

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๖/๒๕๖๖



Technical Paper No. 6/2023

การสะสมของแคดเมียม ตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึก และการประเมิน
ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

Accumulation of Cadmium, Lead and Mercury in Various Parts of
Cephalopod and Health Risk Assessment via Consumption of Cephalopod

สันติสุข ไทยपाल

Santisuk Thaipal

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๖/๒๕๖๖



Technical Paper No. 6/2023

การสะสมของแคดเมียม ตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึก และการประเมิน
ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

Accumulation of Cadmium, Lead and Mercury in Various Parts of
Cephalopod and Health Risk Assessment via Consumption of Cephalopod

สันติสุข ไทยपाल

Santisuk Thaipal

ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
สุราษฎร์ธานี
กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
กรมประมง
๒๕๖๖

Suratthani Fish Inspection and
Research Center
Fish Inspection and Quality Control Division
Department of Fisheries
2023

รหัสทะเบียนวิจัยเลขที่ 66-3-2-0807-66038

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	7
สรุปผลการศึกษา	30
คำขอขอบคุณ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	35

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	8
2	การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	8
3	การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	8
4	ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน	17
5	ความแตกต่างของการสะสมของตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน	17
6	ความแตกต่างของการสะสมของปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน	18
7	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกกล้วย	28
8	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกกระดอง	29
9	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกสาย	29
10	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกหอม	30

ตารางผนวกที่

1	การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	35
2	การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	35
3	การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	36
4	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย ในแต่ละเดือน	36
5	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดอง ในแต่ละเดือน	37
6	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสาย ในแต่ละเดือน	37
7	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอม ในแต่ละเดือน	38
8	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย	38
9	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง	38
10	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย	39
11	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม	39
12	การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	9
2	การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	10
3	การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม	11
4	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกล้วยและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัว	12
5	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกระดองและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัว	13
6	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกสายและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทใน เนื้อส่วนลำตัว	14
7	ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกหอมและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทใน เนื้อส่วนลำตัว	15
8	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยในแต่ละเดือน	19
9	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองในแต่ละเดือน	20
10	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายในแต่ละเดือน	21
11	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอมในแต่ละเดือน	21
12	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย	23
13	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง	24
14	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย	26
15	การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม	27

การสะสมของแคดเมียม ตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึก และการประเมิน ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

สันติสุข ไทยपाल*

ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อหมึกส่วนหัว เนื้อหมึกส่วนลำตัว หน้
งูหมึก และอวัยวะภายในของหมึก 4 ชนิด คือ หมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) หมึกกระดอง (*Sepia spp.*)
หมึกสาย (*Amphioctopus spp.*) และหมึกหอม (*Sepioteuthis lessoniana*) ซึ่งเก็บตัวอย่างจากแหล่งประมง
บริเวณชายฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 พบว่า แคดเมียม
มีการสะสมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายสูงกว่าหมึกกระดอง หมึกกล้วย และหมึกหอม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P = 0.000$) ในขณะที่ การสะสมของตะกั่วและปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกแต่ละชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึก ไม่มี
ความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท
ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม (ยกเว้นการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัว
ของหมึกสาย) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย
และฝั่งอันดามัน การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยและหมึกกระดองในแต่ละเดือน
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของ
หมึกสายและหมึกหอมในแต่ละเดือน รวมทั้งการสะสมของตะกั่วและปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย
หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมในแต่ละเดือน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)
การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม
(ยกเว้นการสะสมของตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
($P < 0.05$) การบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกมีความเสี่ยงในระดับต่ำต่อการได้รับตะกั่วและปรอท โดย RQ ของ
ตะกั่วและปรอทมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.377 และ 0.946 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่มีความเสี่ยงใน
ระดับสูงต่อการได้รับแคดเมียม โดย RQ ของแคดเมียมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.544 ไมโครกรัม/กิโลกรัม

คำสำคัญ: แคดเมียม, ตะกั่ว, ปรอท, หมึก, การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

Accumulation of Cadmium, Lead and Mercury in Various Parts of Cephalopod and Health Risk Assessment via Consumption of Cephalopod

Santisuk Thaipal*

Suratthani Fish Inspection and Research Center

Abstract

Four types of cephalopods including squid (*Photololigo* spp.), cuttlefish (*Sepia* spp.), octopus (*Amphioctopus* spp.) and soft cuttlefish (*Sepioteuthis lessoniana*) collected from fishery ground places in the Gulf of Thailand and the Andaman Sea from April 2021 to April 2022 were studied on cadmium, lead and mercury accumulation. The results showed that cadmium accumulation in mantle of octopus was significantly higher than in mantle of cuttlefish, squid and soft cuttlefish ($P = 0.000$), whereas lead and mercury accumulation in mantle of cephalopod were not statistically significant difference among types of them ($P > 0.05$). Cadmium, lead and mercury accumulation in mantle of various type of cephalopods were not significantly correlated with body size of them ($P > 0.05$). For the different fishery ground; cadmium, lead and mercury accumulation in mantle of squid, cuttlefish, octopus and soft cuttlefish were not statistically significant difference between the Gulf of Thailand and the Andaman Sea ($P > 0.05$) excluding lead accumulation in mantle of octopus. Cadmium accumulation in mantle of squid and cuttlefish showed statistically significant difference among months ($P < 0.05$), whereas cadmium accumulation in mantle of octopus and soft cuttlefish including lead and mercury accumulation in mantle of squid, cuttlefish, octopus and soft cuttlefish were not statistically significant difference ($P > 0.05$). The study of heavy metals accumulation in head, mantle, skin, ink sac and visceral mass of cephalopod showed that cadmium, lead and mercury accumulation in various parts of squid, cuttlefish, octopus and soft cuttlefish were statistically significant difference ($P < 0.05$) excluding lead and mercury accumulation in various part of soft cuttlefish. Results of the health risk assessment of consumption of cephalopod indicated that consumers posed no hazard from lead (maximum value of $RQ = 0.377 \mu\text{g/kg}$) and mercury (maximum value of $RQ = 0.946 \mu\text{g/kg}$), whereas consumers may pose a health risk from cadmium (maximum value of $RQ = 13.544 \mu\text{g/kg}$) in various part of cephalopod over the food safety limit.

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

*Corresponding author: 20/62, Moo 7, Tumbol Takham, Phunphin District, Suratthani Province 84130
Tel. 0 7731 0898, e-mail: santisuk.t@dof.mail.go.th

คำนำ

หมึกเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ทำรายได้เข้าประเทศไทยปีละหลายล้านบาท โดยในปี 2562, 2563 และ 2564 ไทยส่งออกหมึกปริมาณ 48,220.38, 49,716.09 และ 42,561.09 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,423.17, 10,121.17 และ 10,869.25 ล้านบาท ตามลำดับ (กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ, 2565) ตลาดส่งออกสินค้าหมึกและผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของไทย เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของมูลค่าการส่งออก พบว่า ในช่วง 9 เดือนแรกของปี 2564 ไทยส่งออกสินค้าหมึกและผลิตภัณฑ์ไปยังอิตาลีมากที่สุด มูลค่า 2,055.7 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 25.8 รองลงมา คือ ญี่ปุ่น 1,829 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 23.0 เกาหลีใต้ 1,401.1 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 17.6 สหรัฐอเมริกา 1,043.8 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 13.1 ออสเตรเลีย 272.8 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 3.4 และประเทศอื่นๆ อีก 1,361.5 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 17.1 ชนิดหมึกที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและนิคมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม (กลุ่มเศรษฐกิจการประมง, 2565) ส่วนต่างๆ ของหมึกที่นำมาบริโภค ได้แก่ ลำตัว หัว และหนวด (Panutrakul *et al.*, 2008) เนื่องจากหมึกเป็นอาหารทะเลที่อุดมไปด้วยโอเมก้า 3 ไขมันและคอเลสเตอรอลชนิดดี วิตามินอี โปรตีน และแร่ธาตุต่างๆ จึงเชื่อว่าการบริโภคหมึกอาจส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น เพิ่มไขมันดี ลดความดันโลหิต มีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของเด็ก ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาด้านสติปัญญา ช่วยเพิ่มสมาธิและความจำ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการทำงานของกระดูก ข้อ กล้ามเนื้อ ผิวหนัง และสร้างความแข็งแรงแก่ร่างกาย นอกจากนี้หมึกยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและมีสารยับยั้งเนื้องอกในร่างกายอีกด้วย (<https://www.pobpad.com>) นอกจากการบริโภคเนื้อส่วนหัว ลำตัว และหนวดแล้ว ประเทศในแถบยุโรป เช่น อิตาลี และสเปน นิยมนำดีหมึกมาเป็นส่วนประกอบของอาหารประเภทพาสต้า ข้าวรีซอตโต และขนมปังสีดำ และประเทศในแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น จีน ฮองกง และสิงคโปร์ มีการนำดีหมึกมาเป็นส่วนผสมในอาหารเช่นกัน (ธงชัย, 2557 และ Derby, 2014)

