

# ความปลอดภัยจากการบริโภคหอยสองฝา

สุภาน้อย ทรัพย์สินเสริม\* ประทุมวัลย์ เจริญพร

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง\* ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและติดตามความปลอดภัยของหอยสองฝา 5 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยลาย หอยตลับและหอยเชลล์ในพื้นที่จังหวัดชุมพร สมุทรสงคราม ชลบุรี ระยอง ตรัง สุราษฎร์ธานี และเพชรบุรี โดยเก็บตัวอย่างหอยสองฝาจากพื้นที่ดังกล่าวทุกเดือน ระหว่างปี 2557 – 2561 จำนวน 1,980 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักชนิดปรอท แคดเมียมและตะกั่ว ผลการศึกษาพบค่าเฉลี่ยปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน แต่พบตะกั่วเกินมาตรฐานจำนวน 5 ตัวอย่าง ในหอยแมลงภู่ หอยลาย หอยตลับและหอยเชลล์ ในช่วง 1.21-1.67 mg /kg และพบการปนเปื้อนแคดเมียมสูงกว่าปรอทและตะกั่ว โดยพบแคดเมียมเกินมาตรฐาน จำนวน 8 ตัวอย่าง ในหอยนางรม และหอยเชลล์ ในช่วง 1.02 - 2.30 mg/kg ซึ่งผลการศึกษาพบความแตกต่างระหว่างฤดูกาล และ ปี ( $P < 0.05$ ) นอกจากนี้ ทำการศึกษาความปลอดภัยหอยสองฝา จำนวน 5 ชนิด ได้แก่หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยลาย หอยตลับ และหอยแครง บริเวณสะพานปลาในจังหวัดชลบุรี ระยอง เพชรบุรี สมุทรสาคร ชุมพรและสุราษฎร์ธานี ในปี 2562 จำนวน 120 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนปรอท ตะกั่ว และแคดเมียมต่ำกว่ามาตรฐานซึ่งอยู่ในระดับปลอดภัยต่อผู้บริโภค ยกเว้นหอยนางรม จำนวน 2 ตัวอย่างบริเวณสะพานปลาอ่างศิลาและสะพานปลาจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบแคดเมียมเกินมาตรฐานในปริมาณ 1.18 และ 1.04 mg/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารแคดเมียมและตะกั่ว พบว่ามีค่า Hazard Quotient (HQ) น้อยกว่า 1 ในหอยสองฝาทุกชนิด ซึ่งแสดงว่าการบริโภคหอยสองฝาไม่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ

**คำสำคัญ:** ความปลอดภัย โลหะหนัก หอยสองฝา การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

\*ผู้รับผิดชอบ: กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง กรมประมง ถนนพหลโยธิน เกษตรกลาง เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร.0 2562 0600 - 14 ต่อ 13300 e – mail : supanois@dof. mail.go.th

# Safety via Consumption of Bivalve Molluscs

Supanoi Subsinserm\* and Pratumwan Charernporn

Fish Inspection and Quality Control Division\* and Suratthani Fish Inspection and Research Center

## Abstract

■ The objective of this research was to survey and monitor the safety of bivalve molluscs; green mussel, oyster, baby clam, oriental hard clam and scallop from culture area in Chumphon Province, Samut Songkhram Province, Chonburi Province, Rayong Province, Trat Province, Surat Thani Province and Phetchaburi Province. One thousand nine hundred and eighty samples were monthly collected during 2014 – 2018 for study an accumulation of heavy metals; mercury, cadmium and lead. The results showed that the average concentration of mercury, cadmium and lead as lower than the standard criteria. Exception of five samples was relatively high concentration of lead in green mussel, baby clam, oriental hard clam and scallop at the concentration range 1.21 - 1.67 mg/kg. Moreover, the high contents of cadmium were higher than mercury and lead. Eight samples were found high concentration of cadmium over standard criteria at the range 1.02 - 2.30 mg/kg in oyster and scallop. There was significant difference ( $P < 0.05$ ) of heavy metals among seasons and years. In addition, the 5 bivalve molluscs; green mussel, oyster, baby clam, oriental hard clam and cockle collected from fishing port in totally 120 samples at 2019. All heavy metals contents were lower than the standard criteria and safe for human consumption. Whereas, two samples of oyster from fishing port at Ang-sila, Chonburi Province and Surat Thani were found cadmium concentration above the standard criteria at the range 1.18 and 1.04 mg/kg, respectively. Cadmium and lead were found to be less than 1 in Hazard Quotient (HQ) in all bivalve molluscs which indicated the consumption of all bivalve molluscs had no health risk.

**Key words :** Safety, Heavy metals, Bivalve mollusc, Health risk assessment

\* Corresponding Author: 50 Paholyothin Rd., Kaset-Klang, Chatuchak, Bangkok 10900  
Tel. 0 2562 0600-14 Ext 13300 e-mail: supanois@dof.mail.go.th

## คำนำ

ปัญหาการปนเปื้อนด้านมลพิษในสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจไปทั่วโลก เนื่องจากการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรม ทำให้สารพิษบางชนิด เช่น โลหะหนัก เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้อาหารที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้นเกิดการปนเปื้อนสารพิษไปด้วย รวมทั้งผลกระทบจากการแพร่กระจายของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ซึ่งโลหะหนักเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติจึงเกิดการสะสมในน้ำ ตะกอนดินและถ่ายเทสู่ระบบห่วงโซ่อาหาร หากมีปริมาณความเข้มข้นที่สูงทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำรวมถึงเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยมนุษย์ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อน อาจมีผลต่อสุขภาพในระยะยาวและความเสี่ยงจากโรคอื่น ๆ ตามมา

ปรอทเป็นโลหะหนักที่เป็นของเหลวระเหยเป็นไอได้ง่ายในสภาวะปกติ สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำในระยะตัวอ่อนจะมีความไวต่อปรอทมากกว่า ส่วนแคดเมียมและตะกั่วพบทั่วไปในสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ น้ำฝนพัดพาโลหะสู่แม่น้ำลงสู่ดิน ทะเลและมหาสมุทร เกิดการสะสมตะกอนตามแหล่งน้ำ หากได้รับแคดเมียมจะส่งผลกระทบต่อไต ระบบหัวใจและหลอดเลือด ในขณะที่ตะกั่วมีผลต่อสมองและระบบประสาท ซึ่งโลหะหนักทั้งสองชนิดจัดเป็นสารก่อมะเร็ง

หอยสองฝาเป็นสัตว์น้ำที่กินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาสิ่งต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำทะเลเข้าไปสะสมในตัวหอย ซึ่งหากมีการสะสมในปริมาณมากเกินมาตรฐานกำหนด จะทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภคได้ โดยทั่วไป จึงนิยมใช้หอยสองฝาเป็นดัชนีชี้วัดทางสิ่งแวดล้อมในการประเมินปัญหามลพิษทางทะเล โดยเฉพาะด้านโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้น ๆ

แววตา และคณะ (2557) ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง และพบว่าปริมาณโลหะหนักมีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคร้อยละ 84.8 และรายงานว่าอาหารทะเลบริเวณที่ศึกษายังไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และการศึกษาของ Bat *et al.* (2018) รายงานปริมาณโลหะหนักในหอยแมลงภูบริเวณชายฝั่ง Sinop ทะเลดำ ประเทศตุรกี พบปริมาณการปนเปื้อนเหล็ก ทองแดง แคดเมียม และปรอทค่อนข้างสูงและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ พบค่า Hazard Quotients (HQ) ต่ำกว่า 1 แสดงว่าไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li *et al.* (2020) ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหอยในบริเวณ Fujian ประเทศจีน พบค่า HQ ของโลหะหนักที่ศึกษาต่ำกว่า 1 ยกเว้นอาร์เซนิก พบค่า HQ 1.148 ในหอยหลอด

Regulation (EC) 1881/2006 สหภาพยุโรปกำหนดมาตรฐานปรอท แคดเมียม และตะกั่วสูงสุดในหอยสองฝาเพื่อการบริโภคที่ 0.5, 1.0 และ 1.5 mg/kg ตามลำดับ (European Union, 2006) สำหรับประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขออกประกาศ ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 กำหนดมาตรฐานปรอท และตะกั่วสูงสุดในอาหารเพื่อการบริโภคที่ 0.5 และ 1.0 mg/kg (กระทรวงสาธารณสุข, 2529) และประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2561) กำหนดปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในอาหารบางชนิด ได้แก่หอยที่ 2.0 mg/kg

หอยสองฝานิยมเลี้ยงกันมากในประเทศไทยคือ หอยแครง หอยแมลงภูและหอยนางรม ในปี 2561 มีพื้นที่เลี้ยงทั้งสิ้น 69,974.54 ไร่ แบ่งเป็นหอยแครง 52,492.96 ไร่ หอยแมลงภู 14,912.22 ไร่ และหอยนางรม 2,569.36 ไร่ ทั้งนี้ จังหวัดที่มีเนื้อที่เลี้ยงหอยมากที่สุด 3 อันดับแรก คือจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร โดยปริมาณผลผลิตหอยแครง หอยแมลงภู และหอยนางรม ในปี 2561 จำนวน 30,161.59, 33,819.94 และ 12,824.70 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,514.62, 294.29 และ 329.18 ล้านบาท ตามลำดับ (กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง, 2563) สำหรับการการค้าสินค้าหอยสองฝาในปี 2560 ประเทศไทยมีการส่งออกหอยและผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 5,193 ตันคิดเป็นมูลค่า 407 ล้านบาท โดยส่งออกหอยแครงมากที่สุดซึ่งตลาดส่งออกหลัก คือญี่ปุ่น กัมพูชา สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และอิตาลี ทั้งนี้สถิติการนำเข้าหอยและผลิตภัณฑ์คิดเป็นปริมาณ 15,701 ตันมูลค่า 1,687 ล้านบาท โดยหอยแมลงภูมีการนำเข้ามากที่สุดจากประเทศนิวซีแลนด์ รองลงมาคือหอยแครง ซึ่งการนำเข้าหอยมาเพื่อผลิตและ

แปรรูปเพื่อการส่งออกและการจำหน่ายภายในประเทศ (จิตรลดา ศรีตระกูล, 2561) การศึกษาครั้งนี้ ไม่มีการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยแครง เนื่องจากกรมประมงยังไม่ได้กำหนดเขตพื้นที่ในการตรวจติดตามเฝ้าระวังคุณภาพและความปลอดภัยหอยแครง โดยการประกาศจะต้องดำเนินการรวบรวมข้อมูลสุชนามัยในพื้นที่เพื่อกำหนดจุดเก็บที่ชัดเจนก่อน

