

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๒/๒๕๖๗



Technical Paper No. 2/2024

การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท และความเสี่ยงต่อสุขภาพ
จากการบริโภคหมึกฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน

Contamination of Cadmium, Lead and Mercury and Health Risk from
the Consumption of Cephalopod in the Gulf of Thailand and Andaman Sea

เบญจวรรณ รักษ์ทอง
อมรรัตน์ ธนาวิศิษฐ์สวัสดิ์
สันติสุข ไทยपाल
สมชาย วิบุญพันธ์
อิสราภรณ์ จิตรหลัง

Benjawan Rakthong
Amornrat Tanavisitsavas
Santisuk Thaipal
Somchai Vibunpant
Issarapon Jithlang

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fish Inspection and Quality Control Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๒/๒๕๖๗



Technical Paper No. 2/2024

การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท และความเสี่ยงต่อสุขภาพ
จากการบริโภคหมึกฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน

Contamination of Cadmium, Lead and Mercury and Health Risk from
the Consumption of Cephalopod in the Gulf of Thailand and Andaman Sea

เบญจวรรณ รักษ์ทอง

Benjawan Rakthong

อมรรัตน์ ธนาวิศิษฐ์สวัสดิ์

Amornrat Tanavisitsavas

สันติสุข ไทยपाल

Santisuk Thaipal

สมชาย วิบุญพันธ์

Somchai Vibunpant

อิสราภรณ์ จิตรหลัง

Issarapon Jithlang

ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง

Songkhla Fish Inspection and
Research Center

สงขลา

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง

Fish Inspection and Quality Control Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๖๗

2024

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 67-3-2-0808-67016

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา	9
สรุปผลการศึกษา	29
ข้อเสนอแนะ	30
คำขอขอบคุณ	30
เอกสารอ้างอิง	30

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การปนเปื้อนแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมง ฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน	10
2 การปนเปื้อนตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมง ฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน	12
3 การปนเปื้อนปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมง ฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน	13
4 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก	16
5 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก	17
6 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนปรอทในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก	18
7 ค่ามาตรฐานของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ของหมึกแต่ละประเทศ	19
8 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย	20
9 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดอง	21
10 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกสาย	22
11 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอม	23
12 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกกล้วย	24
13 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกกระดอง	25
14 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกสาย	27
15 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกหอม	28

การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท และความเสี่ยงต่อสุขภาพ จากการบริโภคหมึกฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน

เบญจวรรณ รัชทอง^{1*}, อมรรัตน์ ธนาวิศิษฐ์สวัสดิ์¹, สันติสุข ไทยपाल², สมชาย วิบุญพันธ์³
และ อิสราภรณ์ จิตรหลัง⁴

¹ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสงขลา

²ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี

³ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสงขลา

⁴ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสตูล

บทคัดย่อ

การศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้่ง ฤงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม โดยเก็บตัวอย่างในแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึง เดือนเมษายน 2565 พบว่า หมึกจากฝั่งอ่าวไทยมีการปนเปื้อน แคดเมียม และปรอท สูงกว่าฝั่งอันดามันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การปนเปื้อนตะกั่ว มีความแตกต่าง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และพบว่าการปนเปื้อนโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์กับขนาด ของหมึกในระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ที่พบกับค่ามาตรฐานของ Codex ประเทศไทย สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และแคนาดา พบว่าหมึก ทั้ง 4 กลุ่มพบการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อส่วนหัวของหมึกกระดองจากฝั่งอ่าวไทย เนื้อส่วนลำตัวและหน้่งของ หมึกสายจากฝั่งอ่าวไทย และฤงหมึกและอวัยวะภายในของหมึกสายจากทั้งสองฝั่งสูงกว่ามาตรฐานกำหนด เมื่อประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับปรอท และแคดเมียมจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึก พบว่าการได้รับปรอทจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกเป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ และบริโภคติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ยังคงมีความปลอดภัยต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม การบริโภค ส่วนฤงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกจะมีความเสี่ยงจากแคดเมียมในระดับที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นผู้บริโภคควรหลีกเลี่ยงการบริโภคฤงหมึกและอวัยวะภายในของหมึก

คำสำคัญ: แคดเมียม, ตะกั่ว, ปรอท, หมึก, ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

Contamination of Cadmium, Lead and Mercury and Health Risk from the Consumption of Cephalopod in the Gulf of Thailand and Andaman Sea

Benjawan Rakthong^{1*}, Amornrat Tanavisitsavas¹, Santisuk Thaipal², Somchai Vibunpant³
and Issarapon Jithlang⁴

¹Songkhla Fish Inspection and Research Center

²Suratthani Fish Inspection and Research Center

³Songkhla Marine Fisheries Research and Development Center

⁴Satun Marine Fisheries Research and Development Center

Abstract

The contamination of cadmium, lead, and mercury in parts of the head, muscle, skin, ink sac, and internal organ of squid, cuttlefish, octopus, and soft cuttlefish from the Gulf of Thailand and the Andaman Sea were studied from April 2021 to April 2022. It was found that squid from the Gulf of Thailand were contaminated with cadmium and mercury significantly higher than those from the Andaman Sea ($P < 0.05$) but contamination of lead no statistically significant difference ($P > 0.05$). The results of the relationship between the contamination of those trace elements and the size are not significantly different. When comparing the average contamination of cadmium, lead, and mercury in various parts of the squid with the standards such as Codex, Thailand, European Union, Japan, Republic of Korea, and Canada, it was found that all 4 groups of squid were contaminated with cadmium in the heads of cuttlefish from the Gulf of Thailand. In addition, the muscle and skin of the octopus from the Gulf of Thailand and the ink sacs and internal organs of the octopus from both areas exceeded the specified standards. In the health risk and safety assessment of mercury and cadmium exposure from consuming various parts of squid, it was found that exposure of mercury from consuming various parts of squid over a period time does not affect a health risks. A continuously consumed for a period of 1 week is still safe for health. However, the ink sac and the internal organs of squid are still unsafe for health and risk from cadmium contamination. Therefore, consumers the consumption of ink sacs and internal organs should be avoided.

Key words: cadmium, lead, mercury, cephalopod, health risk

*Corresponding author: 79/2, Wichianchom Rd., Tumbol Boryang, Mueang District, Songkhla Province 90000 Tel. 0 7431 2037 E-mail: benjawan.r@dof.mail.go.th

คำนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิต และผู้ส่งออกสินค้าหมึกและผลิตภัณฑ์รายสำคัญของโลก โดยในปี 2564 ประเทศไทยส่งออกสินค้าดังกล่าวเป็นอันดับ 5 ของโลก คิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 339.04 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือคิดเป็นร้อยละ 3.79 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าดังกล่าว โดยประเทศไทยมีห่วงโซ่อุปทานที่สนับสนุนอุตสาหกรรมหมึกอย่างครบวงจร อาทิ แหล่งประมงที่อุดมสมบูรณ์ และอุตสาหกรรมแปรรูปที่ทันสมัย ประกอบกับสินค้าหมึกของประเทศไทยมีมาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2565) ตลาดส่งออกสินค้าหมึกและหมึกแปรรูปที่สำคัญของไทย 5 อันดับแรก ได้แก่ อิตาลี ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลีใต้ สหรัฐอเมริกา และแคนาดา จากข้อมูลทางสถิติของปริมาณการจับของหมึกแต่ละกลุ่ม รายงานว่าปริมาณการจับหมึกในน่านน้ำไทยสูงสุดคือ หมึกกล้วย คิดเป็นร้อยละ 76.00 รองลงมาคือ หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม คิดเป็นร้อยละ 14.50, 7.30 และ 2.20 ตามลำดับ ซึ่งการจับหมึกในน่านน้ำไทยส่วนใหญ่ร้อยละ 81.50 ได้มาจากแหล่งทำการประมงฝั่งอ่าวไทย และอีกร้อยละ 18.50 ได้มาจากแหล่งทำการประมงฝั่งอันดามัน (ฐิติมา, 2565) หมึกเป็นสัตว์น้ำประเภทสัตว์กินเนื้อ และจะกินอาหารในแต่ละวันมากกว่าน้ำหนักของตัว มีอัตราการเผาผลาญอาหารสูง และเหงือกของหมึกไม่มีระบบกำจัดตะกอน ทำให้เกิดการสะสมโลหะหนัก โดยเฉพาะแคดเมียมและตะกั่ว ในเนื้อเยื่อสูงกว่าสัตว์ทะเลชนิดอื่น ๆ รวมทั้งใช้ช่วงเวลาในการกำจัดโลหะหนักออกจากร่างกายนานหรืออาจตลอดชีวิต หมึกจึงเป็นสัตว์น้ำที่เป็นดัชนีบ่งชี้สภาพมลภาวะสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำที่สำคัญ โดยเฉพาะการปนเปื้อนโลหะหนัก (รัชดา และวลัย, 2557)

โลหะหนักเป็นธาตุที่มีความคงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้จากกระบวนการทางธรรมชาติ และที่สำคัญคือ สามารถถ่ายทอดโดยการเข้าไปสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิตผ่านห่วงโซ่อาหาร (Velusamy *et al.*, 2014) ซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ เนื่องจากมนุษย์เป็นผู้บริโภคอันดับสุดท้ายในห่วงโซ่อาหาร โลหะหนักที่ปนเปื้อนไปยังแหล่งน้ำ มีแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนสู่สิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ โลหะหนักที่พบปนเปื้อนในส่วนต่าง ๆ ของหมึกมีหลายธาตุ (Farraj *et al.*, 2011; Rekha and Rao, 2018) แต่ที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐานอาหารส่วนใหญ่จะมี 3 ธาตุ ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (พูลทรัพย์, 2557) ความเป็นพิษของโลหะหนักเมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกาย เช่น อาการเป็นพิษของแคดเมียมเมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมในปริมาณน้อยในระดับความถี่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการสร้างกระดูกของร่างกาย โดยจะปลดการสะสมของแคลเซียม ทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างและซ่อมแซมกระดูกน้อยลง กระดูกจึงผุกร่อน เสี่ยงรูป และทำให้เกิดความเจ็บปวด หรือที่เรียกว่า โรคออสโต-ออสโต (อรดี, 2547) ส่วนตะกั่วทั่วโลกได้ให้ความสำคัญกับปัญหาของการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่รุนแรง โดยเฉพาะในเด็กมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ระดับสติปัญญา และการพัฒนาสมองของทารก รวมทั้งเด็กเล็ก การได้รับสารตะกั่วเข้าไปในร่างกายแล้วสะสมเป็นเวลานาน จะเกิดผลต่อสุขภาพได้เกือบทุกระบบของร่างกาย และหากได้รับในปริมาณสูงแบบเฉียบพลันมีโอกาสเสียชีวิตได้ องค์การอนามัยโลก (World Health Organization) ระบุว่า การมีสารตะกั่วในเลือดเพียง 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร สามารถทำให้ระดับสติปัญญาของเด็กลดลง และยังระบุว่าโรคปัญญาอ่อนจากพิษตะกั่วเป็นหนึ่งในสิบอันดับแรกของโรคร้ายแรงที่เกิดจากปัจจัยเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นต้นเหตุให้เด็กมีความบกพร่องทางสติปัญญาสูงปีละกว่า 600,000 คน (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2564) สำหรับอันตรายจากการได้รับปรอท ร่างกายจะมีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจ ปอดอักเสบ ผิวหนังอักเสบ ท้องเดิน อารมณ์เปลี่ยนแปลง ระบบประสาทตาและระบบประสาทการได้ยินเสีย (กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2565) อันตรายที่เกิดขึ้นจากการได้รับโลหะหนักทำให้หน่วยงานที่มีหน้าที่กำกับดูแลความปลอดภัยอาหาร