ถึงแม้ว่าหมึกจะอุดมสมบูรณ์ไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์และอาจส่งผลดีต่อสุขภาพในบางด้าน แต่อาจเกิดอาการแพ้หลังสัมผัสหรือบริโภคหมึก เช่น หิดหอบ เยื่อจมูกอักเสบ เยื่อตาอักเสบ และลมพิษ ดังนั้นผู้ป่วยภูมิแพ้หรือผู้ที่ไวต่อการแพ้ควรระมัดระวังเป็นพิเศษก่อนสัมผัสหรือบริโภคหมึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่แพ้อาหารทะเลมักมีแนวโน้มจะแพ้หมึกด้วยเช่นกัน (<https://www.pobpad.com>) นอกจากการเกิดอาการแพ้แล้ว การบริโภคหมึกอาจได้รับอันตรายจากโลหะหนักซึ่งเป็นสารปนเปื้อนจากอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ปศุสัตว์ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน สู่สิ่งแวดล้อมที่หมึกอาศัยและสะสมในหมึกผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (Velusamy *et al.*, 2014; https://www.siamhealth.net/public_html/environment/lead.htm) โลหะหนักที่พบปนเปื้อนในส่วนต่างๆ ของหมึกมีหลายชนิด (Farraj *et al.*, 2011; Rekha and Rao, 2018) แต่ชนิดที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานอาหารส่วนใหญ่จะมี 3 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (พูลทรัพย์, 2557) โดยอาการเป็นพิษของแคดเมียมจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับแคดเมียม ในปริมาณน้อยๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้เกิดผลเสียต่อการสร้างกระดูก โดยจะไปลดการสะสมของแคลเซียม ทำให้ประสิทธิภาพในการสร้างและซ่อมแซมกระดูกน้อยลง กระดูกจึงผุกร่อน เสี่ยงรูป และทำให้เจ็บปวดมาก หรือที่เรียกว่า โรคออสเทอโอมาเลีย (อรดี, 2547) ส่วนตะกั่ว เมื่อเข้าไปสะสมในร่างกายจะมีอาการ อ่อนเพลีย ปวดท้อง ท้องอืด เบื่ออาหาร ปวดกล้ามเนื้อ ปวดกระดูก และข้อ ความดันโลหิตสูง โลหิตจาง ความจำเสื่อม ภูมิคุ้มกันต่ำลง และยับยั้งเอ็นไซม์ในร่างกายที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง Heme อีกทั้งยังมีผลต่อดับ หัวใจ เส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโมโซม และก่อให้เกิดโรคมะเร็งและความพิการแต่กำเนิดอีกด้วย (กระทรวงสาธารณสุข, 2529) สำหรับปรอท เมื่อร่างกายได้รับปรอทในรูปของปรอทอินทรีย์และมีการสะสมเป็นระยะเวลานานจะทำให้เป็นอันตรายได้โดยมักมีอาการเบื่ออาหาร ไม้รับรู้กลิ่น คลื่นไส้อาเจียน เหนื่อยและปากอักเสบ แต่หากร่างกายได้รับในรูปของปรอทอินทรีย์หรือที่เรียกว่า เมทิลเมอร์คิวรี

(Methyl Mercury) จะมีความเป็นพิษรุนแรง มักมีอาการทางระบบประสาทเรื้อรัง เช่น นอนไม่หลับ ประสาทหลอน ชี้อายไม่กล้าสบตา กระสับกระส่าย หวาดกลัว ซึมเศร้า โกรธง่ายก้าวร้าว เบื่ออาหาร เสียการทรงตัว มีอาการชาตามปลายมือปลายเท้า การได้ยินเสื่อมลง หลงลืม นอกจากนี้ยังมีผลต่อทารกในครรภ์ โดยปรอทมีฤทธิ์ทำให้ทารกในครรภ์พิการได้ โรคที่เกิดจากปรอท เรียกว่า โรคมินามาตะ (นิฮิยา และวิบูลย์, 2543; มัทนา, 2545)

ดังนั้น เพื่อมิให้สินค้าที่ส่งออกถูกปฏิเสธการนำเข้า กรมประมงจึงได้กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบและเฝ้าระวังแคดเมียมในหมึกส่งออกไปยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปอย่างเข้มงวด โดยตรวจสอบปริมาณแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ทุกระยะตั้งแต่การหั่นและทุบก่อนการส่งออก และมีการตรวจติดตามการปนเปื้อนของแคดเมียมจากแหล่งวัตถุดิบทั้งในทะเลฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ด้วยเหตุผลที่หมึกเป็นสินค้าสัตว์น้ำส่งออกที่สำคัญและพบปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของโลหะหนักเกินมาตรฐานซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อการส่งออก จึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหมึก เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพของวัตถุดิบหมึก ที่จะใช้ในการผลิตของผู้ประกอบการ และตรวจสอบแนวโน้มการปนเปื้อนของโลหะหนักในหมึกบริเวณฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามันในพื้นที่จังหวัดชุมพร ระนอง และภูเก็ต อีกทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจของภาครัฐ ในการกำหนดนโยบายทางเศรษฐกิจกับประเทศคู่ค้าในอนาคต เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อหมึกส่วนหัว ลำตัว หน้ อวัยวะภายใน และถุงหมึก จากหมึก 4 ชนิด คือ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม จากแหล่งประมงบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกและปริมาณการสะสมของโลหะหนักในเนื้อส่วนลำตัว
3. ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

- 1.1 ถุงพลาสติก ป้ายซีบ่งตัวอย่าง กล่องโฟม น้ำแข็ง
- 1.2 มีดหรืออุปกรณ์ผ่าตัด
- 1.3 ตู้แช่แข็ง -18 องศาเซลเซียส
- 1.4 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 1.5 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 1.6 เครื่องปั่นผสมอาหาร (Blender)
- 1.7 เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์ (Deionized Water)
- 1.8 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)
- 1.9 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ Perkin Elmer Precisely รุ่น AAnalyst 600 สำหรับวิเคราะห์แคดเมียมและตะกั่ว
- 1.10 เครื่อง Mercury Analyzer ยี่ห้อ Perkin Elmer รุ่น FIMS 100 สำหรับวิเคราะห์ปรอท

- 1.11 วัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตวงและวัดปริมาตร เช่น Auto Pipette ขวดปรับปริมาตร ปิกเกอร์ ปิเปต กระบอกตวง ขวดพลาสติกฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร ชนิด Polypropylene ที่มีขีดบอก ปริมาตร และ Graphite Tube เป็นต้น
- 1.12 สารเคมี ได้แก่
 - 1.12.1 สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท
 - 1.12.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปรอท ได้แก่
 - 1) กรดไนตริกเข้มข้น 65% ชนิด AR Grade
 - 2) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 37% ชนิด AR Grade
 - 3) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 3% (V/V) (ใช้เป็น Carrier Solution)
 - 1.12.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์แคดเมียมและตะกั่ว ได้แก่
 - 1) กรดไนตริกเข้มข้น 65% ชนิด AR Grade
 - 2) สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 2% (V/V)

2. การเก็บตัวอย่าง เตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์โลหะหนัก

