาการสัมผัสตลอดชีวิตคำนวณที่ 70 ปี)

##### 4.3.1 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) อาร์เซนิก (Arsenic) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี ได้แก่ อัตราการบริโภคสัตว์น้ำ (IR,  $\text{g}/\text{day}$ ) น้ำหนักร่างกาย (BW,  $\text{kg}$ ) ความถี่การสัมผัสหรือความถี่ในการบริโภค (EF,  $\text{days}/\text{year}$ ) ทั้ง 4 อำเภอ คือ อ.กบินทร์บุรี อ.ศรีมหาโพธิ์ อ.เมือง และอ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณอาร์เซนิก (As) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.4) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัส (Exposure assessment) สารพิษจากการบริโภค สัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.10 อย่างไรก็ตามสำหรับการประเมินการรับสัมผัสสารพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งนั้น ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณในส่วนของระยะเวลาที่สัมผัส (ED, years) คิดที่ 70 ปี และระยะเวลาการสัมผัสตลอดชีวิตเฉลี่ย (AT, days) คำนวณที่ 25,550 วัน หรือ 70 ปี

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี ในครั้งนี้ ผู้วิจัยประเมินเฉพาะสัตว์น้ำที่ตรวจวัดพบค่าความเข้มข้นของการปนเปื้อนสารพิษเท่านั้น หากตรวจวัดไม่พบ (nd.) จะไม่นำมาคำนวณเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิก ในปริมาณ  $3.001 \times 10^{-5}$   $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$  และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่ มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $1.169 \times 10^{-4}$   $\text{mg}/\text{kg}/\text{day}$  (ตารางที่ 4.10)

**ตารางที่ 4.10** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.004	0.500	365	70	65	25,550	$3.001 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.019	0.400	365	70	65	25,550	$1.169 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิก ในปริมาณ  $9.003 \times 10^{-6}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่ มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $2.861 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.11)

**ตารางที่ 4.11** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิก ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.002	0.300	365	70	65	25,550	$9.003 \times 10^{-6}$
หอยเชอร์รี่	0.062	0.300	365	70	65	25,550	$2.861 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ. เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิก ในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$

mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $3.876 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิก ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.003	0.400	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.084	0.300	365	70	65	25,550	$3.876 \times 10^{-4}$

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.153 \times 10^{-6}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $7.846 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $1.306 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	0.002	0.200	365	70	65	25,550	$6.153 \times 10^{-6}$
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	0.204	0.250	365	70	65	25,550	$7.846 \times 10^{-4}$
หอยขม	0.004	0.300	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.283	0.300	365	70	65	25,550	$1.306 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

#### 4.3.2 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียม (Cadmium) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณแคดเมียม (Cd) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูหนาว พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.5) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.14

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.461 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.292 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.384 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.14)

**ตารางที่ 4.14** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.004	0.400	365	70	65	25,550	$2.461 \times 10^{-5}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	0.021	0.400	365	70	65	25,550	$1.292 \times 10^{-4}$
หอยขม	0.003	0.300	365	70	65	25,550	$1.384 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.004	0.300	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-5}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $4.615 \times 10^{-6}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.384 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.15)

**ตารางที่ 4.15** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.001	0.300	365	70	65	25,550	$4.615 \times 10^{-6}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.003	0.300	365	70	65	25,550	$1.384 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.006	0.200	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-5}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $8.953 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $5.384 \times 10^{-6}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.384 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.16)

**ตารางที่ 4.16** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.194	0.350	365	70	65	25,550	$8.953 \times 10^{-4}$
ปลากด	0.001	0.350	365	70	65	25,550	$5.384 \times 10^{-6}$
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.005	0.250	365	70	65	25,550	$1.923 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.006	0.250	365	70	65	25,550	$2.307 \times 10^{-5}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาวใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $8.492 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $9.023 \times 10^{-6}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.538 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.461 \times 10^{-6}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $3.076 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.17)

**ตารางที่ 4.17** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูหนาว ใน บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.276	0.200	365	70	65	25,550	$8.492 \times 10^{-4}$
ปลากด	0.003	0.200	365	70	65	25,550	$9.023 \times 10^{-6}$
ปลานิล	0.005	0.200	365	70	65	25,550	$1.538 \times 10^{-5}$
หอยขม	0.008	0.200	365	70	65	25,550	$2.461 \times 10^{-6}$
หอยเชอร์รี่	0.010	0.200	365	70	65	25,550	$3.076 \times 10^{-5}$