ในหลายประเทศ กำหนดปริมาณการปนเปื้อนสูงสุด (Maximum Level) เป็นค่ามาตรฐานเพื่อใช้ควบคุมไม่ให้มีการปนเปื้อนเกินค่าที่กำหนดรวมถึงประเทศไทย โดยกระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศ ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2563) อีกทั้งคณะกรรมการสาขาปนเปื้อน หน่วยงานความปลอดภัยอาหารแห่งสหภาพยุโรป (European Food Safety Authority) ได้ให้ความสำคัญในเรื่องปัญหาสุขภาพจากการบริโภคอาหารที่มีสารปนเปื้อน โดยได้ดำเนินการประเมินความเสี่ยง และกำหนดปริมาณสารปนเปื้อนที่ร่างกายรับได้ต่อสัปดาห์ โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Provisional Tolerable Weekly Intake: PTWI) อย่างไรก็ตาม มีการประชุมทบทวนการกำหนดค่ามาตรฐานของสารปนเปื้อนอยู่อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคทั่วโลก และเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงของการถูกปฏิเสธการนำเข้าผลิตภัณฑ์หมักจากกลุ่มประเทศคู่ค้า กรมประมงจึงได้กำหนดมาตรการเพิ่มเติมในการตรวจสอบและเฝ้าระวังสารกลุ่มโลหะหนักที่เป็นอันตราย เช่น กำหนดการตรวจสอบแคดเมียมในหมึกส่งออกไปยังประเทศกลุ่มสหภาพยุโรปอย่างเข้มงวด โดยตรวจสอบการปนเปื้อนแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ทุกระยะตั้งแต่การเพาะเลี้ยง การผลิตก่อนการส่งออก ทั้งยังมีโปรแกรมการตรวจติดตามการปนเปื้อนแคดเมียม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ด้วยเหตุผลที่หมึกเป็นสินค้าสัตว์น้ำส่งออกที่สำคัญ และพบปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนโลหะหนักเกินมาตรฐานอยู่บ่อยครั้ง จะเห็นได้จากการตรวจสอบสินค้าหมึกของกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง ในปี 2564 จำนวน 314 ตัวอย่าง ไม่ผ่านมาตรฐาน จำนวน 4 ตัวอย่าง ปี 2565 จำนวน 367 ตัวอย่าง ไม่ผ่านมาตรฐานจำนวน 3 ตัวอย่าง

คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบ เฝ้าระวังคุณภาพของวัตถุดิบหมึกที่จะใช้ในการผลิตของผู้ประกอบการ และตรวจสอบแนวโน้มการปนเปื้อนโลหะหนักในหมึกสำหรับการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจของภาครัฐ รวมถึงการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและความปลอดภัยในการได้รับแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทจากการบริโภคหมึก และเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดการผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากหมึกเป็นสัตว์น้ำที่ใช้เป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งบอกถึงการปนเปื้อนโลหะหนักของสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท กับขนาดของหมึก
3. เปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท กับค่ามาตรฐานประเทศไทย และประเทศคู่ค้าที่สำคัญ
4. ประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับ แคดเมียม และปรอท จากการบริโภคหมึก

วิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการศึกษา

1.1 สถานที่ทำการศึกษา

รวบรวมตัวอย่างหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากเรือไต่หมึก อวนล้อมจับ อวนลากคู่ อวนลากเดี่ยว และอวนลากแผ่นตะเฆ่ จากสะพานปลา หรือท่าเทียบเรือประมง ในจังหวัดสงขลา และจังหวัดสตูล และทำการตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสงขลา

1.2 ระยะเวลาดำเนินการ

เดือนเมษายน พ.ศ. 2564 - เดือนเมษายน พ.ศ. 2565

1.3 วัสดุ อุปกรณ์

- 1.3.1 ถังพลาสติก ล้างโคม น้ำแข็ง
- 1.3.2 มีดหรืออุปกรณ์ผ่าตัด
- 1.3.3 ตู้แช่แข็งอุณหภูมิไม่มากกว่า -18 องศาเซลเซียส
- 1.3.4 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 1.3.5 เครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender)
- 1.3.6 เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์ (Deionized Water)
- 1.3.7 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
- 1.3.8 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น PinAAcle 900Z สำหรับวิเคราะห์แคดเมียม และตะกั่ว
- 1.3.9 เครื่อง Mercury Analyzer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น FIMS100 สำหรับวิเคราะห์ปรอท
- 1.3.10 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตวง และวัดปริมาตร เช่น Dispenser ขวดวัดปริมาตร บีกเกอร์ ไมโครปิเปต ขวดพลาสติกฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร หลอดพลาสติกฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร เป็นต้น

1.4 สารเคมี

- 1.4.1 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท
- 1.4.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์แคดเมียม และตะกั่ว ได้แก่
 - กรดไนตริกเข้มข้น 65% ชนิด AR Grade
 - สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.1% (V/V)
 - 10% (W/V) แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ชนิด AR Grade และ 1% (W/V) แมกนีเซียมไนเตรต ชนิด AR Grade
- 1.4.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปรอท ได้แก่
 - กรดไนตริกเข้มข้น 65% ชนิด AR Grade
 - สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 2% (V/V)
 - กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3% (V/V) (Carrier Solution) ชนิด AR Grade
 - โซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิด AR Grade
 - 0.2% โซเดียมเตตระไฮโดรโบเรต ใน 0.05% โซเดียมไฮดรอกไซด์

2. วิธีรวบรวมข้อมูล

2.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากสะพานปลา หรือท่าเทียบเรือประมงในจังหวัดสงขลา (แหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย) และจังหวัดสตูล (แหล่งประมงฝั่งอันดามัน) เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 - เมษายน 2565 โดยเก็บตัวอย่างหมึกแต่ละกลุ่ม ใส่ถุงพลาสติกมัดปากถุง ตัดป้ายบ่งชี้กลุ่มหมึก สถานที่เก็บตัวอย่าง เครื่องมือประมง และวันที่เก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างบรรจุลงในกล่องโฟม รักษาสภาพตัวอย่างด้วยการแช่ในน้ำแข็ง นำกลับไปยังศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสงขลา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสตูล เพื่อวัดความยาวของหมึกแต่ละตัว แล้วจำแนกชนิดหมึกกล้วยและ

หมึกหอม ตามวิธีของ Jereb and Roper (2010) หมึกกระดองตามวิธีของ Jereb and Roper (2005) และ หมึกสายตามวิธีของ Jereb *et al.* (2016) นำหมึกแต่ละชนิด ใส่ถุงพลาสติกซึ่งน้ำหนักประมาณ 500 - 1,000 กรัม/ตัวอย่าง ตัดป้ายซีบ่งกลุ่ม ชนิดหมึก (Species) สถานที่เก็บตัวอย่าง เครื่องมือประมง และวันที่เก็บตัวอย่าง อีกครั้ง เก็บรักษาตัวอย่างด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิไม่มากกว่า -18 องศาเซลเซียส จากนั้นส่งตัวอย่างไปยัง ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสงขลา เพื่อตรวจวิเคราะห์แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท

2.2 การเตรียมตัวอย่างและการตรวจวิเคราะห์

2.2.1 ละลายตัวอย่างหมึก

2.2.2 แยกหมึกออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ เนื้อส่วนหัว (Head) เนื้อส่วนลำตัว (Mantle) หนัง (Skin) ถุงหมึก (Ink Sac) และอวัยวะภายใน (Visceral Mass)

2.2.3 ปั่นตัวอย่างแต่ละส่วนให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender)

2.2.4 ตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขป ดังนี้

- ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 1.000 ± 0.002 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติก
- เติมน้ำกลั่นในปริมาณ 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอด
- แช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่ 95 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- ถ่ายสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรและปรับปริมาตรจนถึงขีดปริมาตร 25 มิลลิลิตร ด้วย Deionized Water เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน
- วิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม และปริมาณตะกั่วด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) และวิเคราะห์หาปริมาณปรอทด้วยเครื่อง Mercury Analyzer ตามวิธี Association of Official Analytical Chemists (2019) รายงานผล เป็นไมโครกรัม/กรัม

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์หาค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่ามัธยฐาน ของการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในแต่ละส่วนของหมึก

3.2 วิเคราะห์ความแตกต่างการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในแต่ละส่วนของหมึก โดยใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) ตามวิธีคูคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในแต่ละส่วนของหมึก ระหว่างแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน โดยใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) ตามวิธีแมน-วิทนี (Mann-Whitney U test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด กับการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในแต่ละส่วนของหมึกที่เก็บตัวอย่างจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน โดยวิธีวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation Coefficient, r) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- พิจารณาทิศทางความสัมพันธ์ (Direction of Relationship) ประกอบด้วยทิศทางความสัมพันธ์ทางบวก (ค่า r ที่คำนวณได้จะมีเครื่องหมาย +) หมายความว่าเมื่อตัวแปรต้น (X) มีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรตาม (Y) จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อตัวแปร X มีค่าลดลง ตัวแปร Y ก็จะมีค่าลดลงด้วย สำหรับทิศทางความสัมพันธ์ทางลบ

(ค่า r ที่คำนวณได้จะมีเครื่องหมาย -) หมายความว่าเมื่อตัวแปรต้น (X) มีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรตาม (Y) จะมีค่าลดลง เมื่อตัวแปร X มีค่าลดลง ตัวแปร Y ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น (บุญใจ, 2550)

- การพิจารณาระดับความสัมพันธ์ ตาม Best and Kahn (1995) โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) หรือค่า r ดังนี้

$0.000 < |r| \leq 0.200$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์น้อยมาก

$0.200 < |r| \leq 0.400$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์น้อย

$0.400 < |r| \leq 0.600$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์ปานกลาง

$0.600 < |r| \leq 0.800$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์สูง

$0.800 < |r| \leq 1.000$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์สูงมาก

3.5 ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึก แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานประเทศไทย Codex และประเทศคู่ค้าที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และแคนาดา

3.6 วิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึกที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก

ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการบริโภคหมึกกัลลัส หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน โดยประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยการคำนวณจากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ) จากสมการ ดังนี้

$$HQ = \frac{ADI}{Rfd}$$

ผลการประเมินความเสี่ยงจากการปนเปื้อนโลหะหนัก เมื่อนำมาเทียบกับค่าปริมาณสูงสุดของโลหะหนักที่สามารถรับสัมผัสและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทุกวันโดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย โดยเมื่อ

$HQ \leq 1$ หมายถึง ปริมาณสารเคมีที่ร่างกายมนุษย์ได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ หรือไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านการบริโภค

$HQ > 1$ หมายถึง ปริมาณสารเคมีที่ร่างกายมนุษย์ได้รับเกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ หรือมีความเสี่ยงต่อสุขภาพผ่านการบริโภค

เมื่อกำหนดให้ Rfd (Reference Dose) หมายถึง ค่าปริมาณอ้างอิงของโลหะหนักแต่ละธาตุ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม/วัน ซึ่งเป็นค่าปริมาณสูงสุดของโลหะหนักที่สามารถรับสัมผัสและดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทุกวันโดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย โดยปริมาณแคดเมียมมีค่าเท่ากับ 0.001 ไมโครกรัม/กรัม/วัน (United States Environmental Protection Agency, 1985) ปริมาณปรอทมีค่าเท่ากับ 0.0001 ไมโครกรัม/กรัม/วัน (United States Environmental Protection Agency, 2001 และ กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2565) สำหรับตะกั่ว ไม่มีการกำหนดค่า Rfd เนื่องจากเป็นพิษแบบไม่มีเกณฑ์กำหนด (Nonthreshold) คือไม่สามารถระบุปริมาณของสารพิษในระดับต่ำสุดที่เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับจะเริ่มแสดงความผิดปกติหรืออาการความเป็นพิษให้ตรวจได้ จึงไม่สามารถหาค่า Rfd ได้ (World Health Organization, 2019)

ADI (Average Daily Intake) คือ การปนเปื้อนเฉลี่ยของการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภค ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม/วัน สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$ADI = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

กำหนดให้ C คือ ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสัตว์น้ำ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม

IR คือ ปริมาณอาหารที่บริโภคในแต่ละมื้อ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/มื้อ โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559) รายงานอัตราการบริโภคหมึกของคนไทยในแต่ละช่วงอายุ ซึ่งนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยทุกช่วงอายุของการบริโภคหมึกของคนไทย เฉลี่ยเท่ากับ 39 กรัม/คน/วัน หรือเท่ากับ 0.013 กิโลกรัม/มื้อ

EF คือ ความถี่ของการบริโภค มีหน่วยเป็น มื้อ/ปี ซึ่งในการบริโภคอาหาร เท่ากับ 350 มื้อ/ปี (United States Environmental Protection Agency, 1989)

ED คือ ระยะเวลาที่บริโภคสัตว์น้ำ มีหน่วยเป็นปี ซึ่ง United States Environmental Protection Agency (1990) กำหนดระยะเวลาสำหรับความเสี่ยงของสารที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง เท่ากับ 30 ปี