กรมประมง (2559) ได้ออกกฎกระทรวง กำหนดกิจการการเพาะเลี้ยง สัตว์น้ำควบคุม พ.ศ. 2559 กำหนดให้การเพาะเลี้ยงหอยทะเลเป็นกิจการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคุม ซึ่งถือว่าการประกอบกิจการเพาะเลี้ยงหอยสองฝาในปัจจุบันจะต้องมีการควบคุมและขึ้นทะเบียนแหล่งเพาะเลี้ยงที่ชัดเจน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ ถือได้ว่าเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินความปลอดภัยของหอยสองฝาจากการปนเปื้อนโลหะหนักในแหล่งเลี้ยงต่าง ๆ และใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการพิจารณาในการขยายพื้นที่และแหล่งเพาะเลี้ยงที่มีคุณภาพและความปลอดภัย รวมทั้งใช้ในการกำหนดมาตรการควบคุมและเฝ้าระวังของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป นอกจากนี้ การศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาที่จำหน่ายบริเวณสะพานปลาในแต่ละจังหวัด จะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาความปลอดภัยหอยสองฝาที่บริโภคในประเทศ ผู้ประกอบการสามารถใช้เป็นแนวทางในการรับซื้อหอยสองฝาจากแหล่งเลี้ยงต่าง ๆ เพื่อนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกที่มีคุณภาพและความปลอดภัยจากปริมาณโลหะหนักปนเปื้อน ใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักจากสิ่งแวดล้อมสู่สัตว์น้ำ และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการได้รับปริมาณโลหะหนักจากการบริโภคหอยสองฝา

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาจากแหล่งต่าง ๆ และสะพานปลา
2. ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคหอยสองฝา

## วิธีดำเนินการ

### 1. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการศึกษา

วัตถุประสงค์หอยสองฝาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยลาย หอยตลับ และหอยเชลล์ แบ่งเป็น

1.1 หอยจากแหล่งเลี้ยง/แหล่งจับ เลือกจากแหล่งที่มีปริมาณการเลี้ยงสูง เป็นพื้นที่ที่ได้รับการรับรอง รวมทั้งมีการกำหนดให้มีการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพและความปลอดภัยโดยกรมประมง และเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตสูง สามารถรองรับการส่งออกในอนาคตได้ จึงได้กำหนดเป็นบริเวณที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ดังนี้

- 1) แหล่งหอยแมลงภู่ จังหวัดชุมพร สมุทรสงคราม และชลบุรี (ตารางที่ 1)
- 2) แหล่งหอยนางรม จังหวัดตราด (ตารางที่ 2)
- 3) แหล่งหอยลาย จังหวัดตราด และสุราษฎร์ธานี (ตารางที่ 3)
- 4) แหล่งหอยตลับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพชรบุรี และ

สมุทรสงคราม (ตารางที่ 4)

5) แหล่งหอยเชลล์ จังหวัดชุมพร ระยอง และชลบุรี (ตารางที่ 5)

เก็บตัวอย่างหอยสองฝาจากแหล่งต่าง ๆ ตามข้อ 1) ถึง 5) ตั้งแต่ปี 2557 - 2561 โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้งต่อจุดเก็บ ซึ่งแต่ละครั้งมีการเว้นระยะห่างในการสุ่มเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดและตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก ได้แก่ พรอท แคดเมียม และตะกั่ว ทั้งนี้ ตัวอย่างหอยสองฝาจถูกนำมาล้างด้วยน้ำทะเลเพื่อกำจัดสิ่งที่ไม่ใช่หอย บรรจุตัวอย่างหอยลงในถุงพลาสติกมีซิปปิดสนิท ทำเครื่องหมายแยกหอยจากแต่ละจุดเก็บ โดยระบุรายละเอียด วันเดือนปี แหล่งที่เก็บตัวอย่างในใบนำส่งตัวอย่าง บรรจุลงกล่องโฟม และรักษาความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง ขนส่งตัวอย่างมาที่ห้องปฏิบัติการ ควบคุมระยะเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง

1.2 หอยจากสะพานปลา เลือกจากแหล่งที่มีสัตว์น้ำจำหน่ายเป็นปริมาณมาก และมีความหลากหลายชนิดสัตว์น้ำ รวมทั้งเป็น

แหล่งที่มีการซื้อขายสัตว์น้ำสดและแปรรูปเป็นปริมาณมาก ซึ่งมีการรับซื้อ/รวบรวมมาจากหลายแหล่งที่มา จึงได้กำหนดเป็นบริเวณที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ สะพานปลา จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดชุมพร และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

### 2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) เครื่องชั่งยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 3202S และ CP 224S ความละเอียดทศนิยมไม่น้อยกว่า 0.01 กรัม และ 0.0001 กรัม
- 2) เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์ (Deionized water) ยี่ห้อ Millipore
- 3) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB45
- 4) เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAs), Graphite furnace ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น AAS 600
- 5) เครื่อง Mercury analyzer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น FIMS-100
- 6) วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตวงและวัดปริมาตร ได้แก่ Auto pipette ขวดปรับปริมาตร ปีกเกอร์ กระบอกตวง หลอดพลาสติก ฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตรชนิด Polypropylene ที่มีขีดบอก

ปริมาตร หลอดกราฟไฟต์ (Graphite tube) เป็นต้น

### 2.2 สารเคมี

- 1) กรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>: Analytical grade)
- 2) Ammonium dihydrogen phosphate (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: Analytical grade)
- 3) สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ยี่ห้อ Perkin Elmer
- 4) สารละลายมาตรฐานตะกั่ว ยี่ห้อ Perkin Elmer
- 5) สารละลายมาตรฐานปรอท ยี่ห้อ Perkin Elmer
- 6) กรดไฮโดรคลอริก (Analytical grade)
- 7) Tin (II) chloride dehydrate [SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O] (Analytical grade)
- 8) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Analytical grade)

## 3. วิธีดำเนินงาน

### 3.1 วิเคราะห์ ปริมาณ โลหะหนัก ใน หอยสองฝา

ใช้เฉพาะสองฝาส่วนที่บริโภคได้ วิเคราะห์โลหะหนัก โดยตรวจวิเคราะห์ปรอทด้วยเครื่อง Mercury Analyzer ตามวิธี AOAC 974.14 (2012a) และวิเคราะห์แคดเมียมและตะกั่วด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer ระบบ Graphite Furnace ตามวิธี AOAC 999.10 (2012b)

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู

จังหวัดชุมพร	จังหวัดสมุทรสงคราม	จังหวัดชลบุรี
จุดที่ 1: 10° 20' 57.05" N, 99° 12' 28.10" E ตำบลทุ่งคา อำเภอสวี	จุดที่ 1: 13° 19' 07.05" N, 100° 01' 50.70" E ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง	จุดที่ 1: 13° 23' 27.51" N, 100° 56' 38.02" E ตำบลบางทราย อำเภอเมือง
จุดที่ 2: 10° 20' 18.25" N, 99° 11' 12.51" E ตำบลทุ่งคา อำเภอสวี	จุดที่ 2: 13° 19' 59.76" N, 100° 02' 02.75" E ตำบลคลองโคน อำเภอเมือง	จุดที่ 2: 13° 22' 16.06" N, 100° 56' 20.83" E ตำบลบางทราย อำเภอเมือง
จุดที่ 3: 10° 19' 16.45" N, 99° 11' 30.23" E ตำบลทุ่งคา อำเภอสวี		จุดที่ 3: 13° 20' 23.08" N, 100° 54' 23.64" E ตำบลอ่างศิลา อำเภอเมือง

ตารางที่ 2 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหอยนางรม

จังหวัดตราด

จุดที่ 1: 12°05' 23.43"N, 102°34' 34.60"E หมู่ที่ 1 บ้านแหลมเทียน ตำบลอ่าวใหญ่ อำเภอเมือง
จุดที่ 2: 12°05' 31.94" N, 102°34' 34.43" E หมู่ที่ 1 บ้านแหลมเทียน ตำบลอ่าวใหญ่ อำเภอเมือง
จุดที่ 3: 12°06' 08.45" N, 102°34' 13.74"E หมู่ที่ 5 บ้านคันทนา ตำบลห้วงน้ำขาว อำเภอเมือง

ตารางที่ 3 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหอยลาย

จังหวัดตราด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
จุดที่ 1: 12°07' 00.80"N, 102°27' 44.10"E อำเภอเมือง	จุดที่ 1: 09°38'04.83" N, 99°16' 16.58"E อำเภอท่าชนะ
จุดที่ 2: 12°03' 45.00" N, 102°31' 00.00"E อำเภอเมือง	จุดที่ 2: 09°36' 10.65" N, 99°16' 56.03" E อำเภอท่าชนะ
จุดที่ 3: 12°01' 03.70" N, 102°33' 55.05"E อำเภอเมือง	จุดที่ 3: 09°34' 29.90" N, 99°17' 40.35" E อำเภอท่าชนะ
จุดที่ 4: 12°01' 12.00" N, 102°41' 24.00"E อำเภอคลองใหญ่	จุดที่ 4: 09°32' 32.14" N, 99°17' 03.78" E อำเภอไชยา
	จุดที่ 5: 09°30' 12.00" N, 99°18' 04.44"E อำเภอไชยา
	จุดที่ 6: 09°28' 08.06" N, 99°18' 53.80"E อำเภอไชยา
	จุดที่ 7: 09°35' 55.60" N, 99°36' 44.03"E ตำบลอ่างทอง อำเภอเกาะสมุย
	จุดที่ 8: 09°31' 50.66"N, 99°36' 39.46" E ตำบลอ่างทอง อำเภอเกาะสมุย

ตารางที่ 4 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหอยตลับ

จังหวัดสุราษฎร์ธานี	จังหวัดเพชรบุรี	จังหวัดสมุทรสงคราม
จุดที่ 1: 09°21'51.30"N, 99°18' 25.83"E อำเภอไชยา	จุดที่ 1: 13°06' 37.01"N, 100°04' 05.00"E ตำบลบางแก้ว อำเภอ บ้านแหลม	จุดที่ 1: 13°19' 59.49" N, 100°00' 27.14"E อำเภอเมือง
จุดที่ 2: 09°23' 19.43" N, 99°18' 45.83"E อำเภอไชยา	จุดที่ 2: 13°06' 26.00" N, 100°04' 07.01"E ตำบลบางแก้ว อำเภอ บ้านแหลม	จุดที่ 2: 13°19' 59.13"N, 100°00' 44.74"E อำเภอเมือง
	จุดที่ 3: 13°06' 07.04" N, 100°04' 11.00"E ตำบลบางแก้ว อำเภอ บ้านแหลม	