#### 4.3.3 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) อาร์เซนิก (Arsenic) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อน

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณแคดเมียม (Cd) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.6) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.18

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ. กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $2.769 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.18)

**ตารางที่ 4.18** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อน ใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.004	0.450	365	70	65	25,550	$2.769 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $4.615 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.19)

**ตารางที่ 4.19** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.006	0.500	365	70	65	25,550	$4.615 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.615 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ

$5.746 \times 10^{-4}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.784 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.20)

**ตารางที่ 4.20** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.086	0.500	365	70	65	25,550	$6.615 \times 10^{-4}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.083	0.450	365	70	65	25,550	$5.746 \times 10^{-4}$
หอยเชอร์รี่	0.098	0.450	365	70	65	25,550	$6.784 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่าตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $5.600 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $2.830 \times 10^{-4}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $11.507 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.21)

**ตารางที่ 4.21** การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.091	0.400	365	70	65	25,550	$5.600 \times 10^{-4}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.092	0.200	365	70	65	25,550	$2.830 \times 10^{-4}$
หอยเชอร์รี่	0.374	0.200	365	70	65	25,550	$1.1507 \times 10^{-3}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

#### 4.3.4 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียม (Cadmium) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อน

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณแคดเมียม (Cd) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูร้อน พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.7) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.22

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $6.000 \times 10^{-4}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.307 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.22)

ตารางที่ 4.22 การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.004	0.300	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-5}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.013	0.300	365	70	65	25,550	$6.000 \times 10^{-4}$
หอยเชอร์รี่	0.005	0.300	365	70	65	25,550	$2.307 \times 10^{-5}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $4.938 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.769 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.476 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.23 การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.107	0.300	365	70	65	25,550	$4.938 \times 10^{-4}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.009	0.200	365	70	65	25,550	$2.769 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.048	0.200	365	70	65	25,550	$1.476 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.3107 \times 10^{-3}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $9.230 \times 10^{-6}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $6.800 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.24)

ตารางที่ 4.24 การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.213	0.400	365	70	65	25,550	$1.3107 \times 10^{-3}$
ปลากด	0.002	0.300	365	70	65	25,550	$9.230 \times 10^{-6}$
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	0.221	0.200	365	70	65	25,550	$6.800 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ. ปราจีนบุรี พบว่าตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.426 \times 10^{-3}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.461 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $6.461 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.230 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $9.261 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.25)

**ตารางที่ 4.25** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูร้อนใน อ. บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.309	0.300	365	70	65	25,550	$1.426 \times 10^{-3}$
ปลากด	0.004	0.400	365	70	65	25,550	$2.461 \times 10^{-5}$
ปลานิล	0.012	0.350	365	70	65	25,550	$6.461 \times 10^{-5}$
หอยขม	0.004	0.200	365	70	65	25,550	$1.230 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.301	0.200	365	70	65	25,550	$9.261 \times 10^{-4}$

#### 4.3.5 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) อาร์เซนิก (Arsenic) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝน

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณอาร์เซนิก (As) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.8) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) อาร์เซนิกจากการบริโภคสัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.26

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.153 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.26)

ตารางที่ 4.26 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.016	0.250	365	70	65	25,550	$6.153 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

สำหรับการประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี ไม่นำมาคำนวณ เนื่องจากตรวจวัดไม่พบสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำ (ตารางที่ 4.27)

ตารางที่ 4.27 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.153 \times 10^{-6}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $6.892 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.28)

ตารางที่ 4.28 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	0.002	0.200	365	70	65	25,550	$6.153 \times 10^{-6}$
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	0.224	0.200	365	70	65	25,550	$6.892 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $2.769 \times 10^{-5}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $4.615 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกในปริมาณ  $1.223 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.29)