BW คือ น้ำหนักร่างกายเฉลี่ยของคนไทย มีหน่วยเป็นกิโลกรัม สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2559) รายงานค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของประชากรไทยเฉลี่ยทุกช่วงอายุ เท่ากับ 55.45 กิโลกรัม

AT คือ ระยะเวลาเฉลี่ยของประชากรที่อาจจะได้รับความเสี่ยง มีหน่วยเป็นวัน ซึ่งคำนวณได้จากระยะเวลาเฉลี่ยที่ได้รับความเสี่ยง (30 ปี) คูณด้วย 365 วัน ดังนั้น AT จึงเท่ากับ (30×365) 10,950 วัน (United States Environmental Protection Agency, 1989)

3.7 ประเมินความปลอดภัยในการได้รับปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหมึก โดยคำนวณค่า WDI (Weekly Dietary Intake) และนำค่าไปเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับต่อสัปดาห์โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Provisional Tolerable Weekly Intake, PTWI) ปริมาณสารปนเปื้อนที่ร่างกายได้รับต่อสัปดาห์โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย ทั้งนี้ WDI สามารถคำนวณได้จาก สมการ ดังนี้

$$WDI = M \times C \times 7$$

เมื่อกำหนดให้

WDI คือ ปริมาณโลหะหนักที่มนุษย์ได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยการบริโภคอาหารในเวลาหนึ่งสัปดาห์ มีหน่วยเป็น ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

M คือ ปริมาณของหมึกที่คนบริโภคในหนึ่งวัน มีค่าเท่ากับ 39 กรัม/คน/วัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559)

C คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในอาหาร (ไมโครกรัม/กรัม)

7 คือ จำนวนวันในหนึ่งสัปดาห์

3.8 คำนวณการปนเปื้อนสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย มีหน่วยเป็น กรัม/วัน

$$\text{ปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน)} = \frac{\text{PTWI (ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์)}}{\text{การปนเปื้อนสารที่พบในตัวอย่าง (ไมโครกรัม/กรัม) \times 7 (วัน)}}$$

สำหรับค่าระดับความปลอดภัยต่อมนุษย์ (Provisional Tolerable Weekly Intake : PTWI) กำหนดขึ้นโดยโครงการความร่วมมือขององค์ระหว่างประเทศ (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA) ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจาก FAO และ WHO ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเจือปนและสารปนเปื้อน กำหนดธาตุของสารเจือปนที่ใช้ใช้ในผลิตภัณฑ์ และกำหนดระดับความปลอดภัยในการบริโภคสารเจือปนและสารปนเปื้อน ทั้งนี้ PTWI ของแคดเมียม มีค่าเท่ากับ 25.000 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/เดือน (World Health Organization, 2021) คิดเป็น 5.833 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/สัปดาห์ และปรอท มีค่าเท่ากับ 4.000 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/สัปดาห์ (World Health Organization, 2011b) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักเฉลี่ยของคนไทย เท่ากับ 55.450 กิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ดังนั้น ค่า PTWI ของแคดเมียมและปรอทของคนไทย

เท่ากับ 323.440 (5.833x55.450) และ 221.800 (4.000x55.450) ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ตามลำดับ ในปัจจุบันตะกั่ว ไม่มีการกำหนดค่า PTWI เนื่องจากไม่สามารถคำนวณหาค่าความปลอดภัยได้ (World Health Organization, 2011a)

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ตัวอย่างหมึกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จับโดยใช้เครื่องมือประมง 5 ประเภท คือ ไคหมึก อวนล้อมจับ อวนลากคู่ อวนลากเดี่ยว และอวนลากแผ่นตะเฆ่ จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ซึ่งนำสัตว์น้ำขึ้นท่าที่สะพานปลา หรือท่าเทียบเรือประมงในจังหวัดสงขลา และจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน ซึ่งนำสัตว์น้ำขึ้นท่าที่สะพานปลา หรือท่าเทียบเรือประมงในจังหวัดสตูล รวม 218 ตัวอย่าง ประกอบด้วยหมึกกล้วย 2 ชนิด คือ *Photololigo chinensis* และ *P. duvaucelii* จำนวนรวม 60 ตัวอย่าง หมึกกระดอง 5 ชนิด คือ *Sepia aculeata*, *S. brevimana*, *S. pharaonis*, *S. lycidas* และ *S. recurvirostra* จำนวนรวม 62 ตัวอย่าง หมึกสาย 4 ชนิด คือ *Amphioctopus aegina*, *A. neglectus*, *Cistopus indicus*, และ *Callistoctopus luteus* จำนวนรวม 54 ตัวอย่าง และหมึกหอม 1 ชนิด คือ *Sepioteuthis lessoniana* จำนวน 42 ตัวอย่าง

1. การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน

1.1 แคดเมียม

ผลการศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 1 ดังนี้

การปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อส่วนหัวของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ ฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกสายมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกระดอง และหมึกสาย จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนแคดเมียมในหนังของหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน

ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	หมึก	ฝั่งอ่าวไทย		ฝั่งอันดามัน	
		ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)	ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)
เนื้อส่วนหัว	หมึกกล้วย	0.428 (0.131-1.425) ^{b, x}	20	0.395 (0.004-1.425) ^{a, x}	40
	หมึกกระดอง	1.250 (0.028-9.400) ^{a, x}	29	0.725 (0.000-3.625) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	0.248 (0.058-2.350) ^{b, x}	28	0.074 (0.023-0.660) ^{b, y}	27
	หมึกหอม	0.159 (0.000-1.840) ^{b, x}	11	0.085 (0.000-1.600) ^{b, x}	31
เนื้อส่วนลำตัว	หมึกกล้วย	0.168 (0.019-0.420) ^{b, x}	20	0.106 (0.000-0.775) ^{b, x}	40
	หมึกกระดอง	0.250 (0.010-3.500) ^{b, x}	29	0.140 (0.000-1.950) ^{b, y}	32
	หมึกสาย	3.050 (0.500-4.700) ^{a, x}	28	0.650 (0.017-2.975) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.058 (0.022-0.186) ^{b, x}	11	0.029 (0.000-0.940) ^{c, y}	31
หนัง	หมึกกล้วย	0.375 (0.095-1.300) ^{b, x}	18	0.340 (0.011-0.920) ^{a, x}	40
	หมึกกระดอง	0.630 (0.022-4.280) ^{ab, x}	28	0.205 (0.000-0.975) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	1.140 (0.183-5.900) ^{a, x}	28	0.405 (0.050-1.775) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.220 (0.093-0.825) ^{b, x}	11	0.093 (0.000-0.300) ^{b, y}	31
ถุงหมึก	หมึกกล้วย	3.165 (0.320-10.200) ^{b, x}	20	2.300 (0.300-44.000) ^{b, x}	40
	หมึกกระดอง	1.450 (0.024-34.000) ^{b, x}	29	0.450 (0.006-54.500) ^{c, y}	32
	หมึกสาย	48.700 (11.400-181.600) ^{a, x}	28	21.450 (0.093-75.600) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.300 (0.023-7.550) ^{b, x}	11	0.180 (0.012-0.940) ^{c, x}	31
อวัยวะภายใน	หมึกกล้วย	2.610 (0.600-6.650) ^{b, x}	20	2.225 (0.070-16.400) ^{b, x}	40
	หมึกกระดอง	10.350 (0.008-76.400) ^{a, x}	29	8.050 (0.265-125.000) ^{a, x}	32
	หมึกสาย	6.725 (0.290-40.600) ^{a, x}	28	3.325 (0.074-16.200) ^{b, y}	26
	หมึกหอม	0.920 (0.170-32.600) ^{b, x}	11	0.720 (0.055-8.050) ^{c, x}	31

หมายเหตุ ค่าในแนวนอนของหมึกแต่ละส่วนที่มีอักษร a b และ c กำกับต่างกัน และค่าในแนวนอนที่มีอักษร x และ y กำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนแคดเมียมในถุงหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกระดอง และหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนแคดเมียมในอวัยวะภายในของหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียมระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าหมึกแต่ละกลุ่ม มีการปนเปื้อนแคดเมียมแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ สันติสุข (2566) ซึ่งศึกษาการสะสมของแคดเมียมใน หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ที่จับจากฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึง เมษายน 2565 พบว่า หมึกสาย

มีการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกกลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับการศึกษาของทัศนีย์ (2533) ซึ่งศึกษาปริมาณแคดเมียมในเนื้อหมึกแช่เยือกแข็งจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน 2534 พบว่า ปริมาณแคดเมียมในหมึกสาย สูงกว่าหมึกกระดอง และหมึกกล้วย จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบในสัตว์ทะเลแต่ละกลุ่มจะมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากลักษณะธรรมชาติของการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ เช่น การกินอาหาร โดยหมึกกล้วยจะกินอาหารประเภทปลาเป็นส่วนใหญ่ หมึกกระดองกินพวกครัสเตเชียน ส่วนหมึกสายกินอาหารประเภทสารอินทรีย์และสัตว์หน้าดินซึ่งเป็นแหล่งสะสมของโลหะหนักในปริมาณมากจึงทำให้หมึกสายมีโอกาสที่จะได้รับโลหะหนักมากกว่าหมึกกลุ่มอื่น นอกจากนี้ หมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีการปนเปื้อนแคดเมียมในอวัยวะทั้ง 5 ส่วนสูงกว่าหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน สอดคล้องกับรายงานของสมชายและคณะ (2551) ซึ่งทำการศึกษากปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (ไมโครกรัม/กรัม) ในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม โดยเรือประมงอวนลาก จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ในปี พ.ศ. 2547 พบว่าหมึกทั้ง 4 กลุ่ม ที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (ไมโครกรัม/กรัม) สูงกว่าหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน เนื่องจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมชุบหรือเชื่อมโลหะ อุตสาหกรรมเคาะพ่นสีรถยนต์และจักรยานยนต์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์ รวมถึงอยู่ใกล้แหล่งชุมชน และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมีโอกาสในการปล่อยสารพิษโดยเฉพาะแคดเมียมลงสู่สิ่งแวดล้อมได้

1.2 ตะกั่ว

ผลการศึกษาการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

การปนเปื้อนตะกั่วในเนื้อส่วนหัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างแหล่งประมงทั้งสองฝั่ง

การปนเปื้อนตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และมีความแตกต่างจากหมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกหอม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ ฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างแหล่งประมงทั้งสองฝั่ง

การปนเปื้อนตะกั่วในหนังของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกกล้วยมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกระดองมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ ฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนตะกั่วระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกระดอง จากแหล่งประมงฝั่งอันดามันมีค่าสูงกว่าฝั่งอ่าวไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนตะกั่วในถุงหมึกของหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนตะกั่วระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 2 การปนเปื้อนตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน

ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	หมึก	ฝั่งอ่าวไทย		ฝั่งอันดามัน	
		ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)	ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)
เนื้อส่วนหัว	หมึกกล้วย	0.000 (0.000-0.290) ^{a, x}	20	0.000 (0.000-0.029) ^{a, x}	40
	หมึกกระดอง	0.000 (0.000-0.078) ^{a, x}	29	0.000 (0.000-0.129) ^{a, x}	32
	หมึกสาย	0.000 (0.000-0.047) ^{a, x}	28	0.000 (0.000-0.094) ^{a, x}	27
	หมึกหอม	0.000 (0.000-0.078) ^{a, x}	11	0.000 (0.000-0.091) ^{a, x}	31
เนื้อส่วนลำตัว	หมึกกล้วย	0.000 (0.000-0.046) ^{b, x}	20	0.000 (0.000-0.076) ^{a, x}	40
	หมึกกระดอง	0.000 (0.000-0.192) ^{b, x}	29	0.000 (0.000-0.020) ^{a, x}	32
	หมึกสาย	0.003 (0.000-0.186) ^{a, x}	28	0.000 (0.000-0.122) ^{a, x}	27
	หมึกหอม	0.000 (0.000-0.064) ^{b, x}	11	0.000 (0.000-0.022) ^{a, x}	31
หนัง	หมึกกล้วย	0.034 (0.000-0.172) ^{a, x}	18	0.032 (0.000-0.141) ^{a, x}	40
	หมึกกระดอง	0.002 (0.000-0.053) ^{b, y}	28	0.022 (0.000-0.077) ^{a, x}	32
	หมึกสาย	0.018 (0.000-0.120) ^{ab, x}	28	0.024 (0.000-0.161) ^{a, x}	27
	หมึกหอม	0.008 (0.000-0.220) ^{ab, x}	11	0.005 (0.000-0.083) ^{a, x}	31
ถุงหมึก	หมึกกล้วย	0.001 (0.000-0.345) ^{b, x}	20	0.000 (0.000-0.270) ^{c, y}	40
	หมึกกระดอง	0.016 (0.000-0.594) ^{b, x}	29	0.048 (0.000-0.935) ^{b, x}	32
	หมึกสาย	0.289 (0.000-2.550) ^{a, x}	28	0.229 (0.000-0.970) ^{a, x}	27
	หมึกหอม	0.000 (0.000-0.076) ^{b, x}	11	0.000 (0.000-0.207) ^{c, x}	31
อวัยวะภายใน	หมึกกล้วย	0.016 (0.000-0.155) ^{c, x}	20	0.000 (0.000-0.054) ^{b, y}	40
	หมึกกระดอง	0.168 (0.000-2.460) ^{a, x}	29	0.151 (0.006-0.654) ^{a, x}	32
	หมึกสาย	0.070 (0.000-0.317) ^{b, x}	28	0.046 (0.000-0.560) ^{a, x}	26
	หมึกหอม	0.081 (0.000-1.520) ^{b, x}	11	0.000 (0.000-0.135) ^{b, y}	31