2.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างหมึก 4 ชนิด ได้แก่ หมึกกล้วย (*Photololigo spp.*) หมึกกระดอง (*Sepia spp.*) หมึกสาย (*Amphioctopus spp.*) และหมึกหอม (*Sepioteuthis lessoniana*) จากท่าเทียบเรือ/สะพานปลา ในพื้นที่ จังหวัดชุมพร ฝั่งอ่าวไทย และพื้นที่จังหวัดระนอง และภูเก็ต ฝั่งอันดามัน เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึง เดือนเมษายน 2565 ในแต่ละครั้งสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำหนักประมาณ 500–1,000 กรัมต่อตัวอย่าง ใส่ถุงพลาสติก ตัดป้ายชี้บ่งชนิดหมึก สถานที่ เครื่องมือประมง และวันที่เก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างบรรจุลงในกล่องโฟม รักษาสภาพตัวอย่างด้วยน้ำแข็ง เพื่อนำกลับไปที่ห้องปฏิบัติการด้วยการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี เพื่อบริการตรวจวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างหมึกที่แช่เยือกแข็งมาวางในถาด ที่ไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้หมึกคลายตัวจากการแช่แข็ง บันทึกข้อมูลความยาวและน้ำหนักหมึกแต่ละตัว และสุ่มตัวอย่างหมึกมาล้างด้วยน้ำสะอาด นำมาตัดแยกออกเป็น 5 ส่วน คือ เนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว หนัง กุ้งหมึก และอวัยวะภายใน แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดให้ละเอียด เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บตัวอย่างแยกตามส่วนต่างๆ ของอวัยวะบรรจุถุงพลาสติก ระบุรหัสตัวอย่าง เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาตรวจวิเคราะห์

2.3 การวิเคราะห์แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท

วิเคราะห์แคดเมียม ตะกั่ว ตามวิธี AOAC (2019a) และปรอทตามวิธี AOAC (2019b) ซึ่งมีขั้นตอน โดยสังเขป ดังนี้ นำตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 0.500 ± 0.020 กรัม ใส่ลงในหลอดพลาสติกฝาเกลียว ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 65% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดฝา นำไปวางไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่อุณหภูมิ 95 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ถ่ายสารละลาย ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น (Deionized Water) จนถึงขีดปริมาตร เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม และตะกั่วด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 228.8 และ 283.3 นาโนเมตร ตามลำดับ และวิเคราะห์ หาปริมาณปรอทด้วยเครื่อง Mercury Analyzer ที่ความยาวคลื่น 254.0 นาโนเมตร นำค่าที่วัดได้ มาคำนวณหา ความเข้มข้นโดยการเปรียบเทียบกับค่าของสารละลายมาตรฐานของโลหะหนักแต่ละชนิด โดยใช้หน่วยเป็น ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักเปียก

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกทั้ง 4 ชนิด และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตามวิธีการของ Zar (1996) ดังนี้

3.1 คำนวณหาค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางโดยวิธีหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และค่าการกระจายของข้อมูลโดยวิธีหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Errors)

3.2 วิเคราะห์ความแตกต่างการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึก 4 ชนิด โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Dunn's Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกแต่ละชนิดและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัว โดยวิธีวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 วิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกแต่ละชนิดระหว่างฝังบัวไทยและฝังบัวอินเดีย โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.5 วิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกในแต่ละเดือน โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Dunn's Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.6 วิเคราะห์ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึก โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Dunn's Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพ โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลถึงการสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นหรือยังไม่เกิดขึ้นในปัจจุบันก็ได้ หากผลเสียต่อสุขภาพยังไม่เกิดขึ้นก็จะถือว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นการทำนายถึงความเป็นไปของการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ (พงศเทพ, 2547)

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึก ทำการศึกษาโดยคำนวณค่าความเสี่ยง (Risk Quotient, RQ) ตามวิธีของ MPP-EAS (1999) และ PEMSEA (2001, 2004) ดังนี้

$$RQ = \frac{MEC}{LOC}$$

โดย MEC = Measured Environmental Concentration ในที่นี้เป็นความเข้มข้นของโลหะหนักที่พบในหมึก

LOC = Level of Concern เป็นค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ร่างกายสามารถทนได้ (Threshold Value) โดยไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หรือค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ปลอดภัย ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Predicted No-Effects Concentration, PNEC) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$LOC = \frac{\text{Tolerable Daily Intake (ไมโครกรัม/คน/วัน)}}{\text{Consumption Rate (กรัม/คน/วัน)}}$$

ผลจากการคำนวณที่ได้ นำมาพิจารณาค่าความเสี่ยงได้ดังนี้

$RQ < 1$ หมายถึง มีความเสี่ยงต่ำ (Low Risk)

$RQ \geq 1$ หมายถึง มีความเสี่ยงสูง (High Risk)

Tolerable Daily Intake (TDI) เป็นค่าปริมาณโลหะหนักสูงสุดที่สามารถบริโภคได้ในแต่ละวัน โดยไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ สำหรับปรอทและตะกั่วใช้ค่า Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) ที่กำหนดโดยคณะผู้เชี่ยวชาญร่วมขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ และองค์การอนามัยโลก ซึ่งเท่ากับ 1.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/สัปดาห์ (FAO/WHO, 2011a) และ 25 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว/สัปดาห์ (FAO/WHO, 2011b) ตามลำดับ สำหรับแคดเมียมใช้ค่า Provisional Tolerable Monthly Intake (PTMI) ซึ่งเท่ากับ 25 ไมโครกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/เดือน (FAO/WHO, 2011b)

Consumption Rate เป็นอัตราการบริโภคหมึกของคนไทยในแต่ละวัน ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2549) ซึ่งได้ทำการศึกษาอัตราการบริโภคสัตว์ทะเลแต่ละชนิดและผู้บริโภคในแต่ละช่วงอายุ จากข้อมูลดังกล่าวอัตราการบริโภคหมึกเฉลี่ยในทุกช่วงอายุเท่ากับ 37 กรัม/คน/วัน และน้ำหนักตัวเฉลี่ยของประชากรไทยในทุกช่วงอายุเท่ากับ 51.36 กิโลกรัม

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหมึก 4 ชนิดได้แก่ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ซึ่งจับด้วยเครื่องมือ 6 ชนิด คือ ลอบหมึก อวนครอบหมึก อวนล้อมจับ อวนลากคู่ อวนลากเดี่ยว และอวนลากแผ่นตะเฆ่ จากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทย จังหวัดชุมพร และฝั่งอันดามัน จังหวัดระนอง และภูเก็ต จำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมด 141 ตัวอย่าง เป็นหมึกกล้วย 2 สปีชีส์ คือ *Photololigo chinensis* และ *P. duvaucelii* รวม 35 ตัวอย่าง หมึกกระดอง 4 สปีชีส์ คือ *Sepia aculeata*, *S. brevimana*, *S. pharaonis* และ *S. recurvirostra* รวม 38 ตัวอย่าง หมึกสาย 4 สปีชีส์ คือ *Amphioctopus aegina*, *A. indicus*, *A. neglectus* และ *A. rex* รวม 36 ตัวอย่าง และหมึกหอม 1 สปีชีส์ คือ *Sepioteuthis lessoniana* รวม 32 ตัวอย่าง

1. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึก 4 ชนิด

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึก 4 ชนิด คือ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม แสดงดังตารางที่ 1-3 พบว่า ปริมาณการสะสมของแคดเมียม อยู่ในช่วง 0.000-0.340, 0.000-4.810, 0.000-6.630 และ 0.000-0.220 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยหมึกสาย มีปริมาณการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 33.532$, $P = 0.000$) สำหรับปริมาณการสะสมของตะกั่วอยู่ในช่วง 0.000-0.390, 0.000-0.090, 0.000-0.410 และ 0.000-0.200 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณการสะสมของตะกั่วในหมึกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 7.262$, $P = 0.064$) และปริมาณการสะสมของปรอทอยู่ในช่วง 0.000-0.070, 0.000-0.100, 0.000-0.100 และ 0.000-0.170 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณการสะสมของปรอทในหมึกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 7.238$, $P = 0.065$)

ตารางที่ 1 การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	35	0.000–0.340	0.111±0.014 ^{ab}
หมึกกระดอง	38	0.000–4.810	0.280±0.124 ^{bc}
หมึกสาย	36	0.000–6.630	0.815±0.230 ^c
หมึกหอม	32	0.000–0.220	0.060±0.011 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 2 การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	35	0.000–0.390	0.034±0.013 ^a
หมึกกระดอง	38	0.000–0.090	0.012±0.004 ^a
หมึกสาย	36	0.000–0.410	0.047±0.015 ^a
หมึกหอม	32	0.000–0.200	0.020±0.008 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