ตารางที่ 4.29 การประเมินการรับสัมผัสสารอาร์เซนิกในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารอาร์เซนิกจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	0.006	0.300	365	70	65	25,550	$2.769 \times 10^{-5}$
หอยขม	0.010	0.300	365	70	65	25,550	$4.615 \times 10^{-5}$
หอยเชอร์รี่	0.318	0.250	365	70	65	25,550	$1.223 \times 10^{-3}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

#### 4.3.6 การประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียม (Cadmium) ในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝน

จากข้อมูลแบบสำรวจการบริโภคสัตว์น้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีของตัวแทนประชาชนที่อยู่อาศัยและดำรงชีวิตตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี และข้อมูลการศึกษาการปนเปื้อนของปริมาณแคดเมียม (Cd) ในสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ช่วงฤดูฝน พ.ศ. 2561 (ตารางที่ 4.9) สามารถนำมาคำนวณเพื่อประเมินการรับสัมผัสสารพิษ (Exposure assessment) แคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ (สมการที่ 1) ได้ผลดังตารางที่ 4.30

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.800 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.30)

ตารางที่ 4.30 การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง	nd.	-	-	-	-	-	-
ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	0.052	0.350	365	70	65	25,550	$2.800 \times 10^{-4}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $6.153 \times 10^{-6}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่มีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.461 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.31)

**ตารางที่ 4.31** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.ศรีมหาโพธิ์ จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลากด	0.001	0.400	365	70	65	25,550	$6.153 \times 10^{-6}$
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	0.008	0.200	365	70	65	25,550	$2.461 \times 10^{-5}$

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.538 \times 10^{-4}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลานิลมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $8.461 \times 10^{-5}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.32)

**ตารางที่ 4.32** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.033	0.500	365	70	65	25,550	$2.538 \times 10^{-4}$
ปลากด	nd.	-	-	-	-	-	-
ปลานิล	0.011	0.500	365	70	65	25,550	$8.461 \times 10^{-5}$
หอยขม	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $1.846 \times 10^{-4}$  mg/kg/day ส่วนตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคปลากดมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมใน

ปริมาณ  $1.384 \times 10^{-5}$  mg/kg/day และตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยขมมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมในปริมาณ  $2.123 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (ตารางที่ 4.33)

**ตารางที่ 4.33** การประเมินการรับสัมผัสสารแคดเมียมในสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี

สัตว์น้ำ	การรับสัมผัสสารแคดเมียมจากสัตว์น้ำช่วงฤดูฝนใน อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี						
	C (mg/kg)	IR (g/day)	EF (days/year)	ED (year)	BW (kg)	AT (days)	LADD <sub>POT</sub> (mg/kg/day)
กุ้ง ก้ามกราม	0.024	0.500	365	70	65	25,550	$1.846 \times 10^{-4}$
ปลากด	0.002	0.450	365	70	65	25,550	$1.384 \times 10^{-5}$
ปลานิล	nd.	-	-	-	-	-	-
หอยขม	0.046	0.300	365	70	65	25,550	$2.123 \times 10^{-4}$
หอยเชอร์รี่	nd.	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: nd. (ตรวจวัดไม่พบ) ไม่นำมาคำนวณ

#### 4.4 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ของประเทศไทย กำหนดค่าสูงสุดของสารหนูทั้งหมดหรือ Total arsenic ในอาหารทั่วไป ไม่เกิน 2 mg/kg ส่วนปริมาณแคดเมียมนั้น FAO/WHO Codex Alimentarius Commission กำหนดปริมาณสูงสุดของแคดเมียมในหอย (Marine bivalve molluscs) ไม่เกิน 2 mg/kg และ European Commission กำหนดปริมาณสูงสุดของแคดเมียมในปลาไม่เกิน 0.05-0.3 mg/kg