หมายเหตุ ค่าในแนวดิ่งของหมึกแต่ละส่วนที่มีอักษร a, b และ c กำกับต่างกัน และค่าในแนวนอนที่มีอักษร x และ y กำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนตะกั่วในอวัยวะภายในของหมึกจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน พบว่าหมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนตะกั่วระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วยและหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ถุงหมึกของหมึกสายมีการปนเปื้อนตะกั่วสูงสุด ทั้งที่จับจากฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อีกทั้งในภาพรวมอวัยวะส่วนอื่นๆ ของหมึกทั้ง 4 กลุ่ม ที่จับจากฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ก็มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้น ส่วนหนังของหมึกกระดอง ถุงหมึกของหมึกกล้วย และอวัยวะภายในของหมึกกล้วยและหมึกหอม การปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของหมึกจากการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากรายงานของ สันติสุข (2566) ซึ่งศึกษาปริมาณตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมที่จับจากฝั่งอันดามัน

และอ่าวไทย ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึง เมษายน 2565 พบว่า ปริมาณตะกั่วในหมึกทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.3 ปรอท

ผลการศึกษาการปนเปื้อนปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 การปนเปื้อนปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่ม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน

ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	หมึก	ฝั่งอ่าวไทย		ฝั่งอันดามัน	
		ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)	ค่ามัธยฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	จำนวน (N)
เนื้อส่วนหัว	หมึกกล้วย	0.002 (0.000-0.085) ^{b, x}	20	0.000 (0.000-0.026) ^{a, y}	40
	หมึกกระดอง	0.029 (0.000-0.107) ^{a, x}	29	0.000 (0.000-0.067) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	0.023 (0.000-0.080) ^{a, x}	28	0.000 (0.000-0.145) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.037 (0.000-0.229) ^{a, x}	11	0.000 (0.000-0.022) ^{a, y}	31
เนื้อส่วนลำตัว	หมึกกล้วย	0.003 (0.000-0.042) ^{b, x}	20	0.000 (0.000-0.013) ^{b, y}	40
	หมึกกระดอง	0.031 (0.000-0.113) ^{a, x}	29	0.003 (0.000-0.040) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	0.034 (0.000-0.114) ^{a, x}	28	0.001 (0.000-0.179) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.051 (0.002-0.267) ^{a, x}	11	0.000 (0.000-0.020) ^{b, y}	31
หนัง	หมึกกล้วย	0.009 (0.000-0.205) ^{b, x}	18	0.000 (0.000-0.017) ^{a, y}	40
	หมึกกระดอง	0.015 (0.000-0.062) ^{ab, x}	28	0.000 (0.000-0.031) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	0.012 (0.000-0.046) ^{b, x}	28	0.000 (0.000-0.352) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.030 (0.000-0.200) ^{a, x}	11	0.000 (0.000-0.020) ^{a, y}	31
ถุงหมึก	หมึกกล้วย	0.024 (0.000-0.162) ^{b, x}	20	0.001 (0.000-0.069) ^{b, y}	40
	หมึกกระดอง	0.021 (0.000-0.168) ^{b, x}	29	0.000 (0.000-0.064) ^{b, y}	32
	หมึกสาย	0.158 (0.001-0.333) ^{a, x}	28	0.029 (0.000-0.133) ^{a, y}	27
	หมึกหอม	0.039 (0.000-0.584) ^{ab, x}	11	0.000 (0.000-0.044) ^{b, y}	31
อวัยวะภายใน	หมึกกล้วย	0.003 (0.000-0.046) ^{b, x}	20	0.000 (0.000-0.014) ^{b, y}	40
	หมึกกระดอง	0.062 (0.000-0.252) ^{a, x}	29	0.013 (0.000-0.162) ^{a, y}	32
	หมึกสาย	0.061 (0.020-0.175) ^{a, x}	28	0.009 (0.000-0.154) ^{a, y}	26
	หมึกหอม	0.072 (0.012-0.453) ^{a, x}	11	0.000 (0.000-0.061) ^{b, y}	31

หมายเหตุ ค่าในแนวตั้งของหมึกแต่ละส่วนที่มีอักษร a และ b กำกับต่างกัน และค่าในแนวนอนที่มีอักษร x และ y กำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การปนเปื้อนปรอทในเนื้อส่วนหัวของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกหอมมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อน

ในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกหอมมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนปรอทในหนังของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกหอมมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ฝั่งอันดามัน พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนปรอทในถุงหมึกของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกระดองมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกสายมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกหอมมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การปนเปื้อนปรอทในอวัยวะภายในของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย พบว่า หมึกหอมมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ฝั่งอันดามัน พบว่า หมึกกระดองมีการปนเปื้อนสูงสุด และหมึกกล้วยมีการปนเปื้อนต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการปนเปื้อนปรอทระหว่างแหล่งประมง พบว่า การปนเปื้อนในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีค่าสูงกว่าฝั่งอันดามัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ในอวัยวะทั้ง 5 ส่วนของหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีการปนเปื้อนปรอทสูงกว่าฝั่งอันดามันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีแหล่งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม สาเหตุการปนเปื้อนปรอทมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง การเผาขยะ ขยะผลิตภัณฑ์ที่ใช้ตามบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษารั้งนี้ไม่สอดคล้องกับรายงานของสมชาย และคณะ (2551) ซึ่งทำการศึกษาปริมาณปรอทเฉลี่ย (ไมโครกรัม/กรัม) ในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม โดยเรือประมงอวนลาก จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ในปี พ.ศ. 2547 พบว่าหมึกทั้ง 4 กลุ่ม ที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน มีปริมาณปรอทเฉลี่ย (ไมโครกรัม/กรัม) สูงกว่าหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย

ถึงแม้ว่า ผลการศึกษ ปริมาณปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ปรอทที่พบมีปริมาณต่ำเช่นเดียวกับรายงานของ สันติสุข (2566) ซึ่งศึกษาปริมาณปรอทในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ที่จับจากฝั่งอันดามันและอ่าวไทย ตั้งแต่

เดือนเมษายน 2564 ถึง เมษายน 2565 พบว่า ปริมาณปรอทในหมึกอยู่ในช่วง 0.000-0.170 ไมโครกรัม/กรัม ในขณะที่ การศึกษาของ Ahmad *et al.* (2015) ซึ่งศึกษาปริมาณปรอทในเนื้อหมึกที่เก็บจากท่าเทียบเรือและตลาดสดในคาบสมุทรมาเลเซีย พบว่า หมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย มีปรอทอยู่ในช่วง 0.099-2.715, 0.233-0.486 และ 0.099-2.715 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนปรอทไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับกลุ่มของหมึก แต่ยังขึ้นอยู่กับแหล่งอาศัยของหมึกด้วย

2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึก กับการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึก โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient หรือ ค่า r) ตาม Best and Kahn (1995) ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

0.000 < |r| < 0.200 หมายความว่า มีความสัมพันธ์น้อยมาก

0.200 < |r| < 0.400 หมายความว่า มีความสัมพันธ์น้อย

0.400 < |r| < 0.600 หมายความว่า มีความสัมพันธ์ปานกลาง

0.600 < |r| < 0.800 หมายความว่า มีความสัมพันธ์สูง

0.800 < |r| < 1.000 หมายความว่า มีความสัมพันธ์สูงมาก

2.1 แคดเมียม

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหมึกที่จับจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ได้แก่ เนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้ กุ้งหมึก และอวัยวะภายใน (แสดงดังตารางที่ 4) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย และหมึกสาย ขนาดของหมึกมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนแคดเมียมในเชิงลบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย – น้อยมาก ยกเว้นส่วนหน้ของหมึกสายขนาดของหมึกมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนแคดเมียมในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่า r เท่ากับ -0.319 แสดงให้เห็นว่าเมื่อหมึกมีขนาดใหญ่ขึ้นการปนเปื้อนแคดเมียมส่วนหน้ของหมึกสายจะลดลง โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ Piercea *et al.* (2008) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกล้วยกับการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อหมึกกล้วยที่จับในแหล่งน้ำประเทศอังกฤษ พบว่าขนาดของหมึกมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนแคดเมียมในเชิงลบ คือขนาดของหมึกใหญ่ขึ้นการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อหมึกจะลดลง โดยให้เหตุผลว่าขณะที่หมึกยังเล็กจะกินสัตว์หน้าดินที่ไม่มีกระดูกสันหลังเป็นหลัก ซึ่งมีการปนเปื้อนแคดเมียมสูง แต่เมื่อหมึกขนาดใหญ่ขึ้นก็จะปรับพฤติกรรมมากินปลาเป็นหลักซึ่งมีการสะสมแคดเมียมที่ต่ำกว่า และสอดคล้องกับการศึกษาของ รุ่งนภา และคณะ (2564) ได้ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในหมึกสาย 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ในปี พ.ศ. 2560 พบว่าหมึกสายขนาดเล็กมีการปนเปื้อนแคดเมียมมากกว่าขนาดกลางและใหญ่ จากการศึกษาครั้งนี้ ขนาดของหมึกมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนแคดเมียมในอวัยวะทุกส่วนของหมึกกระดองในเชิงลบ โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย – น้อยมาก ยกเว้นอวัยวะภายในมีค่า r เท่ากับ 0.357 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวก แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนแคดเมียมส่วนอวัยวะภายในของหมึกกระดองจะเพิ่มขึ้นเมื่อหมึกมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย สอดคล้องกับ Roomiani *et al.* (2018) ที่ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่อมย่อย (Digestive gland) กับขนาดของหมึกกระดองจากอ่าวเปอร์เซีย พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ส่วนหมึกหอม พบว่า อวัยวะทุกส่วน ยกเว้นเนื้อส่วนลำตัว ขนาด

ของหมึกมีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนแคดเมียมในเชิงบวกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย – น้อยมาก

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก

หมึก	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวนตัวอย่าง (N)	ความยาวหมึก (ซม.) ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	การปนเปื้อนแคดเมียม	
				ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	Sig. (2-tailed)
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนหัว	60	6.000-20.800	-0.194	0.138
	เนื้อส่วนลำตัว	60		-0.100	0.448
	หนัง	58		-0.209	0.115
	ถุงหมึก	60		-0.114	0.384
	อวัยวะภายใน	60		-0.032	0.812
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนหัว	61	4.700-19.500	-0.242	0.060
	เนื้อส่วนลำตัว	61		-0.276*	0.032
	หนัง	60		-0.132	0.315
	ถุงหมึก	61		-0.026	0.840
	อวัยวะภายใน	61		0.357*	0.005
หมึกสาย	เนื้อส่วนหัว	55	3.900-17.000	-0.131	0.342
	เนื้อส่วนลำตัว	55		-0.186	0.175
	หนัง	55		-0.319*	0.018
	ถุงหมึก	55		-0.159	0.246
	อวัยวะภายใน	55		-0.236	0.082
หมึกหอม	เนื้อส่วนหัว	42	6.300-21.400	0.150	0.344
	เนื้อส่วนลำตัว	42		-0.026	0.871
	หนัง	42		0.231	0.141
	ถุงหมึก	42		0.019	0.904
	อวัยวะภายใน	42		0.182	0.248