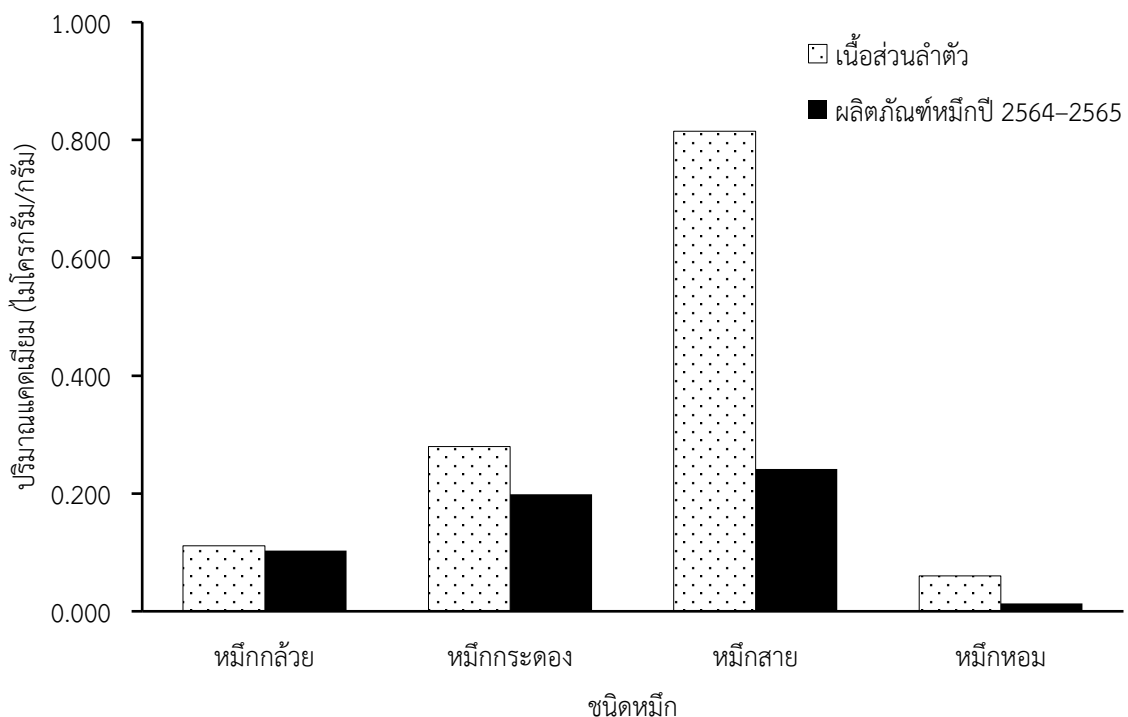
ตารางที่ 3 การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณปรอท (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	35	0.000–0.070	0.021±0.003 ^a
หมึกกระดอง	38	0.000–0.100	0.030±0.004 ^a
หมึกสาย	36	0.000–0.100	0.022±0.004 ^a
หมึกหอม	32	0.000–0.170	0.043±0.008 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีการสะสมในหมึกในปริมาณสูง โดยหมึกสายมีการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกกระดอง หมึกกล้วย และหมึกหอม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.000$) สอดคล้องกับรายงานของอัญชิรา และคณะ (2566) ซึ่งศึกษาการปนเปื้อนปริมาณโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของหมึกที่จับจากบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก โดยเก็บตัวอย่างหมึกจากท่าขึ้นสัตว์น้ำจังหวัดระยอง ช่วงเดือนพฤษภาคม 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 พบว่า ปริมาณการสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของ

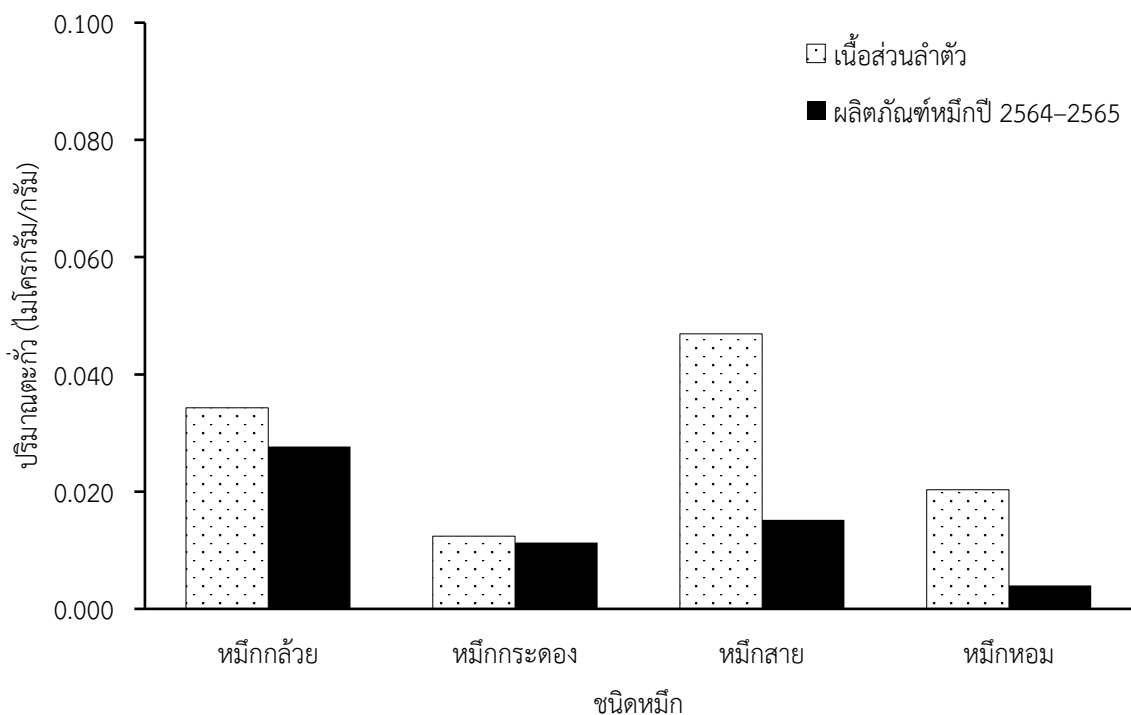
หมึกสาย หมึกกล้วย และหมึกหอม มีค่าเฉลี่ย 0.61, 0.11 และ 0.05 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และสอดคล้องกับรายงานของจินตนา และคณะ (2533) ซึ่งรายงานว่าพบการสะสมแคดเมียมในหมึกกระดอง หมึกกล้วย และหมึกสาย ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม 2537 มีค่าอยู่ในช่วง <0.01 – 6.99 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยหมึกกระดอง และหมึกสาย มีปริมาณการสะสมของแคดเมียมใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ ผลการตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกจากโรงงานผู้ผลิตในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ในปี 2564–2565 ยังแสดงให้เห็นว่า หมึกสายมีการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกกระดอง หมึกกล้วย และหมึกหอม เช่นเดียวกัน โดยการสะสมของแคดเมียมมีค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.242 ± 0.042 , 0.199 ± 0.049 , 0.103 ± 0.017 และ 0.014 ± 0.010 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียมระหว่างเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิด พบว่า การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) วิชชุตา (2549) ให้เหตุผลว่า การที่หมึกกระดองและหมึกสาย มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าหมึกกล้วย นั้น เนื่องจากธรรมชาติการหากินของหมึกต่างกัน โดยหมึกกระดองหากินตามหน้าดินในทะเล หมึกสายหากินตามหน้าดินเขตน้ำตื้น และหมึกกล้วยหากินกลางทะเล ดังนั้น ลักษณะการหากินของหมึกกระดองและหมึกสายตามหน้าดินในทะเล มีโอกาสทำให้หมึกได้รับแคดเมียมจากหน้าดินของทะเลมากกว่าหมึกกล้วยซึ่งหากินบริเวณเหนือหน้าดินในทะเล โดยปกติแล้วบริเวณหน้าดินเขตน้ำตื้นอาจมีการปนเปื้อนแคดเมียม เนื่องจากการปล่อยของเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งอาจปนเปื้อนเข้าไปยังหมึกสายได้ในปริมาณมาก