ตารางที่ 5 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างหอยเชลล์

จังหวัดชุมพร	จังหวัดระยอง	จังหวัดชลบุรี
จุดที่ 1: บ้านท่าเทียบเรือประมง หมู่ที่ 8 ตำบลปากน้ำชุมพร อำเภอเมือง	จุดที่ 2: ทะเลในพื้นที่จังหวัดระยอง นับจากแนวชายฝั่งทะเลออกไปเป็นระยะ 3 ไมล์ทะเล	จุดที่ 3: ทะเลในพื้นที่จังหวัดชลบุรี นับจากแนวชายฝั่งทะเลออกไปเป็นระยะ 3 ไมล์ทะเล

3.2 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในหอยสองฝา

จากสะพานปลา ได้แก่ สะพานปลาอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี สะพานปลาปากน้ำระยอง จังหวัดระยอง สะพานปลาชะอำ จังหวัดเพชรบุรี สะพานปลาปากน้ำชุมพร จังหวัดชุมพร สะพานปลามหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร และปากน้ำสะพานปลา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวนแห่งละ 20 ตัวอย่างในเดือนมิถุนายน - เดือนธันวาคม 2562 รวมตัวอย่างทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง

3.3 ประเมินค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหอยสองฝา

โดยคำนวณจากค่าสัดส่วนความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (Hazard quotient, HQ) ตาม US - EPA (United States Environmental Protection Agency, 2008) ทั้งนี้ Lemly (1996) ได้อธิบายลักษณะความเสี่ยงโดยพิจารณาจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) โดยอ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้

HQ < 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย

HQ 0.1-1.0 หมายถึง อันตรายอยู่ในระดับต่ำ

HQ > 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

ทั้งนี้ จะต้องประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคหอยสองฝาในปริมาณที่มีการปนเปื้อน หากได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน การคำนวณปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกายโดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารและน้ำหนักตัวของแต่ละช่วงอายุจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559) แสดงดังสมการ ดังนี้

$$\text{สมการ 1 } \text{Intake (mg/kg/day)} = \frac{\text{CF} \times \text{IR}}{\text{BW}}$$

โดย CF หมายถึง ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในหอยสองฝา (mg/kg)

IR หมายถึง ข้อมูลการบริโภคอาหารในแต่ละวัน (kg/day)

BW หมายถึง น้ำหนักตัว (kg)

สมการ 2

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

RfD

โดย Daily Intake หมายถึง ปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกาย (mg/kg/day)

RfD หมายถึง ความเข้มข้นอ้างอิงของโลหะหนักที่มนุษย์รับเข้าสู่ร่างกายได้ทุกวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติ ใด ๆ ต่อสุขภาพอนามัย (mg/kg/day)

ทั้งนี้ค่า RfD สำหรับสารแคดเมียม เท่ากับ 0.001 mg/kg/day และ สารตะกั่ว เท่ากับ 0.0035 mg/kg/day

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ข้อมูลปริมาณโลหะหนักที่พบใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)

2) ค่าปริมาณโลหะหนักที่พบในหอยสองฝาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสหภาพยุโรป (European Union, 2006) และมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 (2529) และประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2561)

3) ข้อมูลประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพต่อการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหอยสองฝา (ข้อ 3.3)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาจากแหล่งต่างๆ

1.1 ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยแมลงภู่

ได้แก่ จังหวัดชุมพร 3 จุดเก็บ รวม 180 ตัวอย่าง จังหวัดสมุทรสงคราม 2 จุดเก็บ รวม 120 ตัวอย่าง และจังหวัดชลบุรี 3 จุดเก็บ รวม 180 ตัวอย่าง

1) หอยแมลงภู่จังหวัดชุมพร พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.04 mg/kg โดยค่าปรอทสูงสุด 0.35 mg/kg ในฤดูฝน เดือนพฤศจิกายน

นอกจากนี้ พบตะกั่วเกินมาตรฐาน จำนวน 1 ตัวอย่างในเดือนกันยายน 2561 ช่วงฤดูฝน พบค่า 1.50 mg/kg และพบค่าตะกั่วเฉลี่ย 0.20 mg/kg (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม และฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนมกราคม)

**2) หอยแมลงภู่งจังหวัดสมุทรสงคราม** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.03 mg/kg โดยค่าปรอทสูงสุด 0.10 mg/kg ในช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม 2557 และเดือนกันยายน 2559 และปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 0.14 mg / kg ซึ่งพบแคดเมียมสูงสุด ในช่วงฤดูฝน 0.84 mg/kg ในเดือนตุลาคม 2558 นอกจากนี้ ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 0.04 mg/kg และพบปริมาณตะกั่วสูงสุด 0.24 mg/kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนพฤศจิกายน 2560 (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมและฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม)

**3) หอยแมลงภู่งจังหวัดชลบุรี** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.02 mg / kg และพบปรอทสูงสุดในช่วงฤดูร้อน ที่ 0.10 mg / kg ในเดือนมีนาคม 2559 และปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 0.11 mg/kg และปริมาณแคดเมียมสูงสุด 0.87 mg / kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนพฤศจิกายน 2558 นอกจากนี้ ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 0.02 mg / kg และ พบค่าตะกั่วสูงสุด 0.55 mg / kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์)

ผลการศึกษาในภาพรวมปริมาณโลหะหนักในแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่งจังหวัดชุมพร สมุทรสงครามและชลบุรี ระหว่างปี 2557 ถึง 2561 พบว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักที่พบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐานค่อนข้างมาก และปริมาณที่ตรวจพบในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้ พบว่าจังหวัดชุมพรค่าปรอทแคดเมียม และตะกั่วสูงสุดในช่วงฤดูฝน พบค่าสูงสุด 0.35, 0.71 และ 1.50 mg / kg ตามลำดับ โดยจังหวัดชุมพรมีฝนตกชุกตลอดปี มีฤดูฝนยาวนาน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงถึง 1,800 มิลลิเมตรต่อปี และบางช่วงฤดูฝนอาจได้รับอิทธิพลของลมมรสุมทำให้ฝนตกชุกหนาแน่น ควรที่จะมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งเลี้ยงดังกล่าว เนื่องจากพบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักสูงกว่าฤดูอื่น ๆ สำหรับแหล่งเลี้ยงจังหวัดสมุทรสงคราม พบค่าปรอท และแคดเมียมสูงในช่วงฤดูฝนเช่นกัน ส่วนตะกั่วพบค่าสูงสุดในช่วงฤดูหนาว โดยพบค่าสูงสุด 0.10, 0.84 และ 0.24 mg/kg ตามลำดับ และจังหวัดชลบุรี พบค่าแคดเมียมและตะกั่วสูงสุดในช่วงฤดูหนาว และพบค่า

ปรอทสูงสุดในช่วงฤดูร้อน โดยพบค่า 0.87, 0.55 และ 0.10 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาคั้งนี้สอดคล้องวิมลพรและคณะ (2556) ศึกษาปริมาณปรอทในหอยแมลงภู่ง หอยครงและหอยจอบบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบปรอทเฉลี่ย 0.023 mg/kg ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค รวมทั้ง สุวรรณมา (2554) ศึกษาปรอทในหอยแมลงภู่งและหอยปัดในบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบค่าปรอทเฉลี่ย 0.006 - 0.016 mg / kg ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกัน จิราภาและคณะ (2554) ศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ดีบุกและปรอทที่ปนเปื้อนในหอยแครงและหอยแมลงภู่งบริเวณอ่าวไทยตอนใน ปี 2552 บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงครามและสมุทรสาคร จำนวน 48 ตัวอย่าง พบปริมาณโลหะหนักในหอยแมลงภู่งปลอดภัยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้ง กฤษณาและคณะ (2557) ศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ดีบุกและปรอทที่ปนเปื้อนในหอยแครงและหอยแมลงภู่งบริเวณอ่าวไทยตอนในบริเวณชายฝั่งจังหวัดสมุทรสงคราม เพชรบุรี และสมุทรสาคร ปี 2557 ไม่พบการปนเปื้อนเกินมาตรฐาน

สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร (2559) รายงานการปนเปื้อนแคดเมียมในหอยแมลงภู่งจากปากแม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา เกินมาตรฐาน 1 ตัวอย่างที่ระดับ 1.24 mg/kg และไม่พบการปนเปื้อนของปรอท ตะกั่ว สารหนูอินทรีย์และสารหนูอนินทรีย์ นอกจากนี้ สมนึกและรินปวีร์ (2557) พบปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนในหอยแมลงภู่ง บริเวณแหล่งเลี้ยงจังหวัดชุมพร เก็บตัวอย่างช่วงเดือนมิถุนายน 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม 2556 พบแคดเมียมเฉลี่ยสูงเกินมาตรฐานที่ระดับ  $4.547 \pm 0.006$  mg / kg ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2554 และพบปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยสูงเกินมาตรฐานในช่วงเดือนกันยายน ตุลาคม และพฤศจิกายน 2555 โดยพบค่าเฉลี่ย  $3.620 \pm 0.010$ ,  $4.453 \pm 0.006$  และ  $5.217 \pm 0.006$  mg / kg ตามลำดับ ซึ่งสูงเกินค่ามาตรฐานมาก ทั้งนี้ ช่วงที่ตรวจพบปริมาณแคดเมียมสูงเป็นช่วงฤดูฝน แต่ปริมาณปรอทและตะกั่วพบค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐาน

หากพิจารณาแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่งในจังหวัดชุมพรที่ทำการศึกษา พบว่าแหล่งเลี้ยงในตำบลทุ่งคา อำเภอสวี จังหวัดชุมพร เป็นอ่าวขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดชุมพรที่เกิดจากชายฝั่งทะเลที่ยกตัว มีการทับถมของตะกอนแม่น้ำที่เป็นตะกอนดินเลนหรือดินทรายปนโคลน และมีแม่น้ำลำคลองหลายสายไหลสู่อ่าวและตกตะกอนสะสมเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับพื้นที่นี้เป็นอย่างมาก ซึ่งสิริชัย (2552) ได้ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงหอยแมลงภู่งแบบ

ธรรมชาติบริเวณอ่างทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพรจำนวน 3 สถานีและพบว่าคุณภาพน้ำมีคุณภาพเหมาะสมในการเลี้ยงหอยแต่พบ 1 สถานีที่อัตราการตายของหอยแมลงภู่สูงเนื่องจากมีสิ่งปนเปื้อนจากชายฝั่งค่อนข้างมาก จึงมีค่าความโปร่งแสง ความเค็ม ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่ามาตรฐาน

**1.2 ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยนางรม** เก็บตัวอย่างหอยนางรมจากจังหวัดตราด จำนวน 3 จุดเก็บ รวมทั้งสิ้น 180 ตัวอย่าง