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($P<0.05$)

2.2 ตะกั่ว

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของหมึกที่จับจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ได้แก่ เนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หนัง ถุงหมึก และอวัยวะภายใน (แสดงดังตารางที่ 5) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีเพียงเนื้อส่วนหัวของหมึกกล้วยที่มีความสัมพันธ์กับการปนเปื้อนตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่า r เท่ากับ 0.376 แสดงให้เห็นว่าการปนเปื้อนตะกั่วที่เนื้อส่วนหัวของหมึกกล้วยจะเพิ่มขึ้นเมื่อหมึกมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย ส่วนอวัยวะอื่นๆ ของหมึกกล้วย

การปนเปื้อนตะกั่วมีความสัมพันธ์กับขนาดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีความสัมพันธ์กับขนาดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของสันติสุข (2566) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการปนเปื้อนตะกั่ว ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แตกต่างจากรายงานของ Roomiani *et al.* (2018) ได้ศึกษาขนาดของหมึกกระดองกับการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่อมไถ่ย่อย (Digestive gland) โดยศึกษาจากหมึกที่จับจากจังหวัดบุนเธร์ บริเวณอ่าวเปอร์เซีย ประเทศอิหร่าน พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก

หมึก	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวนตัวอย่าง (N)	ความยาวหมึก (ซม.) ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	การปนเปื้อนตะกั่ว	
				ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	Sig. (2-tailed)
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนหัว	60	6.000-20.800	0.376*	0.003
	เนื้อส่วนลำตัว	60		0.066	0.614
	หนัง	58		-0.157	0.240
	ถุงหมึก	60		0.033	0.801
	อวัยวะภายใน	60		-0.198	0.137
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนหัว	61	4.700-19.500	-0.024	0.855
	เนื้อส่วนลำตัว	61		-0.031	0.813
	หนัง	60		-0.065	0.624
	ถุงหมึก	61		-0.199	0.125
	อวัยวะภายใน	61		0.000	0.998
หมึกสาย	เนื้อส่วนหัว	55	3.900-17.000	0.021	0.880
	เนื้อส่วนลำตัว	55		0.148	0.282
	หนัง	55		0.100	0.468
	ถุงหมึก	55		-0.208	0.128
	อวัยวะภายใน	55		0.070	0.613
หมึกหอม	เนื้อส่วนหัว	42	6.300-21.400	0.055	0.730
	เนื้อส่วนลำตัว	42		0.083	0.600
	หนัง	42		-0.018	0.910
	ถุงหมึก	42		0.120	0.449
	อวัยวะภายใน	42		0.188	0.234

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($P<0.05$)

2.3 พรอท

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการปนเปื้อนพรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกที่จับจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ได้แก่ เนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้ ึ่ง ฤงหมึก และอวัยวะภายใน แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนพรอทในส่วนต่าง ๆ กับขนาดของหมึก

หมึก	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวนตัวอย่าง (N)	ความยาวหมึก (ซม.) ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	การปนเปื้อนพรอท	
				ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	Sig. (2-tailed)
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนหัว	60	6.000-20.800	0.009	0.947
	เนื้อส่วนลำตัว	60		0.250	0.054
	หน้ ึ่ง	58		0.015	0.910
	ฤงหมึก	60		0.300*	0.020
	อวัยวะภายใน	60		0.159	0.232
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนหัว	61	4.700-19.500	0.304*	0.017
	เนื้อส่วนลำตัว	61		0.139	0.284
	หน้ ึ่ง	60		0.281*	0.029
	ฤงหมึก	61		-0.154	0.235
	อวัยวะภายใน	61		0.272	0.034
หมึกสาย	เนื้อส่วนหัว	55	3.900-17.000	0.137	0.317
	เนื้อส่วนลำตัว	55		0.268*	0.048
	หน้ ึ่ง	55		0.022	0.874
	ฤงหมึก	55		0.278*	0.040
	อวัยวะภายใน	55		0.197	0.150
หมึกหอม	เนื้อส่วนหัว	42	6.300-21.400	0.282	0.070
	เนื้อส่วนลำตัว	42		0.314*	0.043
	หน้ ึ่ง	42		0.247	0.115
	ฤงหมึก	42		0.117	0.461
	อวัยวะภายใน	42		0.327*	0.034

หมายเหตุ * มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($P < 0.05$)

การศึกษานี้พบว่า การปนเปื้อนพรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกทั้ง 4 กลุ่ม มีความสัมพันธ์กับขนาดในเชิงบวก ยกเว้นฤงหมึกของหมึกกระดอง โดยการปนเปื้อนพรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึก ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ได้แก่ ฤงหมึกของหมึกกล้วย เนื้อส่วนหัวและหน้ ึ่งของหมึกกระดอง เนื้อส่วนลำตัวและฤงหมึกของหมึกสาย และเนื้อส่วนลำตัวและอวัยวะภายในของหมึกหอม โดยมีความสัมพันธ์ในระดับน้อย จากรายงานของ Ahmad *et al.* (2015) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อน

ปรอทในหมึกกล้วย และหมึกกระดองทั้งตัวไม่รวมถุงหมึกและส่วนอวัยวะภายในกับขนาดของหมึก โดยเก็บตัวอย่างจากท่าเทียบเรือ และตลาดสดในคาบสมุทรมาเลเซีย พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนปรอทที่ตรวจพบในหมึกกล้วย และหมึกกระดองกับขนาดของหมึกมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับ Kojadinovica *et al.* (2011) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนปรอทในส่วนต่อมย่อย (Digestive gland) กับขนาดของหมึกกล้วยจากแทสมาเนีย (ประเทศออสเตรเลีย) และจากน่านน้ำรอบ ๆ อัมสเตอร์ดัม (ทางตอนใต้มหาสมุทรอินเดีย) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

3. การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึก กับค่ามาตรฐาน

คณะกรรมการโครงการมาตรฐานอาหาร และหน่วยงานกำกับควบคุมดูแลความปลอดภัยของอาหารในหลายประเทศทั่วโลก ได้กำหนดการปนเปื้อนสูงสุด ในกลุ่มอาหารที่มีความเสี่ยงต่าง ๆ รวมถึงหมึก เพื่อใช้ควบคุมการปนเปื้อนไม่ให้เกินปริมาณสูงสุดที่กำหนด และป้องกันอันตรายจากการบริโภคอาหารนั้น ซึ่งหลายประเทศทั่วโลกใช้มาตรฐาน Codex (Codex Alimentarius International Food Standard, 2019) เป็นมาตรฐานอ้างอิงเพื่อควบคุมปริมาณสารปนเปื้อนสูงสุด อีกทั้งงานวิจัยฉบับนี้ได้เล็งเห็นความสำคัญของการส่งออกสินค้าหมึก ซึ่งเป็นสินค้าที่มีมูลค่าการส่งออกอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย จึงได้ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกเปรียบเทียบกับมาตรฐานของประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน และมาตรฐานของประเทศที่นำเข้าหมึกที่สำคัญของไทย อีก 4 ประเทศ คือ สหภาพยุโรป (European Union, 2023) ประเทศญี่ปุ่น (Japan External Trade Organization, 2011) สาธารณรัฐเกาหลี (Ministry of Food and Drug Safety, 2021) และแคนาดา (Government of Canada, 2022) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ค่ามาตรฐานแต่ละประเทศจะกำหนดไม่รวมเครื่องใน ยกเว้นสาธารณรัฐเกาหลี ที่กำหนดค่ามาตรฐานของแคดเมียม และตะกั่ว ในหมึกสาย โดยกำหนดค่ามาตรฐานหมึกทั้งตัวรวมเครื่องใน ดังนั้นการศึกษานี้จึงจำเป็นต้องศึกษาส่วนเครื่องใน คือส่วนของถุงหมึก และอวัยวะภายใน เพื่อใช้ในการเทียบกับค่ามาตรฐานของประเทศเกาหลี และเพื่อให้ผู้บริโภคใช้ในการพิจารณาถึงความปลอดภัยในการบริโภค

ตารางที่ 7 ค่ามาตรฐานของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ของหมึกแต่ละประเทศ

ประเทศ	หมึกกล้วย และหมึกหอม			หมึกกระดอง			หมึกสาย		
	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท	แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
Codex	2.000	-	-	2.000	-	-	2.000	-	-
ประเทศไทย	2.000	-	0.500	2.000	-	0.500	2.000	-	0.500
สหภาพยุโรป	1.000	0.300	0.300	1.000	0.300	0.300	1.000	0.300	0.300
ญี่ปุ่น	-	-	0.400	-	-	0.400	-	-	0.400
สาธารณรัฐเกาหลี	1.500	1.000	0.500	2.000	2.000	0.500	3.000*	2.000*	0.500
แคนาดา	-	-	0.500	-	-	0.500	-	-	0.500

หมายเหตุ - ไม่กำหนดมาตรฐาน

* มาตรฐานหมึกทั้งตัวรวมเครื่องใน

3.1 หมึกกล้วย

ผลการเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักเฉลี่ยในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน (ตารางที่ 8) กับค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด (ตารางที่ 7) พบว่า การปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย (ไม่รวมเครื่องใน) ไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อัญชิรา และคณะ (2566) ที่ได้เปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ของหมึกกล้วยที่จับจากฝั่งอ่าวไทยตะวันออก พบว่า การปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย (ไม่รวมเครื่องใน) ไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศที่กำหนด

แม้ว่าแต่ละประเทศจะไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหมึกกล้วยรวมเครื่องใน (ส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน) แต่จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าปริมาณการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมทั้งในส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน มีปริมาณที่ค่อนข้างสูง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jamil *et al.* (2014) ซึ่งศึกษาในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วยในน่านน้ำเกาะตะรุเตา-เปอร์ลิส ประเทศมาเลเซีย พบการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนถุงหมึกสูงกว่าเนื้อส่วนหัวและเนื้อส่วนลำตัว โดยมีการปนเปื้อนเฉลี่ย 8.830, 4.070 และ 1.390 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 8 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวนตัวอย่าง (N)	การปนเปื้อนโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
			แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	20	0.558±0.083	0.023±0.015	0.012±0.005
	เนื้อส่วนลำตัว	20	0.178±0.027	0.002±0.002	0.009±0.003
	หนัง	18	0.485±0.084	0.050±0.012	0.023±0.011
	ถุงหมึก	20	3.438±0.576	0.039±0.019	0.034±0.009
	อวัยวะภายใน	20	3.051±0.384	0.034±0.011	0.009±0.003
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	40	0.490±0.059	0.001±0.001	0.001±0.001
	เนื้อส่วนลำตัว	40	0.131±0.020	0.006±0.003	0.001±0.001
	หนัง	40	0.348±0.034	0.034±0.006	0.002±0.001
	ถุงหมึก	40	3.757±1.077	0.009±0.007	0.009±0.002
	อวัยวะภายใน	40	3.075±0.480	0.004±0.002	0.001±0.000

3.2 หมึกกระดอง

ผลการเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักเฉลี่ยในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดอง จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน (ตารางที่ 9) กับค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด (ตารางที่ 7) พบว่า การปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ ของหมึก (ไม่รวมเครื่องใน) ในเนื้อส่วนหัวของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีการปนเปื้อนแคดเมียมเฉลี่ยเท่ากับ 2.489±0.480 ไมโครกรัม/กรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของ codex ประเทศไทย สหภาพยุโรป และสาธารณรัฐเกาหลี แต่เนื้อส่วนลำตัว และหนังของหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ไม่เกินมาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด เช่นเดียวกับการปนเปื้อนเฉลี่ยของตะกั่วและปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึก ที่มีค่าไม่เกินมาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด

ตารางที่ 9 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดอง

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวน ตัวอย่าง (N)	การปนเปื้อนโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
			แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	29	2.489±0.480	0.014±0.004	0.035±0.005
	เนื้อส่วนลำตัว	29	0.791±0.177	0.013±0.007	0.037±0.005
	หนัง	28	0.907±0.183	0.011±0.003	0.020±0.003
	ถุงหมึก	29	5.699±1.792	0.081±0.027	0.030±0.007
	อวัยวะภายใน	29	18.533±3.858	0.261±0.083	0.082±0.011
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	32	0.929±0.145	0.010±0.004	0.008±0.002
	เนื้อส่วนลำตัว	32	0.219±0.060	0.001±0.001	0.007±0.002
	หนัง	32	0.317±0.049	0.026±0.004	0.004±0.001
	ถุงหมึก	32	3.123±1.683	0.115±0.032	0.008±0.003
	อวัยวะภายใน	32	18.764±4.881	0.159±0.023	0.026±0.006