ภาพที่ 1 การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ตะกั่ว มีการสะสมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกแต่ละชนิดในปริมาณต่ำ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Sangiuliano *et al.* (2017) ซึ่งศึกษาการสะสมของโลหะหนักในหมึกแช่เยือกแข็ง พบว่า หมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย มีการสะสมของตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 0.04 ± 0.01 , 0.03 ± 0.01 และ 0.03 ± 0.01 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

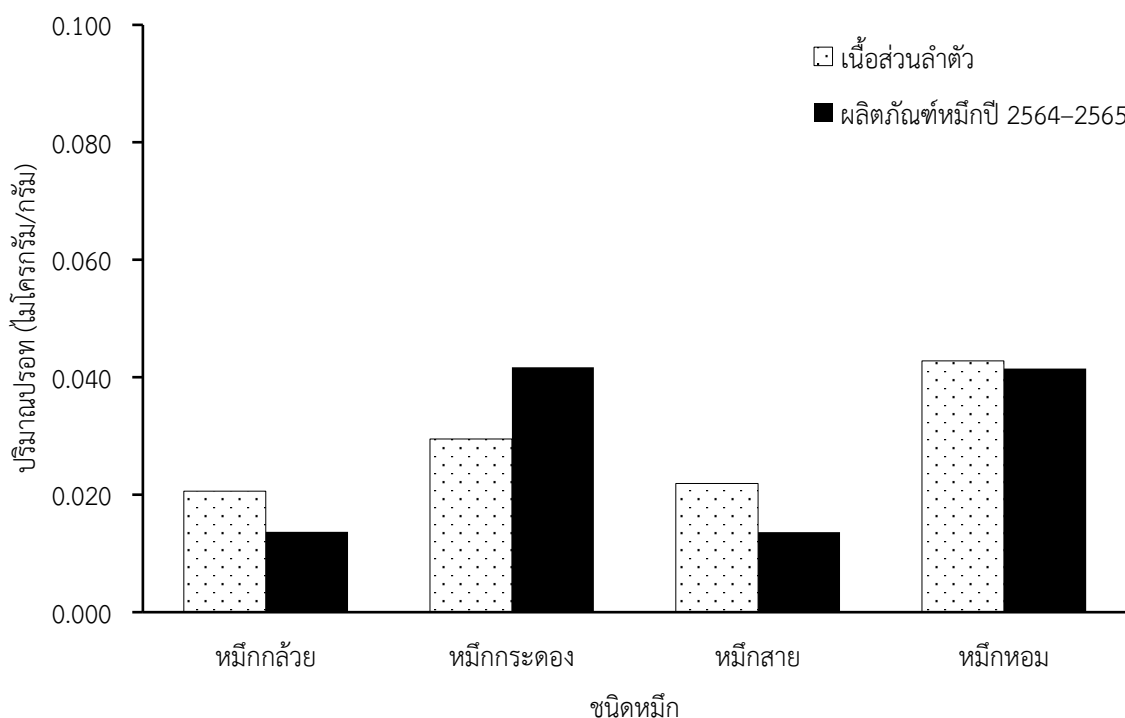
และการศึกษาของอัญชิตรา และคณะ (2566) พบว่า ปริมาณการสะสมของตะกั่วในหมึกสาย หมึกหอม และหมึกกล้วย มีค่าเฉลี่ย 0.08, 0.07 และ 0.04 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกจากโรงงานผู้ผลิตในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ในปี 2564–2565 ยังแสดงให้เห็นว่า การสะสมของตะกั่วในผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิดมีปริมาณต่ำเช่นเดียวกัน โดยการสะสมของตะกั่วในผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกสาย หมึกกระดอง และหมึกหอม มีค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.028 ± 0.018 , 0.015 ± 0.005 , 0.011 ± 0.003 และ 0.004 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะสมของตะกั่วระหว่างเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิดพบว่า การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกสาย หมึกกระดอง และหมึกหอม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)



ภาพที่ 2 การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ปรอท มีการสะสมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกแต่ละชนิดในปริมาณต่ำ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับตะกั่ว สอดคล้องกับรายงานของ Ahmad *et al.* (2015) ซึ่งศึกษาการสะสมของปรอทในเนื้อหมึกที่เก็บจากท่าเทียบเรือและตลาดสดในคาบสมุทรมมาเลเซีย พบว่า หมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย มีการสะสมของปรอทอยู่ในช่วง 0.150–0.406, 0.300–0.360 และ 0.208 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของอัญชิตรา และคณะ (2566) ซึ่งรายงานว่ ปริมาณการสะสมของปรอทในหมึกสาย หมึกหอม และหมึกกล้วย มีค่าเฉลี่ย 0.03, 0.02 และ 0.02 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกจากโรงงานผู้ผลิตในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ในปี 2564–2565 ยังแสดงให้เห็นว่า การสะสมของปรอทในผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิดมีปริมาณต่ำเช่นเดียวกัน โดยการสะสมของปรอทในผลิตภัณฑ์หมึกกระดอง หมึกหอม หมึกกล้วย และหมึกสาย มีค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.042 ± 0.005 , 0.042 ± 0.005 ,

0.014±0.002 และ 0.013±0.006 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะสมของปรอทระหว่างเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิด พบว่า การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกระดอง และหมึกสาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกหอม และหมึกกล้วย ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 3)



ภาพที่ 3 การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกแต่ละชนิดและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัว

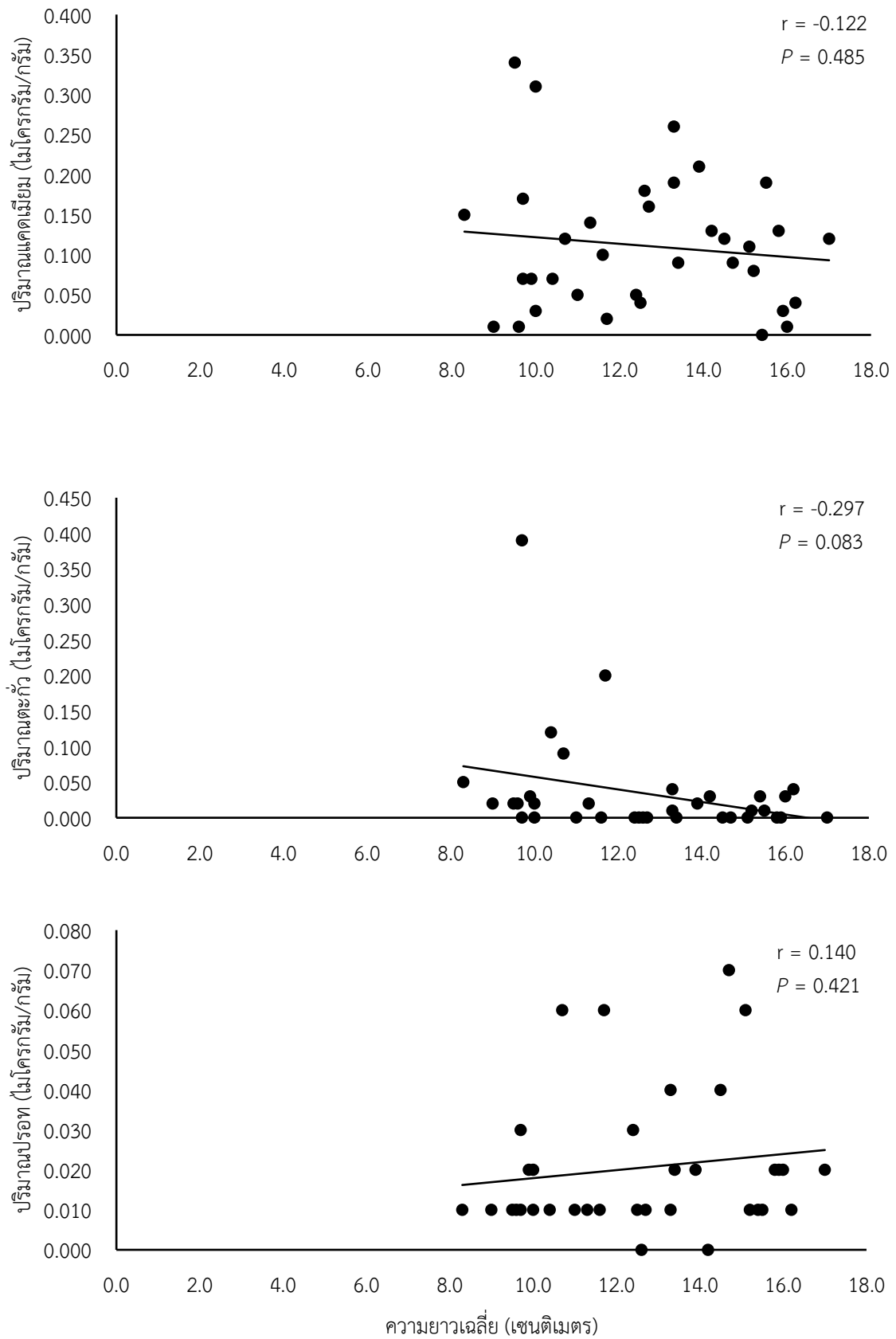
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึก พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้