**1) หอยนางรมจังหวัดตราด** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.02 mg/kg และพบปรอทสูงสุด 0.08 mg / kg ช่วงฤดูร้อน ในเดือนเมษายน 2559 และพบแคดเมียมเฉลี่ย 0.53 mg/kg และพบค่าแคดเมียมสูง 1.25, 1.30 และ 1.61 mg / kg ในเดือนพฤศจิกายน 2560 เดือนตุลาคม 2561 และเดือนพฤศจิกายน 2561 ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูหนาว นอกจากนี้ พบค่าตะกั่วเฉลี่ย 0.04 mg / kg และพบตะกั่วสูงสุดในช่วงฤดูหนาว 0.23 mg/kg ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์)

ผลการศึกษาในภาพรวม ปริมาณโลหะหนักในแหล่งเลี้ยงหอยนางรมจังหวัดตราด ระหว่างปี 2557 –2561 พบว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักที่พบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน และปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในแต่ละฤดูกาลและจุดเก็บ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) แต่บางช่วงฤดูโดยเฉพาะช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูหนาว ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำจืดไหลลงสู่อ่าวปริมาณมาก น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวนำพาตะกอนดิน น้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตร ทำให้บริเวณปากแม่น้ำลำคลองหรือระยะใกล้ฝั่งทะเลมีการปนเปื้อนโลหะหนักค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบปริมาณแคดเมียมสูงในช่วงฤดูหนาว ดังนั้นควรที่จะมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งเลี้ยงดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง

แววตาและคณะ (2557) พบว่าหอยนางรมพันธุ์ปากจีบ บริเวณอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างระหว่างปี 2550 – 2551 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย  $0.588 \pm 0.849$  mg/kg ซึ่งค่อนข้างมีการสะสมสูงกว่าตะกั่วและปรอท ทั้งนี้ พงษ์เทพ (2556) ได้ศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยหอยนางรมจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 5 แหล่ง ได้แก่ท่าเทียบเรือ สถานีที่รวบรวม สถานีที่รับส่งสินค้า สถานีที่ทำความสะอาดและแปรรูปเบื้องต้น และสถานีที่จัดจำหน่าย

ตรวจพบปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนในตัวอย่างหอยนางรมร้อยละ 8.33 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมประมงและสหภาพยุโรป ส่วนปริมาณตะกั่วและปรอทพบในปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

**1.3 ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยลาย** เก็บตัวอย่างจากจังหวัดตราด 4 จุดเก็บ รวม 240 ตัวอย่าง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี 8 จุดเก็บ รวม 480 ตัวอย่าง

**1) หอยลายจังหวัดตราด** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.01 mg / kg และพบปรอทสูงสุด 0.08 mg / kg พบปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 0.21 mg / kg และพบแคดเมียมสูงสุด 0.82 mg / kg ในช่วงฤดูหนาวในเดือนธันวาคม 2558 แต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐาน และพบปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 0.03 mg / kg ซึ่งพบปริมาณตะกั่วสูงสุด 0.49 mg / kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนกุมภาพันธ์ 2558 และเดือนกุมภาพันธ์ 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์)

**2) หอยลายจังหวัดสุราษฎร์ธานี** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.01 mg / kg และพบปรอทสูงสุด 0.14 mg / kg ในช่วงฤดูฝน ในเดือนสิงหาคม 2561 และพบค่าแคดเมียมเฉลี่ย 0.20 mg / kg และพบค่าแคดเมียมสูงสุด 0.47 mg/kg ในช่วงฤดูฝน ในเดือนพฤศจิกายน 2557และเดือนพฤศจิกายน 2558 นอกจากนี้ ค่าตะกั่วเฉลี่ย 0.11mg/kg และพบค่าตะกั่วสูงสุด 1.21 mg/kg ในช่วงฤดูฝนในเดือนกันยายน 2559 (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม)

ผลการศึกษาในภาพรวม ปริมาณโลหะหนักในแหล่งหอยลาย ระหว่างปี 2557 –2561 พบว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักที่พบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน และปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในแต่ละฤดูกาล และจุดเก็บ มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) อย่างไรก็ตามแหล่งหอยลายจังหวัดสุราษฎร์ธานี ปริมาณโลหะหนักที่พบทุกชนิดจะพบในปริมาณที่สูงในช่วงฤดูฝน และพบปริมาณตะกั่วสูงเกินมาตรฐานจำนวน 1 ตัวอย่างตามที่กล่าวถึงข้างต้น ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าจังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเกิดบริเวณทะเลอันดามันเป็นครั้งคราวและได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเกิดบริเวณทะเลจีนใต้และอ่าวไทย ทำให้มีช่วงฤดูฝนยาวนานซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของสมชายและคณะ (2549) พบหอยลายบริเวณอ่าวนครศรีธรรมราชปนเปื้อนสารตะกั่วเฉลี่ยมากที่สุด

นอกจากนี้ Sow et al. (2019) ศึกษาการปนเปื้อน โลหะหนัก ใน Asian clam (*Corbicula fluminea*) จากแม่น้ำโขง แม่น้ำป่าสัก และแม่น้ำลพบุรี พบการปนเปื้อนสังกะสีสูงที่สุดในช่วง 127.33 – 163.65 µg/g และพบตะกั่วในช่วง 3.43 – 8.55 µg/g แคดเมียม ในช่วง 0.88 – 1.95 µg/g ซึ่งในภาพรวมตรวจพบโลหะหนัก ในปริมาณที่สูงในบริเวณ แม่น้ำป่าสักมากกว่า บริเวณแม่น้ำโขง และแม่น้ำลพบุรี

**1.4 ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยตลับ** เก็บตัวอย่างจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี 2 จุดเก็บ รวม 120 ตัวอย่าง จังหวัดเพชรบุรี 3 จุดเก็บ รวม 180 ตัวอย่างและจังหวัดสมุทรสงคราม 2 จุดเก็บ รวม 120 ตัวอย่าง

**1) หอยตลับจังหวัดสุราษฎร์ธานี** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.03 mg/kg และพบปรอทสูงสุด 0.33 mg/kg ในช่วงฤดูร้อน ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 และพบแคดเมียมเฉลี่ย 0.10 mg/kg และพบแคดเมียมสูงสุด 0.32 mg/kg ในช่วงฤดูฝน ในเดือนตุลาคม 2557 และเดือนตุลาคม 2558 นอกจากนี้ ปริมาณตะกั่วพบสูงเกินค่ามาตรฐานที่ระดับ 1.67 mg/kg จำนวน 1 ตัวอย่าง ในเดือนกันยายน 2561 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน แต่พบค่าตะกั่วเฉลี่ย 0.15 mg/kg ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานมาก (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน และฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมกราคม)

**2) หอยตลับจังหวัดเพชรบุรี** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.02 mg/kg พบปรอทสูงสุด 0.33 mg/kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 และพบแคดเมียมเฉลี่ย 0.09 mg/kg และพบแคดเมียมสูงสุด 0.37 mg/kg ในช่วงฤดูฝน ในเดือนพฤษภาคม 2557 นอกจากนี้ ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบเกินค่ามาตรฐาน พบค่าสูงสุด 1.65 mg/kg ในเดือนกันยายน 2561 ในช่วงฤดูฝน จำนวน 1 ตัวอย่าง แต่ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยที่พบ 0.07 mg/kg (ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม)

**3) หอยตลับจังหวัดสมุทรสงคราม** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.03 mg/kg และพบปรอทสูงสุด 0.09 mg/kg ในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ในเดือนมีนาคม 2557 และเดือนธันวาคม 2561 และค่าแคดเมียมเฉลี่ย 0.07 mg/kg และพบแคดเมียมสูงสุด ในช่วงฤดูร้อนปริมาณ 0.73 mg/kg ในเดือนเมษายน 2559 นอกจากนี้ ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 0.04 mg/kg และพบตะกั่วสูงสุด 0.32 mg/kg ในช่วงฤดูร้อน ในเดือนมีนาคม 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคมถึง

เดือนตุลาคมและฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม)

ผลการศึกษาในภาพรวม ปริมาณโลหะหนักในแหล่งหอยตลับทุกจังหวัดที่ศึกษาระหว่างปี 2557 – 2561 พบค่าเฉลี่ยปริมาณปรอท แคดเมียม และตะกั่วต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ในมาตรฐาน และปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในแต่ละฤดูกาล และจุดเก็บ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม แหล่งเลี้ยงหอยตลับจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบตะกั่วเกินมาตรฐาน จำนวน 1 ตัวอย่างในช่วงฤดูฝน เช่นเดียวกับหอยตลับจังหวัดเพชรบุรีพบตะกั่วเกินมาตรฐานจำนวน 1 ตัวอย่างช่วงฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เสถียรพงษ์ และคณะ (2558) ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักในหอยสองฝา ได้แก่ หอยตลับ หอยหลอดและหอยกาบบริเวณชายฝั่งทะเลแหลมกัต ตำบลแหลมกัต อำเภอเมือง จังหวัดตราด โดยเก็บตัวอย่างช่วงน้ำทะเลลงต่ำสุดในฤดูฝน พบหอยตลับมีปริมาณตะกั่วโดยเฉลี่ยสูงถึง 2.26 mg/kg และแคดเมียมเฉลี่ย 3.31 mg/kg โดยพบการสะสมสูงในช่วงฤดูฝน และพบว่าชนิดและขนาดของหอยสองฝามีผลต่อความเข้มข้นโลหะหนักที่สะสมในตัวหอยสองฝา แต่ปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดและไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ นุชนาถ และคณะ (2557) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในอาหารทะเลจากจังหวัดระยอง ในปี 2552 - 2553 โดยสุ่มตรวจหอยบิต หอยแมลงภู่ หอยตลับและหอยครง ซึ่งพบว่าหอยมีปริมาณสารหนูและแคดเมียมสูง กว่ามาตรฐาน

**1.5 ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยเชลล์** เก็บตัวอย่างจากจังหวัดชุมพร จังหวัดระยอง และจังหวัดชลบุรี แห่งละ 1 จุดเก็บ รวมตัวอย่างที่เก็บแต่ละจังหวัดเท่ากับ 60 ตัวอย่าง

**1) หอยเชลล์จังหวัดชุมพร** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.03 mg/kg และพบปรอทสูงสุด 0.16 mg/kg ในช่วงฤดูฝน ในเดือนพฤศจิกายน 2561 และพบแคดเมียมเฉลี่ย 0.20 mg/kg และพบค่าแคดเมียมสูงสุด 0.95 mg/kg ในช่วงฤดูร้อน ในเดือนกุมภาพันธ์ 2561 นอกจากนี้ พบตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน 1.46 mg/kg จำนวน 1 ตัวอย่าง ในช่วงฤดูฝน แต่ค่าตะกั่วเฉลี่ยที่พบ 0.14 mg/kg ซึ่งถือว่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และฤดูหนาวช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม)