แม้ว่าแต่ละประเทศจะไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของหมึกรวมเครื่องใน (ส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน) ยกเว้นสาธารณรัฐเกาหลีที่กำหนดค่ามาตรฐานรวมเครื่องในของหมึกสาย ดังนั้นผู้บริโภคควรให้ความระมัดระวังในการบริโภคส่วนดังกล่าว เนื่องจากในการศึกษาค้นคว้าพบว่าการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมทั้งในส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน มีปริมาณสูง และสูงกว่าเนื้อส่วนหัว หนัง และเนื้อส่วนลำตัว โดยผลการศึกษาสอดคล้องกับ Rekha and Rao (2018) ที่ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในหมึกกระดองชนิด *Sepiella inermis* จากน่านน้ำชายฝั่งวิสาขปัตนัม ประเทศอินเดีย พบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมในถุงหมึก (52.291 ± 36.025 ไมโครกรัม/กรัม) สูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัว (0.481 ± 0.140 ไมโครกรัม/กรัม) เช่นเดียวกับผลการศึกษาศึกษาของ Conficoni *et al.* (2018) ที่ศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในถุงหมึก และเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองสด และแช่เยือกแข็งที่ใช้เป็นอาหาร พบว่าหมึกกระดองสดมีการปนเปื้อนแคดเมียมในถุงหมึกอยู่ในช่วง $<0.001-0.590$ ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัวซึ่งอยู่ในช่วง $<0.001-0.270$ ไมโครกรัม/กรัม และการสะสมแคดเมียมในหมึกกระดองแช่เยือกแข็งส่วนถุงหมึกอยู่ในช่วง $0.000-44.800$ ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าเนื้อส่วนลำตัวซึ่งอยู่ในช่วง $0.000-9.010$ ไมโครกรัม/กรัม

3.3 หมึกสาย

ผลการเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักเฉลี่ยในส่วนต่าง ๆ ของหมึกสาย (ตารางที่ 10) กับค่ามาตรฐานที่แต่ละประเทศกำหนด (ตารางที่ 7) พบว่า หมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ดังนี้

- เนื้อส่วนหัวของหมึกสายจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ไม่เกินค่ามาตรฐานที่แต่ละประเทศกำหนด
- เนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ที่มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม 2.933 ± 0.253 ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าค่ามาตรฐานของ codex ประเทศไทย และสหภาพยุโรป แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของสาธารณรัฐเกาหลี
- หนังของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ที่มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม 1.780 ± 0.285 ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานของ codex ประเทศไทย และสาธารณรัฐเกาหลี

ตารางที่ 10 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกสาย

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวน ตัวอย่าง (N)	การปนเปื้อนโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
			แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	28	0.497±0.101	0.003±0.002	0.028±0.004
	เนื้อส่วนลำตัว	28	2.933±0.253	0.017±0.007	0.038±0.005
	หนัง	28	1.780±0.285	0.023±0.005	0.014±0.003
	ถุงหมึก	28	60.077±7.412	0.440±0.104	0.148±0.016
	อวัยวะภายใน	28	8.930±1.647	0.077±0.012	0.069±0.007
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	27	0.125±0.027	0.009±0.004	0.009±0.006
	เนื้อส่วนลำตัว	27	0.909±0.159	0.013±0.005	0.014±0.007
	หนัง	27	0.500±0.078	0.037±0.007	0.016±0.013
	ถุงหมึก	27	28.206±3.939	0.294±0.050	0.031±0.007
	อวัยวะภายใน	26	4.363±0.699	0.084±0.023	0.017±0.006

- ถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมเท่ากับ 60.077±7.412 และ 8.930±1.647 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และฝั่งอันดามัน มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมเท่ากับ 28.206±3.939 และ 4.363±0.699 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของสาธารณสุขเกาหลี

สำหรับการปนเปื้อนของตะกั่วและปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกสาย จากแหล่งประมงทั้งสองแหล่ง พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด

ผลการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานของรุ่งนภา และคณะ (2564) ที่ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมของหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ในส่วนหัว ลำตัว และถุงหมึก พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.366 1.132 และ 32.814 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนแคดเมียมของหมึกสายในส่วนลำตัวสูงกว่าค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป และการปนเปื้อนในส่วนถุงหมึกสูงกว่าค่ามาตรฐานของสาธารณสุขเกาหลี ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ อัญชิรา และคณะ (2566) ที่ได้เปรียบเทียบการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ของหมึกสายที่จับจากอ่าวไทยตะวันออก ในส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน พบว่ามีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานของสาธารณสุขเกาหลีกำหนด

3.4 หมึกหอม

ผลการเปรียบเทียบการปนเปื้อนโลหะหนักเฉลี่ยในส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอม จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน (ตารางที่ 11) กับค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด (ตารางที่ 7) พบว่า หมึกหอมจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และหนัง ไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด สอดคล้องกับการศึกษาของอัญชิรา และคณะ (2566) ที่ได้เปรียบเทียบการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ของหมึกหอมที่จับจากอ่าวไทยตะวันออก พบว่า การปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และหนังไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด

งานวิจัยฉบับนี้ให้ความสนใจในการศึกษาส่วนของเครื่องใน คือถุงหมึก และอวัยวะภายใน เนื่องจากในปัจจุบันยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มที่นิยมบริโภคอาหารที่นำส่วนของถุงหมึกมาเป็นส่วนผสมในอาหาร (ธงชัย, 2557 และ Derby, 2014) เช่น พาสต้า ข้าวรีซอตโต และขนมปังสีดำ หรือผู้บริโภคที่นิยมบริโภคหมึกทั้งตัว เช่น หมึกทอด หมึกทั้งตัวต้มหวาน จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการสะสมโลหะหนัก และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน ของหมึกทั้ง 4 กลุ่ม มีการปนเปื้อนแคดเมียมเฉลี่ยสูงกว่าเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และหนัง สอดคล้องกับการศึกษาของ Nho *et al.* (2016) ที่ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในหมึก 6 ชนิด ที่ซื้อจากซูเปอร์มาร์เกตในสาธารณรัฐเกาหลี พบว่า การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่อมน้ำย่อย (Digestive gland) สูงกว่าส่วนเนื้อ โดย Bustamante *et al.* (2002) ให้เหตุผลว่า ต่อมน้ำย่อยมีกระบวนการกำจัดสารพิษ และมีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมได้สูงมาก สำหรับถุงหมึกมีกระบวนการทำงานของเอนไซม์ในการสังเคราะห์เมลานิลซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำหมึก (Charles, 2014) ดังนั้นกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของถุงหมึก และนิยมบริโภคหมึกทั้งตัว จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการสะสมแคดเมียม และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคพิษจากแคดเมียม ที่เรียกว่า โรคอิตา-อิตา ได้ ดังนั้น เพื่อลดความเสี่ยงในการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่เป็นอันตราย จึงควรนำถุงหมึก และอวัยวะภายในออกก่อนแปรรูป หรือบริโภค

ตารางที่ 11 การปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอม

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	จำนวนตัวอย่าง (N)	การปนเปื้อนโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
			แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	11	0.300±0.158	0.007±0.007	0.068±0.021
	เนื้อส่วนลำตัว	11	0.091±0.018	0.006±0.006	0.089±0.026
	หนัง	11	0.301±0.074	0.032±0.019	0.055±0.018
	ถุงหมึก	11	1.167±0.666	0.022±0.009	0.108±0.052
	อวัยวะภายใน	11	4.732±2.881	0.198±0.134	0.144±0.040
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	31	0.138±0.050	0.004±0.003	0.003±0.001
	เนื้อส่วนลำตัว	31	0.074±0.032	0.001±0.001	0.003±0.001
	หนัง	31	0.113±0.012	0.018±0.005	0.002±0.001
	ถุงหมึก	31	0.257±0.041	0.026±0.010	0.005±0.002
	อวัยวะภายใน	31	1.180±0.286	0.012±0.005	0.010±0.003

4. การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึก

การประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึก โดยการศึกษาครั้งนี้ สามารถประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยได้เฉพาะแคดเมียม และปรอท เท่านั้น ไม่สามารถประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยในการได้รับตะกั่วได้ เนื่องจาก World Health Organization (2011a) ได้ยกเลิก ค่าความปลอดภัยของตะกั่วที่เดิมกำหนดคือ PTWI = 25.000 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัวเฉลี่ย/สัปดาห์ ทำให้ไม่สามารถคำนวณหาความปลอดภัยได้ ทั้งนี้ World Health Organization (2011a) ให้เหตุผลว่า หากได้รับสัมผัสตะกั่ว 0.600 ไมโครกรัม/กิโลกรัม/วัน ทำให้สูญเสียไอคิวลดลง 1 จุด ในเด็ก และเมื่อได้รับสัมผัสตะกั่ว 1.200 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัวเฉลี่ย/วัน ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น 1.000 มิลลิเมตรปรอท ในผู้ใหญ่ ซึ่ง

ถือว่าทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพประชากร ทั้งนี้การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึกที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จากค่าสัดส่วนความเสี่ยง (HQ) และประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนัก จากค่า WDI (Weekly Dietary Intake) ซึ่งหมายถึงปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายมนุษย์ได้รับโดยการบริโภคอาหารในเวลา 1 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักที่ร่างกายได้รับต่อสัปดาห์โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย (PTWI) โดยค่า PTWI ของแคดเมียมและปรอทของคนไทย เท่ากับ 323.440 และ 221.800 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ โดยคิดจากน้ำหนักเฉลี่ยต่อคนเท่ากับ 55.450 กิโลกรัม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ส่วนการพิจารณาปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัยจากแคดเมียม และปรอท การศึกษาครั้งนี้จะพิจารณาจากแคดเมียม เนื่องจากผู้บริโภคสามารถบริโภคได้ปลอดภัยในปริมาณที่น้อยกว่าปรอท

4.1 หมึกกล้วย

ผลการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึกกล้วยที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท แสดงดังตารางที่ 12 พบว่า การปนเปื้อนแคดเมียม และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วยจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามันเป็นระยะเวลานาน มีค่าความเสี่ยง (HQ) น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท ที่ได้รับผ่านการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกเป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ตารางที่ 12 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกกล้วย

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	โลหะหนัก (ไมโครกรัม/กรัม)		ค่า WDI (ไมโครกรัม/ คน/สัปดาห์)		ค่าความเสี่ยง HQ		ปริมาณหมึกสูงสุด ที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน)	
		แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	0.558	0.012	152.334	3.276	0.125	0.027	82.806	2,640.480
	เนื้อส่วนลำตัว	0.178	0.009	48.594	2.457	0.040	0.020	259.583	3,520.640
	หนัง	0.485	0.023	132.405	6.279	0.109	0.052	95.270	1,377.640
	ถุงหมึก	3.438	0.034	938.574	9.282	0.773	0.076	13.440	931.933
	อวัยวะภายใน	3.051	0.009	832.923	2.457	0.686	0.020	15.144	3,520.640
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	0.490	0.001	133.770	0.273	0.110	0.002	94.297	31,685.710
	เนื้อส่วนลำตัว	0.131	0.001	35.763	0.273	0.029	0.002	352.715	31,685.710
	หนัง	0.348	0.002	95.004	0.546	0.078	0.004	132.775	15,842.860
	ถุงหมึก	3.757	0.009	1,025.661	2.457	0.845	0.020	12.299	3,520.640
	อวัยวะภายใน	3.075	0.001	839.475	0.273	0.691	0.002	15.026	31,685.710

หมายเหตุ ค่า PTWI แคดเมียมเท่ากับ 323.440 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ปรอทเท่ากับ 221.800 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

ผลการประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับแคดเมียมและปรอทเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคหมึกกล้วยติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า

- ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และหนัง ของหมึกกล้วยจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่าต่ำกว่าค่า PTWI ของแคดเมียม แสดงให้เห็นว่า