2.1 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยที่มีความยาวเฉลี่ย 8.3–17.0 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ -0.122 ($P = 0.485$), -0.297 ($P = 0.083$) และ 0.140 ($P = 0.421$) ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

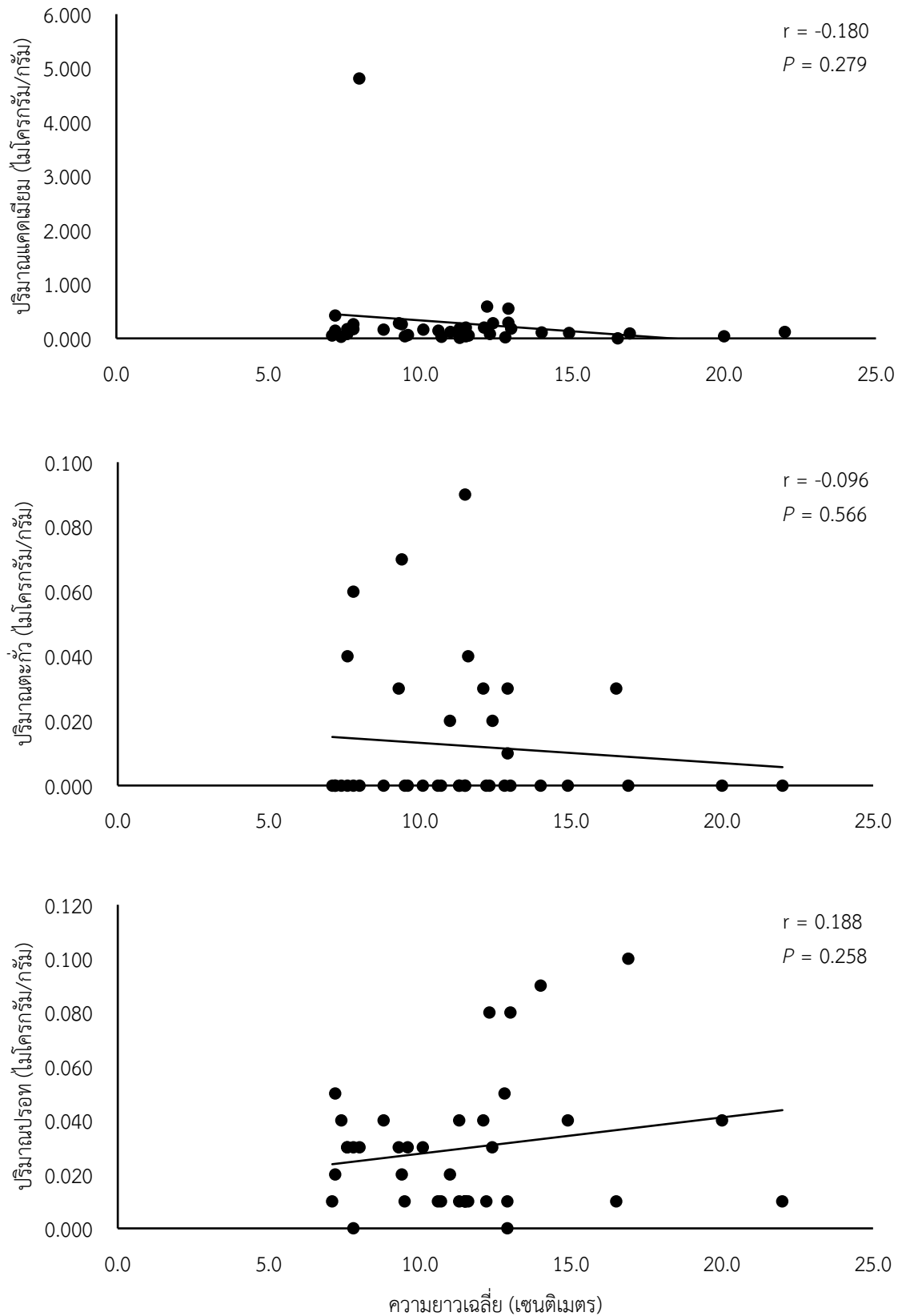
2.2 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองที่มีความยาวเฉลี่ย 7.1–22.0 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.180 ($P = 0.279$), -0.096 ($P = 0.566$) และ 0.188 ($P = 0.258$) ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

2.3 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายที่มีความยาวเฉลี่ย 4.8–12.1 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.118 ($P = 0.493$), -0.096 ($P = 0.576$) และ 0.183 ($P = 0.286$) ตามลำดับ (ภาพที่ 6)

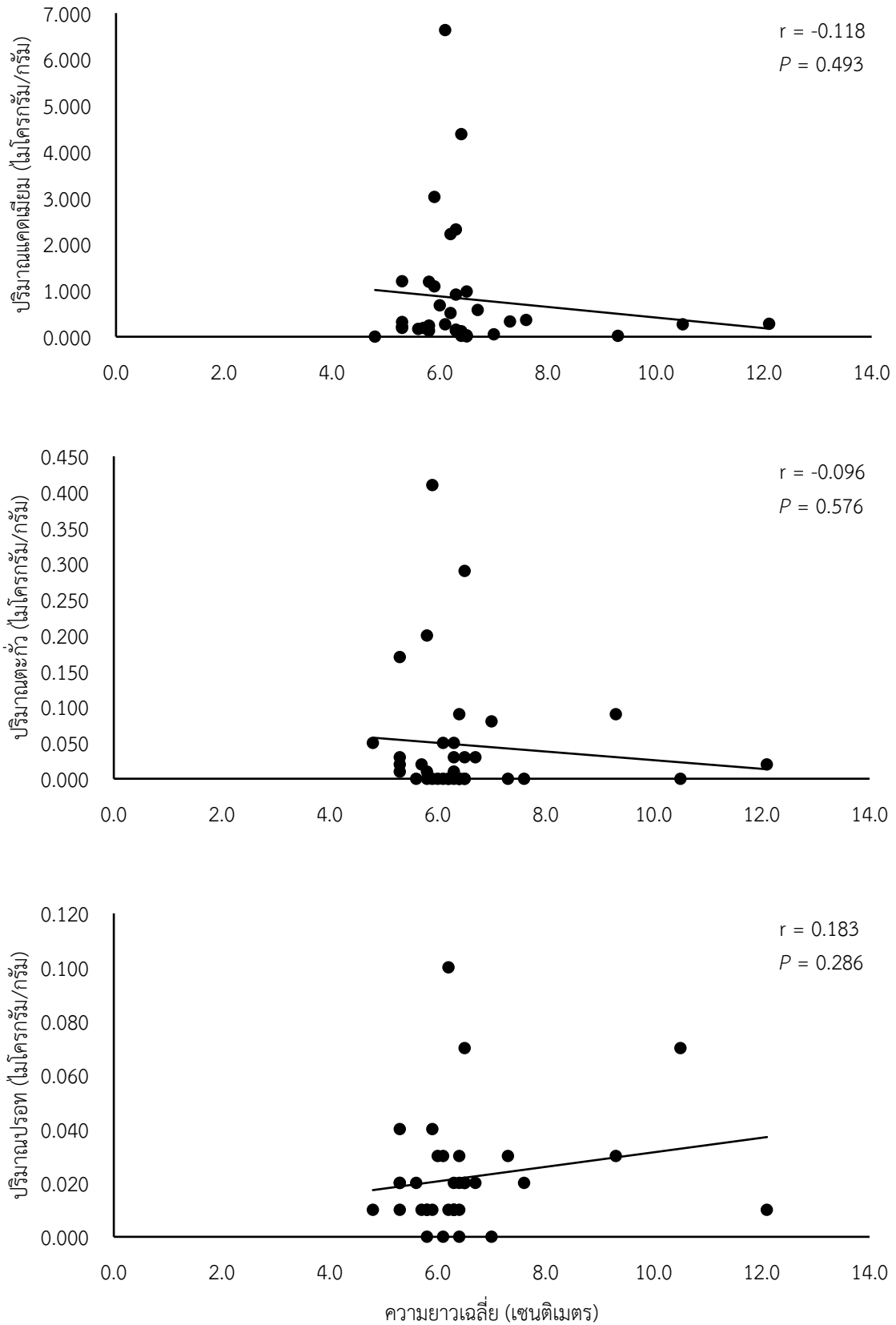
2.4 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอมที่มีความยาวเฉลี่ย 6.4–20.9 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.084 ($P = 0.647$), -0.249 ($P = 0.169$) และ 0.268 ($P = 0.138$) ตามลำดับ (ภาพที่ 7)