อย่างไรก็ตามผลจากการสุ่มตรวจวิเคราะห์สัตว์น้ำ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลากด ปลานิล หอยขม และหอยเชอร์รี่ ในแม่น้ำปราจีนบุรี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.318 mg/kg ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศไทย และ FAO/WHO พบว่า มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด หากเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ European Commission พบว่า กุ้งก้ามกรามและหอยเชอร์รี่ ในบางพื้นที่ มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานอาหารที่กำหนด และเพื่อเป็นการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในแม่น้ำปราจีนบุรีและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยไปถ่ายทอดสู่ชุมชนในพื้นที่ อ. บ้านสร้าง จ. ปราจีนบุรี โดยการบูรณาการวิชาการการมีส่วนร่วมกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำและสัตว์น้ำ และตัวแทนผู้นำส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในจังหวัดปราจีนบุรี ให้ได้รับทราบข้อมูลคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนสารพิษในสัตว์น้ำ ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการได้รับสัมผัสสารพิษ (โลหะหนัก) อาร์เซนิก และแคดเมียมจากการบริโภคสัตว์น้ำ รวมถึงแนวทางการป้องกันการรับสัมผัสสารพิษ (โลหะหนัก) แบบพึ่งพาตนเอง (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.2 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สู่ชุมชน

สำหรับแนวทางลดการปนเปื้อนของสารพิษในแม่น้ำปราจีนบุรีและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร - ไม่ใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตรในการเพาะปลูก และเลี้ยงสัตว์มากกว่าสองชนิดผสมกันเว้นแต่ได้รับคำแนะนำจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง และมีการจัดเก็บวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดต่างๆ เป็นสัดส่วนในสถานที่เก็บเฉพาะ เพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนและชะล้างสารพิษต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะแม่น้ำปราจีนบุรี

2. การจัดการด้านน้ำเสีย - น้ำทิ้งหรือน้ำเสียจากครัวเรือนของประชาชนที่อาศัยอยู่ตามริมแม่น้ำปราจีนบุรี ไม่ควรปล่อยระบายลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง ควรมีการกักเก็บน้ำเสียเพื่อทำการบำบัดให้มีความสะอาดและสามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

3. หน่วยงานของรัฐควรมีการติดตามเฝ้าระวังการปล่อยสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมบริเวณโดยรอบแม่น้ำปราจีนบุรีและสุ่มตรวจวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำและสัตว์น้ำอย่างต่อเนื่อง

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณสารพิษ (โลหะหนัก) ที่ปนเปื้อนในแม่น้ำปราจีนบุรีใน ครั้งนี้ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอกบินทร์บุรี อำเภอศรีมหาโพธิ์ อำเภอเมือง และอำเภอบ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี ซึ่งคณะผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างน้ำและตัวอย่างสัตว์น้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ อาร์เซนิก และแคดเมียม ใน 3 ฤดูกาล ได้แก่ ช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน พ.ศ. 2561 ผลการศึกษาพบว่า โดยรวมคุณภาพน้ำ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 7.3-7.9 ออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าระหว่าง 7.2-10.6 ความขุ่น มีค่าระหว่าง 27-67 NTU ของแข็งแขวนลอย มีค่าระหว่าง 40-59 mg/l ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์ มีค่าระหว่าง 5-13 mg/l แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด มีค่าระหว่าง  $13.6 \times 10^3$  -  $45.8 \times 10^3$  MPN /100 ml อาร์เซนิกหรือสารหนู มีค่าระหว่าง 0.001-0.004 mg/kg แคดเมียม มีค่าระหว่าง 0.02-0.376mg/kg อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของอาร์เซนิก พบมากในช่วงฤดูฝน รองลงมาคือ ฤดูหนาว และฤดูร้อน ตามลำดับ ส่วนการปนเปื้อนของแคดเมียม พบมาในช่วงฝน รองลงมาคือ ฤดูหนาว และฤดูร้อน ตามลำดับ เช่นเดียวกัน

การสุ่มวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของอาร์เซนิกในสัตว์น้ำ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลากด ปลานิล หอยขม และหอยเชอร์รี่ พบว่า การปนเปื้อนของอาร์เซนิก พบมากที่สุดที่หอยเชอร์รี่ช่วงฤดูร้อน 0.374 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) รองลงมาคือ ฤดูฝน 0.318 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) และฤดูหนาว 0.283 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) ส่วนปลานิลพบมากที่สุดในช่วงฤดูหนาว 0.204 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) และ กุ้งก้ามกราม พบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน 0.091 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) และ 0.086 mg/kg (อ.เมือง)