**2) หอยเชลล์จังหวัดระยอง** พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.01 mg/kg และพบปรอทสูงสุด 0.07 mg/kg ในช่วงฤดูหนาว ในเดือนตุลาคม 2559 และพบแคดเมียมสูงเกินค่ามาตรฐานจำนวน 5 ตัวอย่าง ปริมาณ 1.02, 1.10, 1.46, 1.48 และ 2.30 mg/kg ในปี

2560 - 2561 และพบค่าแคดเมียมเฉลี่ย 0.55 mg / kg โดยแคดเมียมที่พบค่าสูงสุด 2.30 mg / kg ในฤดูฝนเดือนสิงหาคม 2560 นอกจากนี้ พบค่าเฉลี่ยตะกั่ว 0.03 mg / kg และพบตะกั่วสูงสุด 0.29 mg / kg ในฤดูร้อน เดือนมีนาคม 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม และฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคมและต่อเนื่องถึงเดือนมกราคม)

3) หอยเชลล์จังหวัดชลบุรี พบปริมาณปรอทเฉลี่ย 0.02 mg / kg และพบปรอทสูงสุด 0.06 mg / kg ในช่วงฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายน 2557 พบค่าแคดเมียมเฉลี่ย 0.44 mg / kg และพบแคดเมียมสูงเกินค่ามาตรฐาน จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ 1.65, 1.39 และ 1.46 mg / kg ทั้งนี้ แคดเมียมที่พบค่าสูงสุด 1.65 mg / kg ในฤดูร้อน เดือนมีนาคม 2560 นอกจากนี้ ค่าตะกั่วเฉลี่ย 0.02 mg / kg และพบตะกั่วสูงสุด 0.16 mg / kg ในฤดูร้อน ในเดือนพฤษภาคม 2561 (ฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์)

ผลการศึกษาในภาพรวม ปริมาณโลหะหนักในแหล่งหอยเชลล์ จังหวัดชุมพร ระยองและชลบุรี ระหว่างปี 2557 – 2561 พบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักทุกชนิดต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐาน กำหนดและปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในแต่ละฤดูกาล จุดเก็บ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) ทั้งนี้ จังหวัดชุมพร พบตะกั่วจำนวน 1 ตัวอย่างที่เกินมาตรฐาน จังหวัดระยอง พบแคดเมียม จำนวน 5 ตัวอย่างที่เกินมาตรฐาน รวมทั้งจังหวัดชลบุรี พบแคดเมียมเกินมาตรฐาน จำนวน 3 ตัวอย่าง ในช่วงฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว

หอยเชลล์และหอยนางรมมีปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมสูงมากกว่าหอยสองฝาชนิดอื่น ๆ ซึ่งหอยเชลล์ใช้ส่วนทั้งตัวที่บริโภคได้มีวิเคราะห์โลหะหนัก (ส่วนเนื้อ ไข่และอวัยวะย่อยอาหาร) จึงอาจมีผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมสูง ดังนั้น จึงได้ทำการพิสูจน์การปนเปื้อนโดยแยกส่วนอวัยวะของหอยเชลล์เพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในแต่ละส่วน โดยแบ่งเป็นส่วนเนื้อส่วนไข่ และทั้งตัว (เนื้อและไข่) ซึ่งเป็นหอยเชลล์ที่เก็บในบริเวณแหล่งเลี้ยงจังหวัดชุมพร ระยอง และชลบุรี ในปี 2560–2561 จำนวนทั้งสิ้น 72 ตัวอย่าง ผลการศึกษา พบว่าแคดเมียมสะสมในส่วนไข่ของหอยเชลล์ในปริมาณที่สูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในทุกปีที่ศึกษา ยกเว้นในปี 2560 ซึ่งค่าที่พบในช่วง 0.89 – 3.28 mg / kg ทั้งนี้ จะได้นำค่าสูงสุดของแคดเมียมที่พบในส่วนไข่ไปประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้บริโภค ต่อไป

Pimonwan *et al.* (2009) พบแคดเมียมสูงสุดในหอยเชลล์ จังหวัดระยอง ปริมาณ 5.23 mg / kg เช่นเดียวกับ แวตตาและคณะ (2557) ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยเชลล์บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ระหว่างปี 2550 - 2551 พบปริมาณแคดเมียมสูงในหอยเชลล์ในช่วง 0.181 – 5.230 mg/kg ปริมาณตะกั่วพบในช่วง 0.022 – 0.533 mg / kg และปริมาณปรอทพบในช่วง  $< 0.004 - 0.024$  mg / kg และผู้บริโภคมีความเสี่ยงในการได้รับแคดเมียมจากการบริโภคหอยเชลล์ นอกจากนี้ ภูริรัช (2558) ศึกษาการสะสมของแคดเมียมในสัตว์น้ำนำเข้าในช่วงเดือนมกราคม 2554 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 พบว่าหอยเชลล์นำเข้ามีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงถึง 6.75 mg / kg ซึ่งมีความเสี่ยงในการตรวจพบโลหะหนักสูงในสัตว์น้ำกลุ่มหอยสองฝานำเข้า

การปนเปื้อนของโลหะหนักในหอยสองฝาแต่ละชนิด แต่ละแหล่งเลี้ยงรวมทั้งศึกษาในแต่ละฤดูกาลจะเห็นได้ว่าหอยแต่ละชนิดมีการสะสมของโลหะหนักที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นกับปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารที่หอยบริโภคเข้าไป (สุภาน้อย และสุภาพรรณ, 2542) รวมทั้งการสะสมของโลหะหนักในหอยสองฝาก็จะเพิ่มขึ้นตามขนาด ปัจจัยทางกายภาพและอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเช่นความสามารถในการกำจัดสารพิษของหอยองค์ประกอบเนื้อเยื่อและปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ณีฐวรรธน์ และสมเกียรติ (2526) รายงานว่าปริมาณโลหะหนักในสัตว์น้ำจะแตกต่างกันตามชนิดและขนาดของสัตว์น้ำรวมถึงบริเวณที่เก็บตัวอย่างด้วย เช่นเดียวกับรายงาน George *et al.* (2013) รายงานว่าหอยมีการสะสมของโลหะหนักมากที่สุดเนื่องจากหอยเป็นสัตว์ที่อาศัยติดอยู่กับที่ และกินอาหารโดยการกรอง จึงสามารถกรองเอาโลหะหนักต่าง ๆ เข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อได้สูง ด้วยเหตุนี้ จึงนิยมใช้หอยเป็นดัชนีบ่งชี้ในการตรวจติดตามมลพิษจากโลหะหนัก นอกจากนี้ Sankar *et al.* (2006) ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์ทะเลต่างๆ ในแต่ละช่วงระยะเวลา พบว่าการสะสมของโลหะหนักในสัตว์ทะเลขึ้นกับแหล่งที่อยู่อาศัย พฤติกรรมการกินอาหาร อายุ ขนาดและช่วงระยะเวลาการสัมผัสโลหะหนักด้วย

การศึกษากการปนเปื้อนของโลหะหนักในหอยสองฝาจกแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่พบสูงมากในหอยหรือกลุ่มสัตว์ทะเลที่มีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pimonwan *et al.* (2009) พบว่าแคดเมียมมีการสะสมสูงในหอย โดยแคดเมียมสามารถจับตัวกับโปรตีนในเซลล์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรโดยแคดเมียมจับกับ Softer ligands ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีโมเลกุลต่ำ ดังนั้นการที่พบ

แคดเมียมมีปริมาณสูงมากในหอยน้ำจะเป็นเพราะว่าสัตว์ในกลุ่ม shellfish มีความไวสูง (high activity) ในการสะสมแคดเมียมโดยทำปฏิกิริยากับโปรตีนที่มีโมเลกุลต่ำ (Cooke et al, 1979) นอกจากนี้ปริศนา (2562) รายงานว่าหอยมีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงมากกว่าหมึก ซึ่งอาจมีสาเหตุจากการดูดซึมแคดเมียมสู่น้ำเยื่อหอยได้ดีและพบการปนเปื้อนแคดเมียมสูงในหอยแครงที่ศึกษาในช่วงปลายฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงน้ำหลากมีการพัดพาตะกอนและเพิ่มการสะสมธาตุต่างๆในดิน

ฉวยและคณะ (2558) ได้ติดตามมลพิษจากโลหะหนักบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย บริเวณพื้นที่เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง หมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง และหมู่เกาะสี่ซัง จังหวัดชลบุรี ระหว่างเดือนมกราคม เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม 2557 พบปริมาณแคดเมียม ปรอทและตะกั่วในน้ำทะเลจากพื้นที่ดังกล่าว โดยแสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด 0.006 – 0.014, <0.10 – 0.38 และ <0.03 – 0.30  $\mu\text{g/L}$  ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทะเลของไทย รวมทั้งศึกษาปริมาณแคดเมียม ปรอทและตะกั่วในดินตะกอนจากพื้นที่ดังกล่าว แสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด 0.018 - 0.147, <0.003 – 0.019 และ 2.00 – 47.20  $\mu\text{g/L}$  ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานดินตะกอนทะเลและชายฝั่งสำหรับประเทศไทย เช่นเดียวกับ สุรชาติ (2552) ที่ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในฟาร์มหอยนางรมบริเวณอ่าวบ้านดอน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในปี 2551–2552 โดยพบค่าตะกั่วในช่วง 0.006 – 0.012  $\text{mg/L}$  นอกจากนี้ จักรพันธ์ (2554) ได้ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี พบว่าตะกั่วแคดเมียม ทองแดงและสังกะสี มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ามาตรฐานการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำทะเลในแหล่งเลี้ยงหอยบริเวณต่างๆ

นอกจากนี้ รายงานของกรมประมง (2562) พบการสะสมของโลหะหนักชนิดแคดเมียม ปรอทและตะกั่วในน้ำทะเลจากแหล่งเลี้ยงหอยลาย จังหวัดตราด โดยแสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด 0.004 – 0.240, 0.002 – 0.01 และ 0.004 – 0.933  $\mu\text{g/L}$  ตามลำดับ รวมทั้งพบการสะสมของโลหะหนักชนิดแคดเมียม ปรอทและตะกั่วในน้ำทะเลจากแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ จังหวัดชุมพร โดยแสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด 0.011 – 0.184, 0.001 – 0.06 และ 0.028 – 0.269  $\mu\text{g/L}$  ตามลำดับ และพบการสะสมของโลหะหนักชนิดแคดเมียม ปรอทและตะกั่วในน้ำทะเลจากแหล่งเลี้ยงหอยตลับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยแสดงค่าต่ำสุดและสูงสุด 0.017 – 0.163, 0.001 – 0.007 และ 0.082 – 0.191  $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ซึ่งรายงานการเฝ้าระวังปริมาณ

โลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงหอยสองฝาดังกล่าว พบค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (กรมควบคุมมลพิษ, 2550) แต่ในบางช่วงฤดูอาจพบปริมาณที่สูงแต่ไม่เกินมาตรฐาน ดังนั้น ควรที่จะมีการเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนทั้งในบริเวณแหล่งน้ำที่เลี้ยงหอยรวมทั้งการเฝ้าระวังการปนเปื้อนในเนื้อหอยที่นำมาบริโภคอย่างต่อเนื่องในแต่ละพื้นที่ ซึ่งการพบปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในแหล่งน้ำในปริมาณที่สูงมีความสัมพันธ์กับการตรวจพบปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในหอยสองฝาด้วย

## 2. ปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาจก สะพานปลา

เก็บตัวอย่างหอยแครง และหอยนางรมจำนวน 20 ตัวอย่าง จากสะพานปลาอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และบริเวณสะพานปลาปากน้ำระยองเก็บตัวอย่างหอยแครง หอยลายและหอยแมลงภู่จำนวน 20 ตัวอย่าง รวมทั้งการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่และหอยตลับจากสะพานปลาชะอำ จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 20 ตัวอย่าง นอกจากนี้เก็บตัวอย่างบริเวณสะพานปลามหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร โดยเก็บหอยแมลงภู่ และหอยแครง จำนวน 20 ตัวอย่าง ทั้งนี้ได้เก็บตัวอย่างบริเวณชายฝั่งทะเลภาคใต้บริเวณสะพานปลาปากน้ำชุมพร จังหวัดชุมพร โดยเก็บตัวอย่างหอยตลับและหอยแมลงภู่ จำนวน 20 ตัวอย่าง และบริเวณปากน้ำสะพานปลาจังหวัดสุราษฎร์ธานี เก็บตัวอย่างหอยนางรมและหอยตลับ จำนวน 20 ตัวอย่าง ซึ่งเริ่มทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมดตั้งแต่เดือนมิถุนายน - เดือนธันวาคม 2562 พบการปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาบริเวณสะพานปลาปากน้ำระยอง สะพานปลาชะอำ สะพานปลามหาชัย และสะพานปลาปากน้ำจังหวัดชุมพร โดยปริมาณแคดเมียมพบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อย่างไรก็ตามพบค่าสูงสุดของแคดเมียมในหอยนางรมบริเวณสะพานปลาอ่างศิลาที่ 1.18  $\text{mg/kg}$  และบริเวณปากน้ำสะพานปลาจังหวัดสุราษฎร์ธานีที่ 1.04  $\text{mg/kg}$  ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน สหภาพยุโรป อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ปริมาณเฉลี่ยของปรอทและตะกั่วที่พบในสะพานปลาทุกแห่งและหอยสองฝาทูทุกชนิดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

การศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในหอยสองฝาจกจากแหล่งเลี้ยง/แหล่งจับ และสถานที่ที่มีการรวบรวมเพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภคภายในประเทศ พบว่ามีความเสี่ยงในการปนเปื้อนของปรอทในหอยสองฝาน้อยมาก และพบต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด เมื่อเทียบกับปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียม

และตะกั่ว ซึ่งหอยเชลล์พบการปนเปื้อนของแคดเมียมและตะกั่ว สูงสุดเมื่อเทียบกับหอยชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการวิเคราะห์ หอยเชลล์ทั้งตัวในส่วนที่กินได้ (ส่วนเนื้อ ไข่และอวัยวะย่อยอาหาร (Digestive gland)) และหอยนางรมเช่นเดียวกันใช้ทั้งตัวในส่วนที่กิน ได้มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งส่วนไข่และอวัยวะย่อยอาหารเป็นแหล่ง สะสมของแคดเมียมในปริมาณสูง ทั้งนี้ สอดคล้องตามรายงานของ Uthe and Chou (1987) พบการปนเปื้อนแคดเมียมในหอยเชลล์ มากกว่า 90% ในอวัยวะย่อยอาหาร และพบในส่วนเนื้อน้อยกว่า 1% และจากรายงานของ George (2003) พบแคดเมียมในปริมาณที่ สูงในหอยนางรมและหอยเชลล์ ซึ่งพบสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดโดย สหภาพยุโรปที่ 1 mg / kg และระบุว่าแคดเมียมมีการสะสมใน อวัยวะย่อยอาหารของหอยทั้งสองชนิดเช่นกัน

### 3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภค หอยสองฝา

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสาร โปรท แคดเมียม และตะกั่วจากการบริโภคหอยสองฝาจกจากแหล่ง ต่าง ๆ เป็นการศึกษาผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพเป็นการ ทำนายถึงความน่าจะเป็นของผลกระทบต่อสุขภาพ (พงศ์เทพ,2547) ซึ่งผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหอยสองฝา จากแหล่งต่าง ๆ แสดงเป็นค่า HQ (Hazard Quotient) ซึ่งเป็นการ นำผลการประเมินที่มีความเสี่ยงสุดที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อ สุขภาพ หากได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ซึ่งจากการศึกษานี้ได้นำผลที่พบสูงสุดมาใช้ในการประเมินค่า หาก ค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่า ปริมาณโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์ที่มีความ เสี่ยงต่อสุขภาพสูง หากได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายเป็นระยะ เวลานาน (พงศ์เทพ, 2547 และอมรรรัตน์ และพิสิษฐ์, 2562) ทั้งนี้ใช้ หลักการคำนวณปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละช่วงอายุ โดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารและน้ำหนักตัวของแต่ละช่วงอายุจาก ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (สำนักงานมาตรฐานสินค้า เกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) โดยแสดงปริมาณการบริโภคหอย แต่ละชนิด ทั้งนี้ ไม่มีข้อมูลการบริโภคหอยเชลล์และหอยตลับจึงใช้ หอยกบเป็นตัวแทนข้อมูลในการวิเคราะห์เนื่องจากเป็นหอยสองฝา เหมือนกัน รวมทั้งข้อมูลปริมาณการได้รับโลหะหนักแต่ละชนิดเข้า สุ่ร่างกายแต่ละวันโดยไม่ทำให้เกิดความผิดปกติใดๆต่อสุขภาพ อนามัย (RfD) หน่วยเป็น mg/kg/day ซึ่งค่า RfD ปริมาณสารตะกั่ว เท่ากับ 0.0035 mg/kg/day และปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.001 mg/kg/day (US-EPA, 2008)

ผลการศึกษาปริมาณปรอทในเนื้อหอยสองฝาค่าพบค่าน้อย กว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด และมีความเสี่ยงน้อยต่อการบริโภค จึง ไม่ได้นำมาคำนวณหาค่าปริมาณความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการ บริโภค ยกเว้นปริมาณแคดเมียมและตะกั่วซึ่งพบปริมาณปนเปื้อนใน หอยสองฝางานชนิดที่สูงเกินมาตรฐาน จึงนำข้อมูลปริมาณการ ปนเปื้อนแคดเมียมและตะกั่วที่พบค่าสูงเกิน 1 mg / kg มาประเมิน ความเสี่ยงต่อสุขภาพ หากพิจารณาความเสี่ยงต่อสุขภาพในการ บริโภคหอยแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบระหว่างชนิดหอยและแหล่ง เลี่ยง พบความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับแคดเมียมและตะกั่ว แสดงค่า HQ น้อยกว่า 1 ในทุกตัวอย่างที่ศึกษาดังตารางที่ 6 แสดง ว่าปริมาณโลหะหนักที่ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพ ใดๆก็ตามผู้บริโภคควรระมัดระวัง หากมีการบริโภคต่อเนื่องเป็น ระยะเวลาอันอาจได้รับอันตราย ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ช่วงอายุ 3 - 5.9 ปีและช่วงอายุ 6 - 12.9 ปี มีความเสี่ยงจากการ บริโภคโดยเฉลี่ยสูงกว่าช่วงอายุอื่น นอกจากนี้ พบว่าหอยเชลล์และ หอยนางรมมีปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมสูงและจำนวนที่พบ มากกว่าหอยสองฝานชนิดอื่น ๆ ซึ่งหอยเชลล์ใช้ส่วนทั้งตัวที่บริโภค ได้มาวิเคราะห์โลหะหนัก (ส่วนเนื้อ ไข่และอวัยวะย่อยอาหาร) จึง อาจมีผลทำให้ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมสูง ดังนั้น จึงได้นำ ค่าสูงสุดของหอยเชลล์ในส่วนไข่ที่วิเคราะห์ได้มาประเมินความเสี่ยง ด้านสุขภาพ เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคต่อไป

การศึกษานี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ อมรรรัตน์และ พิสิษฐ์ (2562) ซึ่งประเมินความเสี่ยงโดยแสดงค่า HQ พบว่าค่า HQ ของตะกั่วพบสูงสุดในช่วงอายุ 3 - 5.9 ปีและ ต่ำสุดในช่วงอายุ 13 - 17.9 ปีและช่วงอายุ 65 ปีขึ้นไป เช่นเดียวกับ Shu *et al.* (2018) พบว่าผู้บริโภคปลาและอาหารทะเลในช่วงอายุ 0 - 3 ปี และ 4 - 6 ปี จะมีความเสี่ยงสูงกว่าในช่วงอายุอื่น ๆ รวมทั้งการศึกษาของ พัฒนพร และกาญจนา (2558) พบว่าผู้บริโภคที่มีน้ำหนักตัวน้อย และยังมีกรบริโภคในปริมาณเท่าเดิมจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับ โลหะหนักในปริมาณที่มากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาความเสี่ยง ด้านสุขภาพจากโลหะหนักปนเปื้อนในปลากะพงและปลาทับทิมของ อมรรรัตน์ และพิสิษฐ์ (2562) พบว่าปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม และตะกั่วในปลาไม่เกินมาตรฐาน นอกจากนี้การประเมินค่าความ เสี่ยงด้านสุขภาพมีค่า HQ อยู่ในช่วง 0.0002 - 0.0074 ซึ่งแสดงว่า ปลาทั้ง 2 ชนิดไม่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพ รวมทั้งจากการศึกษาของ Alipour and Banagar (2018) ได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจาก โลหะหนักที่ปนเปื้อนในปลา 5 ชนิดในประเทศอิหร่านพบค่า HQ < 1 ซึ่งแสดงว่าการบริโภคปลาไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ปริศนา (2562) รายงานว่าการบริโภคหอยแครงเกิน 10 กรัม / วัน อาจมีความเสี่ยงได้รับแคดเมียมเกินมาตรฐานและได้รับตะกั่วในเวลาเดียวกัน ดังนั้นผู้บริโภคควรบริโภคสัตว์ทะเล กลุ่มหอยแครงแต่น้อยและไม่ควรบริโภคประจำ เนื่องจากอาจเพิ่ม