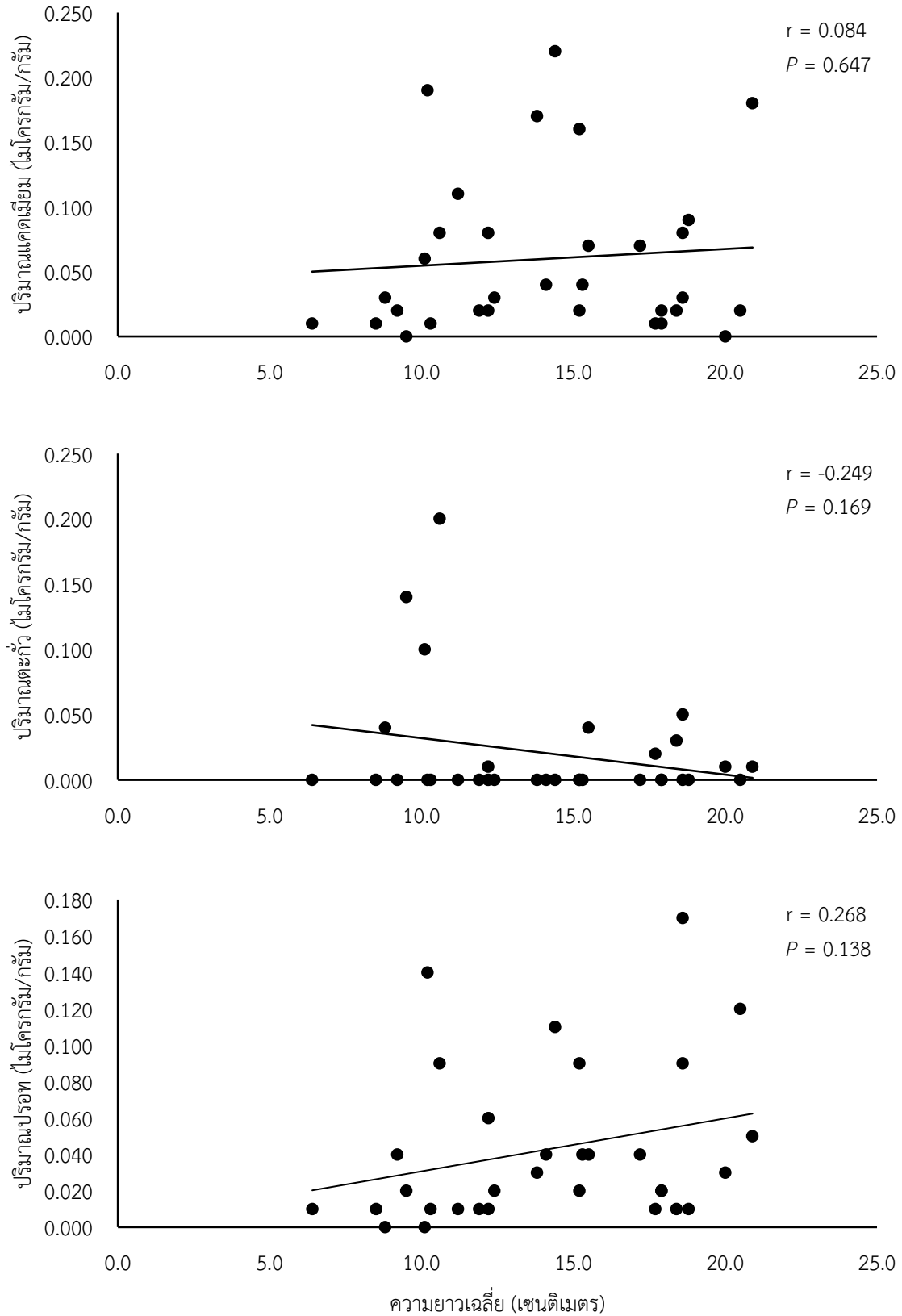
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกล้วยและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และโปรตีนในเนื้อส่วนลำตัว



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกระตองและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัว



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกสายและการสะสมของแคตเตเนียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัว



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมักหอมและการสะสมของแคลเซียม ตะกั่ว และโปรตีนในเนื้อส่วนลำตัว

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกและการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม แสดงให้เห็นว่า ขนาดของหมึกกับการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือของรัชดา และวลัย (2557) ซึ่งรายงานว่ามีปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในหมึกสายและหมึกกระดอง ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึก และจากการศึกษาการสะสมของปรอทในเนื้อหมึกที่เก็บจากท่าเทียบเรือและตลาดสดในคาบสมุทรมาเลเซียของ Ahmad *et al.* (2015) พบว่า ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในหมึกกล้วยและหมึกกระดองกับขนาดของหมึกไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหมึกกับการสะสมของแคดเมียมในหมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกสาย (ภาพที่ 4–6) แสดงให้เห็นว่า หมึกขนาดเล็กมีแนวโน้มการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกขนาดใหญ่ สอดคล้องกับรายงานของรุ่งนภา และคณะ (2564) ซึ่งศึกษาระดับแคดเมียมในหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง โดยเก็บตัวอย่างจากท่าขึ้นสัตว์น้ำในจังหวัดนครศรีธรรมราชและสงขลา ปี 2560 พบว่า ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ มีปริมาณแคดเมียม (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เท่ากับ 1.435 ± 0.817 , 1.075 ± 0.820 และ 0.898 ± 0.626 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

3. ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน

ผลการศึกษาความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า หมึกกล้วยจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของแคดเมียมเท่ากับ 0.083 ± 0.022 และ 0.132 ± 0.018 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของแคดเมียมในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 2.404$, $P = 0.121$) หมึกกระดองจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของแคดเมียมเท่ากับ 0.140 ± 0.036 และ 0.371 ± 0.204 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของแคดเมียมในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.914$, $P = 0.339$) หมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของแคดเมียมเท่ากับ 0.582 ± 0.208 และ 1.023 ± 0.393 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของแคดเมียมในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.402$, $P = 0.526$) และหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของแคดเมียมเท่ากับ 0.052 ± 0.014 และ 0.065 ± 0.016 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของแคดเมียมในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.018$, $P = 0.892$)

ผลการศึกษาความแตกต่างของการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 5 พบว่า หมึกกล้วยจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของตะกั่วเท่ากับ 0.037 ± 0.014 และ 0.032 ± 0.019 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของตะกั่วในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 2.202$, $P = 0.138$) หมึกกระดองจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของตะกั่วเท่ากับ 0.013 ± 0.007 และ 0.012 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของตะกั่วในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 1.875$, $P = 0.171$) หมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของตะกั่วเท่ากับ 0.078 ± 0.028 และ 0.019 ± 0.010 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของตะกั่วในหมึกทั้งสองฝั่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 8.647$, $P = 0.003$) และหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน มีการสะสมของตะกั่วเท่ากับ 0.012 ± 0.005 และ 0.026 ± 0.013 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของตะกั่วในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.526$, $P = 0.468$)