การบริโภคส่วนดังกล่าวติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ยังคงความปลอดภัย ส่วนค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนถั่วหมัก และอวัยวะภายใน ของหมักกล้วยจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน จะมีค่าสูงกว่าค่า PTWI ของแคดเมียม แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนถั่วหมัก และอวัยวะภายใน ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ไม่ปลอดภัย

- ค่า WDI ของปรอทที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมักกล้วยจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่าต่ำกว่าค่า PTWI ของปรอท แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมักติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมปรอทในร่างกายในระดับที่ยังคงความปลอดภัย

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อัญชิรา และคณะ (2566) ที่ศึกษาความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับแคดเมียม และปรอท จากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมักกล้วยจากบริเวณอ่าวไทยตะวันออก พบว่ามีค่า HQ น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท ที่ได้รับเป็นระยะเวลานานผ่านทางการบริโภค ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ สำหรับค่า WDI ของแคดเมียม และปรอทส่วนใหญ่ต่ำกว่าค่า PTWI ยกเว้น ส่วนถั่วหมัก และอวัยวะภายใน

ปริมาณหมักกล้วยสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน) จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน คือ เนื้อส่วนลำตัว รองลงมาคือ หนั้ เนื้อส่วนหัว อวัยวะภายใน และถั่วหมัก ตามลำดับ

4.2 หมักกระดอง

ผลการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคหมักกระดองที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท แสดงดังตารางที่ 13 ดังนี้

ตารางที่ 13 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมักกระดอง

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมัก	โลหะหนัก		ค่า WDI		ค่าความเสี่ยง HQ		ปริมาณหมักสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย	
		(ไมโครกรัม/กรัม)		(ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์)				(กรัม/วัน)	
		แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	2.489	0.035	679.497	9.555	0.560	0.079	18.564	905.306
	เนื้อส่วนลำตัว	0.791	0.037	215.943	10.101	0.178	0.083	58.414	856.371
	หนั้	0.907	0.020	247.611	5.460	0.204	0.045	50.943	1,584.290
	ถั่วหมัก	5.699	0.030	1,555.827	8.190	1.281	0.067	8.108	1,056.190
	อวัยวะภายใน	18.533	0.082	5,059.509	22.386	4.166	0.184	2.493	386.411
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	0.929	0.008	253.617	2.184	0.209	0.018	49.737	3,960.710
	เนื้อส่วนลำตัว	0.219	0.007	59.787	1.911	0.049	0.016	210.985	4,526.530
	หนั้	0.317	0.004	86.541	1.092	0.071	0.009	145.759	7,921.430
	ถั่วหมัก	3.123	0.008	852.579	2.184	0.702	0.018	14.795	3,960.710
	อวัยวะภายใน	18.764	0.026	5,122.572	7.098	4.218	0.058	2.462	1,218.680

หมายเหตุ ค่า PTWI แคดเมียมเท่ากับ 323.440 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ปรอทเท่ากับ 221.800 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

- การปนเปื้อนแคดเมียม ในส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกกระดองจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีค่า HQ เท่ากับ 1.281 และ 4.166 ตามลำดับ และในส่วนอวัยวะภายในของหมึกกระดองจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน มีค่าเท่ากับ 4.218 โดยมีค่า HQ สูงกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนแคดเมียม ที่ได้รับผ่านการบริโภคในส่วนดังกล่าวของหมึกเป็นระยะเวลานาน มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

- การปนเปื้อนปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดองจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่า HQ น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนปรอท ที่ได้รับผ่านการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกเป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ผลการประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับแคดเมียมและปรอทเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคหมึกกระดองติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า

- ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคเนื้อส่วนหัว ถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกกระดอง จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีค่าเท่ากับ 679.497, 1,555.827 และ 5,059.509 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ตามลำดับ ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายใน ของหมึกกระดองจากฝั่งอันดามัน มีค่าเท่ากับ 852.579 และ 5,122.572 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า PTWI ของแคดเมียม แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนดังกล่าวของหมึกกระดองติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ไม่ปลอดภัย

- ค่า WDI ของปรอทที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดอง จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่าต่ำกว่าค่า PTWI ของปรอท แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกกระดองติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมปรอทในร่างกายในระดับที่ยังคงความปลอดภัย

ปริมาณหมึกกระดองสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน) จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน คือ เนื้อส่วนลำตัว รองลงมาคือ หน้ เนื้อส่วนหัว ถุงหมึก และอวัยวะภายใน ตามลำดับ

4.3 หมึกสาย

ผลการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึกสายที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท แสดงดังตารางที่ 14 ดังนี้

- การปนเปื้อนแคดเมียม ในส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ที่มีค่า HQ เท่ากับ 13.506 และ 2.008 ตามลำดับ และในส่วนถุงหมึกของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน มีค่า HQ เท่ากับ 6.341 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนแคดเมียม ที่ได้รับผ่านการบริโภคในส่วนดังกล่าวเป็นระยะเวลานาน มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

- การปนเปื้อนปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกสายจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่า HQ น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนปรอท ที่ได้รับผ่านการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกเป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ผลการประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับแคดเมียมและปรอทเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคหมึกสายติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า

- ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคเนื้อส่วนลำตัว หน้ ถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีค่าเท่ากับ 800.709, 485.940, 16,401.021 และ 2,437.890 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ตามลำดับ ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึกสายจากฝั่งอันดามัน มีค่าเท่ากับ 7,700.238 และ 1,191.099 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า PTWI ของแคดเมียม แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนดังกล่าวของหมึกสายติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ไม่ปลอดภัย

ตารางที่ 14 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคหมึกสาย

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	โลหะหนัก (ไมโครกรัม/กรัม)		ค่า WDI (ไมโครกรัม/ คน/สัปดาห์)		ค่าความเสี่ยง HQ		ปริมาณหมึกสูงสุด ที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน)	
		แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	0.497	0.028	135.681	7.644	0.112	0.063	92.969	1,131.633
	เนื้อส่วนลำตัว	2.933	0.038	800.709	10.374	0.659	0.085	15.754	833.835
	หนัง	1.780	0.014	485.940	3.822	0.400	0.031	25.958	2,263.265
	ถุงหมึก	60.077	0.148	16,401.021	40.404	13.506	0.333	0.769	214.093
	อวัยวะภายใน	8.930	0.069	2,437.890	18.837	2.008	0.155	5.174	459.213
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	0.125	0.009	34.125	2.457	0.028	0.020	369.646	3,520.635
	เนื้อส่วนลำตัว	0.909	0.014	248.157	3.822	0.204	0.031	50.831	2,263.265
	หนัง	0.500	0.016	136.500	4.368	0.112	0.036	92.411	1,980.357
	ถุงหมึก	28.206	0.031	7,700.238	8.463	6.341	0.070	1.638	1,022.120
	อวัยวะภายใน	4.363	0.017	1,191.099	4.641	0.981	0.038	10.590	1,863.866

หมายเหตุ ค่า PTWI แคดเมียมเท่ากับ 323.440 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ปรอทเท่ากับ 221.800 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

- ค่า WDI ของปรอทที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกสายจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีค่าต่ำกว่าค่า PTWI ของปรอท แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกสายติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมปรอทในร่างกายในระดับที่ยังคงความปลอดภัย

การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของรุ่งนภา และคณะ (2564) ที่ศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพและความปลอดภัยในการได้รับแคดเมียม จากการบริโภคหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง โดยศึกษาเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และถุงหมึก พบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมที่ได้รับผ่านการบริโภคถุงหมึกมีค่า HQ เท่ากับ 7.377 ซึ่งมีความเสี่ยงต่อสุขภาพ และมีค่า WDI ของแคดเมียมเท่ากับ 8,958.220 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า PTWI แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนถุงหมึกของหมึกสายติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ไม่ปลอดภัย

ปริมาณหมึกสายสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน) จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน คือ เนื้อส่วนหัว รองลงมาคือ หนัง เนื้อส่วนลำตัว อวัยวะภายใน และถุงหมึก ตามลำดับ

4.4 หมึกหอม

ผลการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึกหอมที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม และปรอท แสดงดังตารางที่ 15 ดังนี้

- การปนเปื้อนแคดเมียม ในส่วนอวัยวะภายในของหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีค่า HQ เท่ากับ 1.064 โดยมีค่าสูงกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนแคดเมียม ที่ได้รับผ่านการบริโภคในส่วนอวัยวะภายในเป็นระยะเวลานาน มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ตารางที่ 15 ความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักในการบริโภคหมึกหอม

แหล่งประมง	ส่วนต่าง ๆ ของหมึก	โลหะหนัก (ไมโครกรัม/กรัม)		ค่า WDI (ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์)		ค่าความเสี่ยง HQ		ปริมาณหมึกสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน)	
		แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท	แคดเมียม	ปรอท
อ่าวไทย	เนื้อส่วนหัว	0.300	0.068	81.900	18.564	0.067	0.153	154.019	465.966
	เนื้อส่วนลำตัว	0.091	0.089	24.843	24.297	0.020	0.200	507.755	356.019
	หนัง	0.301	0.055	82.173	15.015	0.068	0.124	153.507	576.104
	ถุงหมึก	1.167	0.108	318.591	29.484	0.262	0.243	39.594	293.386
	อวัยวะภายใน	4.732	0.144	1,291.836	39.312	1.064	0.324	9.765	220.040
อันดามัน	เนื้อส่วนหัว	0.138	0.003	37.674	0.819	0.031	0.007	334.824	10,561.905
	เนื้อส่วนลำตัว	0.074	0.003	20.202	0.819	0.017	0.007	624.402	10,561.905
	หนัง	0.113	0.002	30.849	0.546	0.025	0.004	408.900	15,842.857
	ถุงหมึก	0.257	0.005	70.161	1.365	0.058	0.011	179.789	6,337.143
	อวัยวะภายใน	1.180	0.010	322.140	2.730	0.265	0.022	39.157	3,168.571

หมายเหตุ ค่า PTWI แคดเมียมเท่ากับ 323.440 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ปรอทเท่ากับ 221.800 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์

- การปนเปื้อนปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามันมีค่า HQ น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงการปนเปื้อนปรอท ที่ได้รับผ่านการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกเป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ผลการประเมินความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับแคดเมียม และปรอทเข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคหมึกหอมติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า

- ค่า WDI ของแคดเมียมที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภคส่วนอวัยวะภายในของหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย มีค่าเท่ากับ 1,291.836 ไมโครกรัม/คน/สัปดาห์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า PTWI ของแคดเมียม แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนอวัยวะภายในของหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมแคดเมียมในร่างกายในระดับที่ไม่ปลอดภัย

- ค่า WDI ของปรอทที่เข้าสู่ร่างกายจากการบริโภค ส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอมจากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ต่ำกว่าค่า PTWI ของปรอท แสดงให้เห็นว่าการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกหอมติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีการสะสมปรอทในร่างกายในระดับที่ยังคงความปลอดภัย

ปริมาณหมึกหอมสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน) จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย คือ เนื้อส่วนลำตัว รองลงมาคือ เนื้อส่วนหัว หนัง ถุงหมึก และอวัยวะภายใน ตามลำดับ ส่วนปริมาณหมึกหอมสูงสุดที่บริโภคได้ปลอดภัย (กรัม/วัน) จากแหล่งประมงฝั่งอันดามัน คือ เนื้อส่วนลำตัว รองลงมาคือ หนัง เนื้อส่วนหัว ถุงหมึก และอวัยวะภายใน ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้ งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึก 4 กลุ่ม คือ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ซึ่งเก็บตัวอย่างจากสะพานปลา หรือท่าเทียบเรือประมง ในจังหวัดสงขลา และจังหวัดสตูล ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 พบว่า

1. การปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้ งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึก จากแหล่งประมงทั้งจากฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหมึกทั้ง 4 กลุ่ม โดยหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีการปนเปื้อนแคดเมียมในส่วนต่าง ๆ สูงกว่าหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอันดามันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนการปนเปื้อนตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัว หน้ งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึกจากฝั่งอ่าวไทย การปนเปื้อนในงูหมึก และอวัยวะภายในของหมึกจากฝั่งอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหมึกทั้ง 4 กลุ่ม โดยการปนเปื้อนตะกั่วในส่วนต่าง ๆ ของหมึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน สำหรับการปนเปื้อนปรอทในเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หน้ งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึกจากฝั่งอ่าวไทย การปนเปื้อนในเนื้อส่วนลำตัว งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึกจากฝั่งอันดามัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างหมึกทั้ง 4 กลุ่ม โดยหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยมีการปนเปื้อนปรอทในส่วนต่าง ๆ สูงกว่าหมึกที่จับจากแหล่งประมงฝั่งอันดามันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างการปนเปื้อนแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน กับขนาดของหมึก พบว่ามีความสัมพันธ์ในระดับน้อย - น้อยมาก

3. ผลการเปรียบเทียบการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และอันดามัน กับค่ามาตรฐานของ Codex ประเทศไทย สหภาพยุโรป ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี และแคนาดา พบว่ามีการปนเปื้อนเฉลี่ยของตะกั่ว และปรอท ในหมึกทั้ง 4 กลุ่ม ไม่เกินค่ามาตรฐานของแต่ละประเทศกำหนด เช่นเดียวกับการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียม ในหมึกกล้วย และหมึกหอม ส่วนการปนเปื้อนเฉลี่ยของแคดเมียมในหมึกที่มีค่าเกินค่ามาตรฐาน คือ หมึกกระดองจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ในส่วนหัวที่มีค่าเฉลี่ยเกินค่ามาตรฐานของทุกประเทศ หมึกสายจากแหล่งประมงทั้งสองฝั่ง ในส่วนงูหมึก และอวัยวะภายใน มีการปนเปื้อนของแคดเมียมเกินค่ามาตรฐานของสาธารณรัฐเกาหลี หมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ในเนื้อส่วนลำตัวมีค่าเกินค่ามาตรฐานของ codex ประเทศไทย และสหภาพยุโรป และหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย ในส่วนหน้มีค่าเกินค่ามาตรฐานของสหภาพยุโรป

4. ผลการประเมินความเสี่ยงและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการได้รับปรอท และแคดเมียม จากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน พบว่าการได้รับปรอท จากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึก เป็นระยะเวลานาน ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ และเมื่อบริโภคติดต่อกันเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ ยังคงมีความปลอดภัยต่อสุขภาพ สำหรับการได้รับแคดเมียม จากการบริโภคส่วนต่าง ๆ ของหมึก พบว่าหากบริโภคส่วนงูหมึก และอวัยวะภายใน จะมีความเสี่ยงและไม่มีความปลอดภัยต่อสุขภาพ จึงควรหลีกเลี่ยงบริโภคหมึกในส่วนงูหมึก และอวัยวะภายใน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนัก และความเสี่ยงต่อสุขภาพ เฉพาะหมึกที่จับภายในประเทศ ดังนั้นจึงควรศึกษาเพิ่มเติมในหมึกที่นำเข้ามาในประเทศ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิชาการของกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงที่ให้คำปรึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขงานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสงขลา และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลสตูล ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสงขลา ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2564. คู่มือการเฝ้าระวัง ป้องกัน โรคพิษตะกั่วในเด็ก. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์อักษรกราฟิกแอนดดีไซน์, กรุงเทพฯ. 166 หน้า.
- กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. 2565. คู่มือการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคพิษสารปรอท. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์อักษรกราฟิกแอนดดีไซน์, กรุงเทพฯ. 166 หน้า.
- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2565. สินค้าหมึกและหมึกแปรรูป. แหล่งที่มา: <https://www.dtn.go.th/th/file/get/file/1.20220901a7d734787e2ca0d0b84a5b5fb4956ab1170415.pdf>. 22 มกราคม 2566.
- ฐิติมา เอียดแก้ว. 2565. สถานการณ์สินค้าหมึกและผลิตภัณฑ์ของไทย ในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2565. แหล่งที่มา: <https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pages/Cuttlefish.html>. 22 มกราคม 2566.
- ทัศนีย์ ดิษฐกมล. 2533. การศึกษาปริมาณแคดเมียมในหมึกแช่แข็งส่งออก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 80 หน้า.
- ธงชัย พุฒทองศิริ. 2557. การผลิตหมึกดำผงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหาร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 87 หน้า.
- บุญใจ ศรีสถิตนรากร. 2550. ระเบียบวิธีการวิจัย: แนวทางปฏิบัติสู่ความสำเร็จ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ยูแอนด์ไอ อินเตอร์มีเดีย 2550. กรุงเทพฯ . 584 หน้า.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา. 2563. เล่มที่ 137. ตอนพิเศษ 118 ง, หน้า 17-18.
- พลทรัพย์ วิรุฬหกุล. 2557. โลหะหนัก: สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ของไทย. แหล่งที่มา: <http://slbkb.psu.ac.th/jspui/handle/2558/2404>. 20 มกราคม 2566.
- รัชดา อิทธิพงษ์ และ วลัย คล้ายยา. 2557. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2557. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 38 หน้า.

- รุ่งนภา หนูกล้า, ธิติรัตน์ คงชัย และ อรุมา มะหมัด. 2564. ระดับแคดเมียมในหมึกสายบริเวณอ่าวไทย ตอนล่าง ปี 2560. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2564. กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.
- สมชาย วิบุญพันธ์, ไพรัช เกชาลีย์, ชุมโชค สิงห์ราชชัย, รัตนา มั่นประสิทธิ์ และ ทศพล กระจำจาดารา. 2551. ปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลจากเรือประมงอวนลากและอวนล้อมจับบริเวณน่านน้ำไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 62 หน้า.
- สันติสุข ไทยपाल. 2566. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่าง ๆ ของหมึก และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 6/2566. กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 39 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. สำนักกำหนดมาตรฐาน, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 355 หน้า.
- อรดี แจ่มอุลิตร์ตัน. 2547. วิเคราะห์ปรอทและแคดเมียมในดินตะกอนจากอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 95 หน้า.
- อัญชิรา มะณีนวงศ์, สุรินทร์พร ยิ้มกัน และ พันธุ์สุภา เดชารักษ์. 2566. การปนเปื้อนปริมาณโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของหมึกบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2566. กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 30 หน้า.
- Ahmad, N. I., M. F. M. Noh, W. R. W. Mahiyuddin, H. Jaafar, I. Ishak, W. N. F. W. Azmi, Y. Veloo and F. A. Mokhtar. 2015. The Mercury Levels in Crustaceans and Cephalopods from Peninsular Malaysia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 (17): 12960-12974.
- Association of Official Analytical Chemists. 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International 21st ed. AOAC International, USA.
- Best, J. W., and J.V. Kahn. 1995. Research in Education. 8th ed. Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi. 435 pp.
- Bustamante P, R.P. Cosson, I. Gallien, F. Caurant and P. Miramand. 2002. Cadmium Detoxification Processes in the Digestive Gland of Cephalopods in Relation to Accumulated Cadmium Concentrations. *Mar. Environ. Res.* 53 (3): 227-241.
- Charles, D. 2014. Cephalopod Ink: Production, Chemistry, Functions and Applications. *Mar. Drugs.* 12 (5): 2700-2730.
- Codex Alimentarius International Food Standard. 2019. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CXS 193-1995). Available source: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf. January 20, 2022.
- Conficoni, D., L. Alberghini, E. Bissacco, B. Contiero and V. Giaccone. 2018. A Limited Survey of Heavy Metal Concentrations in Fresh and Frozen Cuttlefish Ink and Mantle Used as Food. *J. Food Prot.* 81 (2): 290-294.

- Derby, C. D. 2014. Cephalopod Ink: Production, Chemistry, Functions and Applications. *Mar. Drugs*. 12 (5): 2700–2730.
- European Union. 2023. Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on Maximum Levels for Certain Contaminants in Food and Repealing Regulation (EC) No 1881/2006. April 25, 2023.
- Farraj, S. A., A. H. El-Gendy, H. Alyahya and M. El-Hedeny. 2011. Heavy Metals Accumulation in the Mantle of the Common Cuttlefish (*Sepia pharaonis*) from the Arabian Gulf. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 5 (6): 897-905.
- Government of Canada. 2022. Health Canada's Maximum Levels for Chemical Contaminants in Foods. Available source: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-safety/chemical-contaminants/maximum-levels-chemical-contaminants-foods.html#a5>. January 24, 2022.
- Jamil, T., K. Lias, D. Norsila and N. S. Syafinaz. 2014. Assessment of Heavy Metal Contamination in Squid (*Loligo* spp.) Tissues of Kedah-Perlis Waters, Malaysia. *Malays. J. Anal. Sci.* 18 (1): 195-203.
- Japan External Trade Organization. 2011. Specifications and Standards for Foods, Food Additives, etc. Under the Food Sanitation Act (Abstract) 2010. April, 2011.
- Jereb, P. and C.F.E. Roper (eds.). 2005. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date. Volume 1. Chambered Nautilus and Sepioids (Nautilidae, Sepiidae, Sepiolidae, Sepiadariidae, Idiosepiidae and Spirulidae). Rome, FAO. 262 pp.
- Jereb, P. and C.F.E. Roper (eds.). 2010. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date. Volume 2. Myopsid and Oegopsid Squids. Rome, FAO. 605 pp.
- Jereb, P., C.F.E. Roper, M.D. Norman and J.K. Finn (eds.). 2016. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Cephalopod Species Known to Date. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. Rome, FAO. 370 pp.
- Kojadinovica, J., C.H. Jackson, Y. Cherel, G.D. Jackson and P. Bustamante. 2011. Multi-Elemental Concentrations in the Tissues of the Oceanic Squid *Todaro desfilippovae* from Tasmania and the Southern Indian Ocean. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 74 (5): 1238–1249.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2021. Food Code (No.2021-54). June 29, 2021.
- Nho, E. Y., N. Khan, J. Y. Choi, J. S. Kim, K. S. Park and K. S. Kim. 2016. Determination of Toxic Metals in Cephalopods from South Korea. *Anal. Lett.* 49 (10): 1578-1588.
- Piercea, G.J., G. Stowasser, L.C. Hastie and P. Bustamante. 2008. Geographic, Seasonal and Ontogenetic Variation in Cadmium and Mercury Concentrations in Squid (Cephalopoda: Teuthoidea) from UK waters. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 70 (3): 422-432.
- Rekha, R. and B. G. Rao. 2018. Bioaccumulation of Heavy Metals in Cuttlefish (*Sepiella inermis*) from Visakhapatnam Coastal Waters. *Int. j. sci. res.* 7 (10): 687-693.

- Roomiani L., Sh. Jamili, S. Askary and S. Ahmadi. 2018. The relationships between heavy metals (As, Cd, Cu, Zn, Pb, Hg, Ni) levels and the size of pharaoh cuttlefish (*Sepia pharaonis*) from Persian Gulf. *Iran. J. Fish. Sci.* 17(2): 267-287.
- United States Environmental Protection Agency. 1985. Cadmium; CASRN 7440-43-9. Integrated Risk Information System (IRIS) Chemical Assessment Summary. Available source: https://iris.epa.gov/static/pdfs/0141_summary.pdf. January 20, 2022.
- United States Environmental Protection Agency. 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A). Available source: <https://www.epa.gov/risk/risk-assessment-guidance-superfund-rags-part>. January 20, 2022.
- United States Environmental Protection Agency. 1990. Exposure Factors Handbook. Office of Health and Environmental Assessment. Available source: https://rais.ornl.gov/documents/EFH_1989_EPA600889043.pdf. January 20, 2022.
- United States Environmental Protection Agency. 2001. Methylmercury (MeHg); CASRN 22967-92-6. A Message from the IRIS Program IRIS Program Outlook October 2022. Available source: https://iris.epa.gov/static/pdfs/0073_summary.pdf. January 20, 2022.
- Velusamy, A., P. S. Kumar, A. Ram and S. Chinnadurai. 2014. Bioaccumulation of Heavy Metals in Commercially Important Marine Fishes from Mumbai Harbor, India. *Mar. Pollut. Bull.* 81 (1): 218–224.
- World Health Organization. 2011a. Lead. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Available source: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/3511>. January 20, 2022.
- World Health Organization. 2011b. Mercury. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Available source: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/1806>. January 20, 2022.
- World Health Organization. 2019. Exposure to lead: a major public health concern. Preventing disease through healthy environments. World Health Organization. Available source: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/329953>
- World Health Organization. 2021. Cadmium. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Available source: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/1376>. January 20, 2022.