ความเสี่ยงด้านสุขภาพได้ นอกจากนี้ แวนาเดียมและคอปเปอร์ (2557) ศึกษาความเสี่ยงต่อการบริโภคหอยเชลล์บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง พบค่าความเสี่ยงเฉลี่ยที่ระดับ 0.99 และสูงสุดที่ระดับ 3.94 ซึ่งอาจไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 6 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคหอยสองฝา

ชนิด/ จังหวัด	ปริมาณ โลหะ หนัก(mg/kg)	ปริมาณโลหะหนักที่เข้าสู่ร่างกายในแต่ละวัน (mg/kg-day) /ค่า Hazard Quotient (HQ)					
		3 - 5.9 ปี	6 - 12.9 ปี	13 - 17.9 ปี	18 - 34.9 ปี	35 - 64.9 ปี	65 ปีขึ้นไป
หอยแมลงภู่	ตะกั่ว 1.50	0.00005	0.00004	0.00002	0.00003	0.00002	0.000007
จังหวัดชุมพร	mg/kg	/ 0.0150	/ 0.0120	/ 0.0070	/ 0.0100	/ 0.0050	/ 0.0020
หอยนางรม	แคดเมียม 1.61	0.000002	0.000004	0.00002	0.00002	0.000005	0.000003
จังหวัดตราด	mg/kg	/ 0.0020	/ 0.0040	/ 0.0160	/ 0.0160	/ 0.0060	/ 0.0030
หอยลาย	ตะกั่ว 1.21	0.00005	0.00004	0.00002	0.00003	0.00002	0.000007
จังหวัด	mg/kg	/ 0.0050	/ 0.0050	/ 0.0030	/ 0.0040	/ 0.0033	/ 0.0020
สุราษฎร์ธานี							
หอยตลับ	ตะกั่ว 1.67	0.000004	0.000008	0.000002	0.000002	0.000002	0.000007
จังหวัด	mg/kg	/ 0.0010	/ 0.0020	/ 0.0005	/ 0.0005	/ 0.0005	/ 0.0003
สุราษฎร์ธานี							
หอยตลับ	ตะกั่ว 1.67	0.000004	0.000008	0.000002	0.000002	0.000002	0.000007
จังหวัดเพชรบุรี	mg/kg	/ 0.0010	/ 0.0020	/ 0.0005	/ 0.0005	/ 0.0005	/ 0.0003
หอยเชลล์	แคดเมียม *	0.000003	0.000005	0.000001	0.000001	0.000001	0.0000008
จังหวัด	1.08 mg/kg	/ 0.0025	/ 0.0052	/ 0.0012	/ 0.0012	/ 0.0010	/ 0.0008
ชุมพร	ตะกั่ว 1.46	0.000003	0.000007	0.0000002	0.0000002	0.0000003	0.000001
	mg/kg	/ 0.0009	/ 0.0020	/ 0.0005	/ 0.0005	/ 0.0004	/ 0.0003
หอยเชลล์	แคดเมียม 2.30	0.000005	0.00001	0.000003	0.000003	0.000002	0.000002
จังหวัดระยอง	mg/kg	/ 0.0050	/ 0.0110	/ 0.0030	/ 0.0030	/ 0.0020	/ 0.0020
	แคดเมียม *	0.000008	0.000003	0.000004	0.000004	0.000003	0.000002
	3.28 mg/kg	/ 0.0080	/ 0.0080	/ 0.0037	/ 0.0036	/ 0.0031	/ 0.0024
หอยเชลล์	แคดเมียม 1.65	0.000004	0.000008	0.000002	0.000002	0.000002	0.000001
จังหวัดชลบุรี	mg/kg	/ 0.0040	/ 0.0080	/ 0.0020	/ 0.0020	/ 0.0010	/ 0.0005
	แคดเมียม *	0.000005	0.00001	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002
	2.09 mg/kg	/ 0.0050	/ 0.0100	/ 0.0023	/ 0.0023	/ 0.0020	/ 0.0020

หมายเหตุ: \* = ปริมาณแคดเมียมสูงสุดเฉพาะส่วนไข่หอยเชลล์ในปี 2560 - 2561

## สรุปผลการทดลอง

1. การสำรวจและตรวจติดตามคุณภาพหอยสองฝา จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ หอยแมลงภู่ หอยนางรม หอยลาย หอยตลับ และหอยเชลล์ ระหว่างปี 2557 – 2561 โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งเลี้ยง / แหล่งจับบริเวณ 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชุมพร สมุทรสงคราม ชลบุรี ระยอง ตรัง สุราษฎร์ธานี และเพชรบุรี ในทุกเดือน ๆ ละ 1 ตัวอย่าง ผลการศึกษาปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ โปรท แคดเมียม และตะกั่ว ในภาพรวมพบค่าเฉลี่ยโลหะหนักทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวในปริมาณที่ปลอดภัยต่อการบริโภค โดยปริมาณการปนเปื้อนสารโปรทในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด กล่าวคือพบน้อยกว่า 0.5 mg / kg แต่พบปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมสูงเกินมาตรฐานในหอยนางรม และหอยเชลล์ โดยหอยนางรม พบแคดเมียมสูงในช่วงฤดูหนาว และฤดูฝน ในปริมาณ 1.61 mg /kg, 1.25 mg / kg และ 1.30 mg /kg และหอยเชลล์จากจังหวัดชลบุรี พบแคดเมียมสูง ในช่วงฤดูหนาว ฤดูฝนและฤดูร้อน ในปริมาณ 1.39 mg / kg, 1.46 mg /kg และ 1.65 mg / kg ซึ่งสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน รวมทั้งหอยเชลล์จากจังหวัดระยอง พบแคดเมียมสูงเกินมาตรฐาน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน จำนวน 4 ตัวอย่างในปริมาณ 1.48 mg /kg, 1.46 mg /kg, 1.10 mg /kg และ 1.02 mg /kg นอกจากนี้ แคดเมียมสูงเกินมาตรฐาน จำนวน 1 ตัวอย่างปริมาณ 2.30 mg / kg ส่วนปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วพบสูงเกินมาตรฐานในหอยแมลงภู่ หอยลาย หอยตลับและหอยเชลล์ โดยหอยแมลงภู่จากจังหวัดชุมพร พบตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน ในช่วงฤดูฝนปริมาณ 1.50 mg / kg ส่วนหอยลายจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบตะกั่ว

สูงเกินมาตรฐานในช่วงฤดูฝนปริมาณ 1.20 mg /kg หอยตลับจากจังหวัดสุราษฎร์ธานีพบปริมาณตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน พบในช่วงฤดูฝน ปริมาณ 1.67 mg /kg นอกจากนี้ พบหอยตลับจากจังหวัดเพชรบุรีในช่วงฤดูฝน พบตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน ปริมาณ 1.65 mg /kg และหอยเชลล์จากจังหวัดชุมพร พบตะกั่วสูงเกินมาตรฐาน ในช่วงฤดูฝน ในปริมาณ 1.46 mg /kg

2. การศึกษาปริมาณโลหะหนักในหอยแครง หอยนางรม หอยลาย หอยแมลงภู่และหอยตลับ บริเวณสะพานปลาในช่วงเดือนมิถุนายน - เดือนธันวาคม 2562 จำนวน 120 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนแคดเมียมสูงเกินมาตรฐานในหอยนางรมจำนวน 2 ตัวอย่างจากสะพานปลาอ่างศิลา จังหวัดชลบุรี และสะพานปลาสุราษฎร์ธานี ปริมาณ 1.18 mg / kg และ 1.04 mg / kg ตามลำดับ ส่วนหอยชนิดอื่น ๆ พบปริมาณโลหะหนักต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

3. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารโลหะหนักจากการบริโภคหอยสองฝาพบค่า HQ น้อยกว่า 1 ในทุกตัวอย่างที่ศึกษา แสดงว่าปริมาณโลหะหนักที่ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณการปนเปื้อนโลหะหนักจะไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพแต่ผู้บริโภคควรมีความระมัดระวัง หากมีการบริโภคต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาจจะได้รับอันตราย ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าช่วงอายุ 3 - 5.9 ปี และช่วงอายุ 6 - 12.9 ปี มีความเสี่ยงจากการบริโภคโดยเฉลี่ยสูงกว่าช่วงอายุอื่น ๆ

## คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ดร.จิราวรรณ แยมประยูร อดีตรอง ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ดร.นันทิยา อุ่นประเสริฐ อดีต ผู้ตรวจราชการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นางสาวอรรวรรณ คงพันธ์ อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์ประมง ดร.พรณทิพย์ สุวรรณสารกุล อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ นางสาว วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ์ อดีตผู้อำนวยการกองพัฒนาอุตสาหกรรม สัตว์น้ำ นางสาวสุวิมล กิระติวิริยาภรณ์ ผู้อำนวยการกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ นางวรรณวิภา สุวรรณรักษ์

ผู้อำนวยการกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงและคณะกรรมการ วิชาการกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง ที่ให้คำแนะนำในการ ศึกษาวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนางศิริเนตร ขุนทอง และนางสาว พันธุ์ศุภา เดชารักษ์ ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้า ประมงสมุทรสาคร ที่ช่วยประเมินข้อมูลทางสถิติ รวมทั้ง เจ้าหน้าที่วิเคราะห์จากกลุ่มตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และฝ่าย วิเคราะห์เคมีศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2550. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพ น้ำทะเลใน: ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 11 ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550. หน้า 123 - 133.
- กรมประมง. 2559. กฎกระทรวงกำหนดกิจการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำควบคุม พ.ศ. 2559.ใน: ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 133 ตอนที่ 41 ก. ลงวันที่ 4 พฤษภาคม 2559. 2 หน้า
- กระทรวงสาธารณสุข. 2529. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน.ใน: ราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม 103 ตอนที่ 23 ลงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2529. หน้า16 - 17.
- กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. 2563. สถิติฟาร์มเลี้ยงหอยทะเล ประจำปี 2561. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 4/2563. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 36หน้า.
- กฤษณา ปาसान่า พัชริย์ จิตตพิทักษ์ชัย วชิรภาา เขียวรอด และนิยม วงศา. 2557. การศึกษาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ดีบุกและปรอทที่ปนเปื้อนในหอยแครง และหอยแมลงภู่บริเวณอ่าวไทยตอนในปี 2557. ประชุมวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ครั้งที่ 23. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 1 หน้า.
- จิตรลดา ศรีตระกูล. 2561. สถานการณ์การผลิตและการค้าสินค้าหอยสองฝาปี 2560. แหล่งที่มา <https://www.fisheries.go.th/strategy/index.php?name=news&file=readnews&id=446>. 30 มีนาคม 2561.
- จิราภา อุณหเลขกะ จารุวรรณ ลิ้มสังจะสกุล นฤมล จันท์แก้ว ศิริ วัดสว่าง สมบูรณ์ โตประสิทธิ์ ปราโมทย์ วนิชาชีวะ และลัดดาวัลย์ โรจนพรณทิพย์. 2554. การศึกษาปริมาณตะกั่วแคดเมียมดีบุกและปรอทที่ปนเปื้อน ในหอยแครงและ หอยแมลงภู่บริเวณอ่าวไทยตอนในปี 2552. วารสารอาหารและยา.18 (2) พฤษภาคม - สิงหาคม 2554. หน้า 15 - 22.
- จักรพันธ์ โปธิพัฒน์. 2554.การสะสมของโลหะหนักในหอยเศรษฐกิจในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบูรพา. 119 หน้า.
- ฉวย มุสิกะ วันชัย วงศ์ดาวรรณ อารุช หมั่นหาผล และแววตา ทองระอา, 2558. การติดตามการสะสมของโลหะหนักใน ฟองน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล, มหาวิทยาลัยบูรพา. 78 หน้า.

- ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์และสมเกียรติ ปิยธีรธิติวรกุล . 2526. การสำรวจเอกสารเรื่องสารมีพิษและพยาธิที่พบในอาหารจำพวก สัตว์น้ำในประเทศไทย.ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 120 หน้า.
- นุชนาถ รัศมิลักษณ์ สุมลธา หนูคาบแก้ว และจุฑามาศ สัตยวิวัฒน์.2557. สารหนูและแคดเมียมในอาหารทะเลปลอดภัยต่อการบริโภคหรือไม่?. แหล่งที่มา <http://www.eht.sc.mahidol.ac.th/article/1657>. 9 มีนาคม 2560.
- ปริศนา เพียรจริง. 2562. การปนเปื้อนของแคดเมียม และตะกั่วในหอยแครง (*Anadara granosa*) และหมีก ( *Loligo formosana*) จากตลาดในพื้นที่รอบมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ. วารสารสหเวชศาสตร์ 4 (1) มกราคม – ธันวาคม 2562. หน้า 11 - 23.
- พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ. 2547. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. แหล่งที่มา Health Risk Assessment ไชเบอร์เพรสกรุงเทพมหานคร.184 หน้า.
- พงษ์เทพ วิไลพันธ์. 2556. หอยนางรมปลอดภัย สถานการณ์และแนวทางการบริหารจัดการตลอดห่วงโซ่การผลิต กรณีศึกษาจังหวัด สุราษฎร์ธานี.บริษัท ซีโน พับลิชชิ่ง แอนด์ แพคเกจจิ้ง จำกัด กรุงเทพมหานคร. 48 หน้า.
- พัฒนพร อุ๋นวงศ์ และกาญจนา มหาพล .2558.การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคเกลือดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนอำเภอเชิงทองใน จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 2558 (24). หน้า 430 - 435.
- ภูริธัช วัชรสินธุ์. 2558. การเฝ้าระวังปรอท ตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนในสินค้าประมงนำเข้าเพื่อกำหนดมาตรการควบคุม. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2558. ส่วนควบคุมการค้าสัตว์น้ำและปัจจัยการผลิต, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 86 หน้า.
- วิมลพร ไวยนิมิ, สายัณห์ จันทณี, จตุพร ครสสาย, พิชญ์ศุภร วิสุทธิ, จุฑามาศ รัตติกาลสุขะ และรังสรรค์ ปิ่นทอง.2556. คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. ใน: การประชุมวิชาการอนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 5. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา.หน้า 145 - 149.
- แววตา ทองระอา ฉลวย มุสิกะ วันชัย วงศ์ดาวรรณ และอาวูช หมั่นหาผล. 2557. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับ โลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเลบริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 19 (2) กรกฎาคม – ธันวาคม 2557. หน้า 39 - 54.
- สมชาย วิบุญพันธ์, ณรงค์ศักดิ์ คงชัย, วิวิธนนท์ บุญยัง และทรงฤทธิ์ โชติธรรมโม. 2549. การปนเปื้อนของสารโลหะหนักใน สัตว์ทะเลบางชนิดบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง. ใน: การประชุมวิชาการประมงประจำปี 2549. กรมประมง. หน้า 63 - 64.
- สมนึก พรหมศรี และรินปวีร์ เกตุมนี. 2557. การปนเปื้อนของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหอยแมลงภู่ (*Perna viridis* Linneaus, 1758) บริเวณแหล่งเลี้ยงจังหวัดชุมพร. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2557. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งชุมพร, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 25 หน้า.
- สิริชัย ชื่อสัตย์. 2552. ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงหอยแมลงภู่แบบธรรมชาติบริเวณอ่าวทุ่งคา - สวี จังหวัดชุมพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการประมง มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - ชุมพร.73 หน้า.
- สุภาน้อย สันติพิริยาภรณ์ และสุภาพรรณ บริลเลียนเตส. 2542. ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ตรวจพบในส่วนต่าง ๆ ของ หอยแมลงภู่และหอยลาย.วารสารการประมง: 52 (3). หน้า 241 - 246.
- สุรชาติ วิชัยดิษฐ์. 2552.การประเมินความเสี่ยงของหอยนางรมจากแหล่งเลี้ยงในอ่าวบ้านดอน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัด สุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 139 หน้า.
- สุวรรณภา ภาณุตระกูล . 2554. การกระจายตัวของปรอทในแหล่งน้ำในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และศูนย์ความเป็นเลิศด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม พิษวิทยาและการบริหารจัดการสารเคมี.

- เสถียรพงษ์ ขาวหิทธิ เกษม จันทร์แก้ว วศิณ อังคพัฒนากุล อรอนงค์ ผิวนิล และอนุกรณ์ บุตรสันติ. 2558. วงจรสืบพันธุ์ของ หอยตลับ (*Meretrix meretrix*) บริเวณชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , ปีที่ 23, ฉบับที่ 1, มกราคม - มีนาคม 2015, หน้า 59 - 72.
- สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. 2559. รายงานสรุปผลการดำเนินงานโครงการบูรณาการอาหารปลอดภัย. โครงการเฝ้าระวังการปนเปื้อนโลหะหนักและเชื้อโรคอาหารเป็นพิษในหอยสองฝาที่เลี้ยงบริเวณปากแม่น้ำสำคัญของประเทศไทย. หน้า 39 - 45.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2561. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง กำหนดปริมาณการปนเปื้อนสูงสุดของแคดเมียมในอาหารบางชนิด. ใน: ราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๓๕ ตอนพิเศษ ๒๐๙ ง ลงวันที่ 30 สิงหาคม 2561. หน้า 12.
- สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. สำนักกำหนดมาตรฐาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 367 หน้า.
- อมรรัตน์ ดอกไม้ขาวและพิสิษฐ์ สุนทรวิฑูร, 2562. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากโลหะหนักที่ปนเปื้อนในปลากระพง และปลาทับทิมที่วางจำหน่ายในตลาดเทศบาลเมืองฉะเชิงเทราจังหวัดฉะเชิงเทรา. หน้า 37 - 52.
- Alipour H. and Banagar GR .2018. Health risk assessment of selected heavy metals in some edible fishes from Gorgan Bay, Iran. *Journal of Fisheries Sciences*, 2018. Vol.17(1). p. 21 - 34.
- Association of Official Analytical Chemists. 2012a. Official Methods 974.14. Mercury in Fish by Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS). AOAC International 19<sup>th</sup> Edition. P.36 - 37.
- Association of Official Analytical Chemists. 2012b. Official Methods 999.10. Lead, Cadmium, Zinc, Copper and Iron in Foods. AOAC International 19<sup>th</sup> Edition. p 16 - 19.
- Bat, L., E. Arici and A. Oztekin. 2018. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in the Black Sea: Evaluating Mussels. *Current World Environment*. Vol. 13(1) p 15 - 31.
- Cooke, M., Jackson, A., and Nickless, G. 1979. Distribution and speciation of cadmium in the terrestrial snail, *Helix aspersa* . *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **23**, p 445 - 451.
- European Union. 2006. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006 of 19 December 2006. Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuff. *Official Journal of European Union*. L364, 20. 12. 2006: p 5 - 24.
- George, M. K. 2003. Cadmium in Oysters and Scallops: the BC experience. *Toxicology Letter* 148. P 159 - 169.
- George, U., F. Asuquo, J. Idung and A. Andem. 2013. Bioaccumulation of heavy metals in three fresh water fishes caught from Cross River system. *Eur. J. Exp. Biol.* 3(3): p 576 - 582.
- Lemly AD. 1996. Evaluation of the Hazard Quotient Method for Risk Assessment of Selenium. *Ecotoxicol Environ Saf.* 1996; 35: p.156 - 162.
- Li, P.fN, Y. Huang, J. Zeng, Z. Lin and Z. Huang. 2020. Health risk assessment of heavy metals in shellfish collected from Fujian, China, Human and Ecological Risk Assessment. *An International Journal* 26 (3): 621 - 635.
- Pimonwan, K., Tongyonk, L. and Rojanapantip, L. 2009. Concentrations of cadmium and arsenic in seafood from Muang Distric, Rayong province. *J. Health Res.* 2. p. 179 - 184.

- Sankar, T.V., Zynudheen, A. A. Anandan, R. and Nair, P. G. V. 2006. Distribution of organochlorine pesticides and heavy metal residues in fish and shellfish from Calicut region, Kerala, India, *Chemosphere*.65(4): p.583 - 590.
- Shu Han You, Shu Li Wang, Wen Han Pan, Wan Ching Chan, Anna M.Fan and Pinpin Lin. 2018. Risk assessment of methylmercury based on internal exposure and fish and seafood consumption estimates in Taiwanese children. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 221(4). p 697 - 703.
- Sow, A. Y., K. H. Dee, S. W. Lee and A. A.L.Eh Rak. 2019. An Assessment of Heavy Metals Toxicity in Asian Clam, *Corbicula fluminea*, from Mekong River, Pa Sak River and Lopburi River, Thailand. *The Scientific World Journal*.Volume 2019. Article ID 1615298. 5 pp.
- United States Environmental Protection Agency. 2008. Risk assessment guidance for superfund volume I human health evaluation manual (Part A). Washington, D.C.EPA Publication. p.291.
- Uthe J.F. and Chou. C.L. 1987. Cadmium in sea scallop (*Placopecten magellanicus*) Tissues from clean and contaminated areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*.Vol.44(1). P 91 - 98.