การสุ่มวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของแคดเมียมในสัตว์น้ำ ได้แก่ กุ้งก้ามกราม ปลากด ปลานิล หอยขม และหอยเชอร์รี่ พบว่า การปนเปื้อนของแคดเมียม พบมากที่สุดที่หอยเชอร์รี่ ช่วงฤดูร้อน 0.301 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) รองลงมาคือ 0.221 mg/kg (อ.เมือง) ส่วนกุ้งก้ามกราม พบมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน 0.309 mg/kg (อ.บ้านสร้าง) รองลงมาคือฤดูหนาว 0.276 mg/kg (อ.บ้านสร้าง)

การประเมินการรับสัมผัสสารพิษต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารอาร์เซนิกของคนในชุมชนที่มีการใช้ประโยชน์ในแม่น้ำปราจีนบุรี พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคหอยเชอร์รี่ที่ปนเปื้อนสารอาร์เซนิกมีโอกาสได้รับสารอาร์เซนิกมากที่สุด ในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.1507 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.บ้านสร้าง) รองลงมาคือฤดูฝน ปริมาณ  $6.892 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (อ.เมือง)

การประเมินการรับสัมผัสสารพิษต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารแคดเมียมของคนในชุมชน พบว่า ตัวแทนประชาชนที่มีการบริโภคกุ้งก้ามกรามมีโอกาสได้รับสารแคดเมียมมากที่สุด ในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.426 \times 10^{-3}$  (อ.บ้านสร้าง) และ  $1.3107 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.เมือง) รองลงมาคือ ฤดูฝน ปริมาณ  $2.538 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (อ.เมือง)

## อภิปรายผล

จากผลการศึกษาความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารพิษต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารอาร์เซนิกของคนในชุมชนในแม่น้ำปราจีนบุรีครั้งนี้ที่พบมากที่สุด คือ หอยเชอร์รี่ในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.1507 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.บ้านสร้าง) ซึ่งหากเปรียบเทียบกับปริมาณที่กำหนดต่อการได้รับสารหนูเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย คือ ที่ระดับ  $0.0003$  หรือ  $3.0 \times 10^{-4}$  mg/kg/day (เบญญาภา ธีระวิทย์เลิศ นิลาวรรณ งามขำ วรางคณา วิเศษมณี ลี ยิ่งเจริญ คุสกุศลรัตน์ และธวัช เพชรไทย, 2560) พบว่า คนในชุมชนที่บริโภคหอยเชอร์รี่ในช่วงฤดูดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดโรคมะเร็งมากกว่าพื้นที่อื่น

สำหรับผลการศึกษาความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารแคดเมียมต่อสุขภาพในการเกิดมะเร็งจากการบริโภคสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนสารแคดเมียมของคนในชุมชนในแม่น้ำปราจีนบุรีที่พบมากที่สุด คือ กุ้งก้ามกรามในช่วงฤดูร้อน ปริมาณ  $1.426 \times 10^{-3}$  (อ.บ้านสร้าง) และ  $1.3107 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (อ.เมือง) ซึ่งหากเปรียบเทียบกับปริมาณที่กำหนดต่อการได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆ ต่อสุขภาพอนามัย คือ ที่ระดับ  $0.001$  หรือ  $1.0 \times 10^{-3}$  mg/kg/day (เบญญาภา ธีระวิทย์เลิศ นิลาวรรณ งามขำ วรางคณา วิเศษมณี ลี ยิ่งเจริญ คุสกุศลรัตน์ และธวัช เพชรไทย, 2560) พบว่า คนในชุมชนที่บริโภคกุ้งก้ามกรามในช่วงฤดูดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อสุขภาพในการเกิดโรคมะเร็งมากกว่าพื้นที่อื่น เช่นเดียวกัน

ดังนั้นเพื่อเป็นการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในแม่น้ำปราจีนบุรีและสัตว์น้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยไปถ่ายทอดสู่ชุมชนในพื้นที่ อ. บ้านสร้าง จ. ปราจีนบุรี ให้ได้รับทราบข้อมูลคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนสารพิษในสัตว์น้ำ โดยการบูรณาการวิชาการการมีส่วนร่วมกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบที่มีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำและสัตว์น้ำ และตัวแทนผู้นำส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในจังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งจะเป็ประโยชน์ต่อการวางแผนป้องกันปัญหาสุขภาพอนามัยของคนในชุมชนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Koki, Bayero, Umar and Yusuf (2015) กล่าวว่า การศึกษาและใช้เทคนิคการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถทำนายเพื่อให้เข้าใจถึงความเสี่ยงต่อการสัมผัสกับสารเคมีโดยเฉพาะโลหะหนักซึ่งมีความเป็นพิษสูง

## ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรดำเนินการตรวจสอบสุขภาพของประชาชนในชุมชนร่วมด้วย เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสารพิษโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำที่บริโภคที่ได้ผลชัดเจนมากขึ้น

## บรรณานุกรม

### บรรณานุกรมภาษาไทย

- กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ. (2541). *สารหนู* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง. (2561). *การปนเปื้อนแคดเมียมในปลากระตักและปลาชาร์ทิ้น*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://www.fisheries.go.th/quality/Cd.pdf>
- เขมขิต ธนาภิชาตเจริญ นงนาถ เมฆรังสีมันต์ และสุรัชย์ ศิลาภรณ์โชติ. (2561). *ประโยชน์และความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียม*. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2561, จาก [http://www.dss.go.th/images/st-article/cp\\_4\\_2551\\_Cadmium.pdf](http://www.dss.go.th/images/st-article/cp_4_2551_Cadmium.pdf)
- จอมจันทร์ นทีวัฒนา และคณะ. (2014). การประเมินความเสี่ยงคุณภาพน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อการบริโภคและการชลประทานโครงการในพระราชดำริอ่างเก็บน้ำแม่ปมอำเภอมะนังจังหวัดพะเยา. *J. Sci Technol MSU*, 33 (6). 615-628.
- นันทฤทธิ์ โชคถาวร และไมตรี สุทธิจิตต์. (2545). *อันตรายและความเป็นพิษของสารหนู*. ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2561, จาก [http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_toxic/a\\_tx\\_2\\_0\\_0\\_1\\_c.asp?info\\_id=1\\_2\\_1](http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_0_0_1_c.asp?info_id=1_2_1) [http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc\\_toxic/a\\_tx\\_2\\_001c.asp?info\\_id=121](http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_2_001c.asp?info_id=121)
- นันทิกา สุนทรไชยกุล. (2558). วิธีการประเมินการได้รับสัมผัสสิ่งคุกคาม. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 8 (30). 24-28.
- เบญญาภา อีระวิทย์เลิศ นิลาวรรณ งามขำ วรจกณา วิเศษมณี ลี ยิงเจริญ คุณกุลรัตน์ และ ธวัชเพชรไทย. (2560). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในกุ้ง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 3 (1): 52-60.
- พิชญ์นิภา ขวัญเฟือก. (2556). *สารหนู/อาร์เซนิก ประโยชน์ และพิษสารหนู*. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2561, จาก <https://www.siamchemi.com/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%B9/>
- เฟื่องฟ้า โสภณพงศ์พิพัฒน์. (2553). *การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของคนไทยจากการบริโภคอาหารทะเลและผลิตภัณฑ์อาหารทะเลที่ปนเปื้อนสารหนูอนินทรีย์* (วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต). สัตวแพทย์สาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัทรภร ธนะภาวริศ และอนนท์ ป้อมประสิทธิ์. (2551). *การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ตอนที่ 2*. สืบค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2560, จาก [http://lib3.dss.go.th/fulltext/BLA\\_J/BLA2551\\_4\\_13P4-7.PDF](http://lib3.dss.go.th/fulltext/BLA_J/BLA2551_4_13P4-7.PDF)
- วรัญญา บุญชัย. (2561). *สารหนู*. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2561, จาก [http://www.si.mahidol.ac.th/sirirajcme/Others/Hot\\_issues/arsenic.asp](http://www.si.mahidol.ac.th/sirirajcme/Others/Hot_issues/arsenic.asp)

- แหวดตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงสุดาวรรณ และ อาวุธ หมั่นหาผล. (2557). การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจังหวัดระยอง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 19 (2). 38-54.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. (2561). *ภัยร้ายจากสารหนู*. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/99-ภัยร้ายจากสารหนู>
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2560). *แม่น้ำปราจีนบุรี*. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.thaiwater.net/web/attachments/25basins/15-prachin-buri.pdf>
- สุนิสา ชายเกลี้ยง. (2557). *พิษวิทยาสาธารณสุข*. คณะสาธารณสุข มหาวิทยาลัยขอนแก่น. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. จังหวัดขอนแก่น.
- สุพรรณนา เกียรติสมบุญและสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2012). การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น. *KKU Res. J.* 2012; 17(4). 671-686.

#### บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

- Abubakar, A., Uzairu, A., Ekwumengbo, P. A., & Okunola, O. J. (2015). Risk Assessment of Heavy Metals in Imported Frozen Fish *Scomber scombrus* Species Sold in Nigeria: A Case Study in Zaria Metropolis. *Advances in Toxicology*. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/303245>
- Abdulali, T., Shuhaimi-Othman, M. & Ahmad, A.K. (2013). Assessment of heavy metals in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from the Langat River and Engineering Lake in Bangi, Malaysia, and evaluation of the health risk from tilapia consumption. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 93 (1); 45–51.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15<sup>th</sup> ed; Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- Koki, I. B., Bayero, A. S., Umar, A. & Yusuf, S. (2015). Health risk assessment of heavy metals in water, air, soil and fish. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*. 9 (11); 2040210.
- Kamal, J. E., Sharee, K. M. & El-Ashgarb, N. M. (2013). Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine). *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 13 (1); 44–51.

- Mania, M. et al. (2015). Total and inorganic arsenic in fish, seafood and seaweeds-exposure assessment. *Rocz Panstw Zakl Hig.* 2015; 66 (3): 203-10.
- Nevárez, M., Luz, O. L. & Moreno, M. (2015). Estimation of Seasonal Risk Caused by the Intake of Lead, Mercury and Cadmium through Freshwater Fish Consumption from Urban Water Reservoirs in Arid Areas of Northern Mexico. *Int J. Environ Res Public Health.* 12 (2): 1803–1816.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (1989). *Risk assessment guidance for Superfund, volume I. Human health evaluation manual, Part A.* Office of Emergency and Remedial Response, U.S. EPA, Washington, DC.
- Yang-Guang, G. et al. (2015). *Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks.* *Marine Pollution Bulletin.* 96 (1–2): 508–512.
- Yamane, T. (1967). *Statistics, An Introductory Analysis.* 2<sup>nd</sup> Ed., New York: Harper and Row.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเก็บตัวอย่างภาคสนาม



ก-1 พื้นที่ศึกษาวิจัยบริเวณเขื่อนแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-2 การเก็บตัวอย่างน้ำภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-3 การเก็บตัวอย่างปลาภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-4 การเก็บตัวอย่างกุ้งภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-5 การเก็บตัวอย่างหอยขมภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-6 การเก็บตัวอย่างหอยเชอร์รี่ภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี



ก-7 การเก็บตัวอย่างปลาตกภาคสนามในแม่น้ำปราจีนบุรี

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นางวันปิติ สกุล ธรรมศรี

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สังกัด หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ที่อยู่: สถานที่ทำงาน

228-228/1-3 ถนนสินธร เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

### การศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2542

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม) คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2546

### การวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย:

-ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ OTOP (หมวดอาหาร) ในเขตพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549

-การเผยแพร่คุณภาพสินค้า OTOP ในเขตพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

-การลดปัจจัยการผลิตผักปลอดภัยสำหรับเกษตรกรในตำบลวังยาวอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

-การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของชุมชนแบบมีส่วนร่วมจากผลกระทบของการพัฒนาเมืองโดยเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างถนนสายใหม่ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

-แผนการผลิตพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่เหมาะสมของชุมชนในเขตจัดรูปที่ดินจังหวัดสระบุรีเพื่อการพึ่งตนเอง (ระยะที่ 1) ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

-แผนการผลิตพืชเศรษฐกิจทางการเกษตรที่เหมาะสมของชุมชนในเขตจัดรูปที่ดินจังหวัดสระบุรีเพื่อการพึ่งตนเอง (ระยะที่ 2) ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

-ผลกระทบจากการขยายตัวของเมืองเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการอนุรักษ์ทรัพยากรดินของชุมชน ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

-การพัฒนาแนวปฏิบัติที่ดีในการผลิตข้าวปลอดภัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560