ตารางที่ 4 ความแตกต่างของการสะสมของแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน

ชนิดหมึก	แหล่งประมง	จำนวน (N)	ปริมาณแคดเมียม (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)
หมึกกล้วย	ฟุ้งอ่าวไทย	15	0.083±0.022 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	20	0.132±0.018 ^a
หมึกกระดอง	ฟุ้งอ่าวไทย	15	0.140±0.036 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	23	0.371±0.204 ^a
หมึกสาย	ฟุ้งอ่าวไทย	17	0.582±0.208 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	19	1.023±0.393 ^a
หมึกหอม	ฟุ้งอ่าวไทย	13	0.052±0.014 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	19	0.065±0.016 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 ความแตกต่างของการสะสมของของตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน

ชนิดหมึก	แหล่งประมง	จำนวน (N)	ปริมาณตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)
หมึกกล้วย	ฟุ้งอ่าวไทย	15	0.037±0.014 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	20	0.032±0.019 ^a
หมึกกระดอง	ฟุ้งอ่าวไทย	15	0.013±0.007 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	23	0.012±0.004 ^a
หมึกสาย	ฟุ้งอ่าวไทย	17	0.078±0.028 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	19	0.019±0.010 ^b
หมึกหอม	ฟุ้งอ่าวไทย	13	0.012±0.005 ^a
	ฟุ้งอันดามัน	19	0.026±0.013 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาความแตกต่างของการสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกระหว่างฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า หมึกกล้วยจากแหล่งประมงฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน มีการสะสมของปรอทเท่ากับ 0.020 ± 0.005 และ 0.021 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของปรอทในหมึกทั้งสองฟุ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.749$, $P = 0.387$) หมึกกระดองจากแหล่งประมงฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน มีการสะสมของปรอทเท่ากับ 0.031 ± 0.008 และ 0.028 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของปรอทในหมึกทั้งสองฟุ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.577$, $P = 0.447$) หมึกสายจากแหล่งประมงฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน มีการสะสมของปรอทเท่ากับ 0.021 ± 0.005 และ 0.023 ± 0.005 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของปรอทในหมึกทั้งสองฟุ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.407$, $P = 0.523$) และหมึกหอมจากแหล่งประมงฟุ้งอ่าวไทยและฟุ้งอันดามัน มีการสะสมของปรอทเท่ากับ 0.038 ± 0.009 และ 0.046 ± 0.012 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยการสะสมของปรอทในหมึกทั้งสองฟุ้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 0.014$, $P = 0.907$)

ตารางที่ 6 ความแตกต่างของการสะสมของของปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน

ชนิดหมึก	แหล่งประมง	จำนวน (N)	ปริมาณปรอท (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)
หมึกกล้วย	ฝั่งอ่าวไทย	15	0.020±0.005 ^a
	ฝั่งอันดามัน	20	0.021±0.004 ^a
หมึกกระดอง	ฝั่งอ่าวไทย	15	0.031±0.008 ^a
	ฝั่งอันดามัน	23	0.028±0.004 ^a
หมึกสาย	ฝั่งอ่าวไทย	17	0.021±0.005 ^a
	ฝั่งอันดามัน	19	0.023±0.005 ^a
หมึกหอม	ฝั่งอ่าวไทย	13	0.038±0.009 ^a
	ฝั่งอันดามัน	19	0.046±0.012 ^a

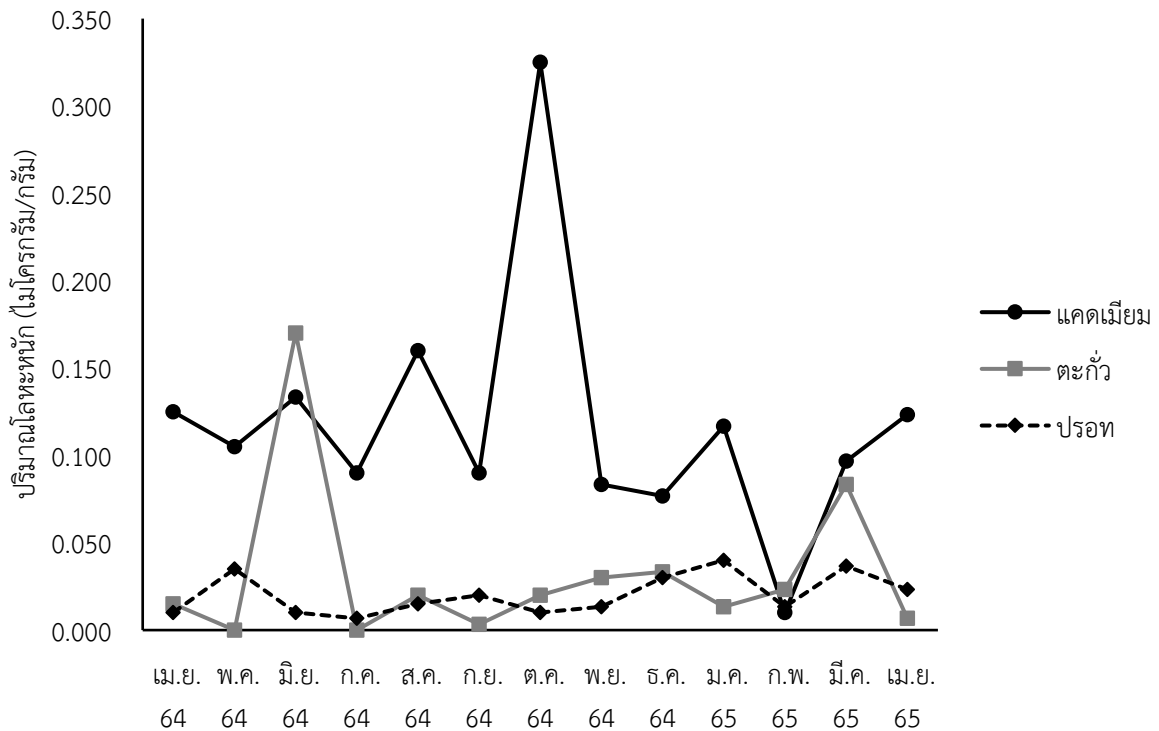
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกันในหมึกแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน แสดงให้เห็นว่า การสะสมของแคดเมียมในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับรายงานผลการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งทั่วประเทศ ปี 2564 ของกรมควบคุมมลพิษ (2565) ซึ่งรายงานว่า ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชุมพร ระนอง และภูเก็ต มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยแต่ละพื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ไมโครกรัม/ลิตร และการสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมจากแหล่งประมงทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งทั่วประเทศ ปี 2564 ของกรมควบคุมมลพิษ (2565) รายงานว่า ปริมาณปรอทที่ตรวจพบในน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชุมพร ระนอง และภูเก็ต มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยแต่ละพื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00 ไมโครกรัม/ลิตร นอกจากนี้ ผลการศึกษาการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง และหมึกหอม ยกเว้นหมึกสาย ยังแสดงให้เห็นว่า การสะสมของตะกั่วในหมึกทั้งสองฝั่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกัน สาเหตุที่การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายมีความแตกต่างระหว่างฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน อาจเกิดจากพฤติกรรมการหากินของหมึกสายซึ่งหากินตามหน้าดินเขตน้ำตื้น (วิชชุตา, 2549 และ ชัชฎาภรณ์, 2556) ที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งกรมควบคุมมลพิษ (2565) รายงานว่า ผลการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งทั่วประเทศ ปี 2564 พบปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดชุมพร ระนอง และภูเก็ต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42, 1.56 และ 0.96 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ ประกอบกับหมึกสายจากฝั่งอันดามันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นหมึกสายที่จับจากพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดภูเก็ต ปริมาณตะกั่วที่ตรวจพบในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายจากแหล่งประมงฝั่งอันดามันจึงต่ำกว่าฝั่งอ่าวไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P = 0.003$)

4. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกในแต่ละเดือน

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยในแต่ละเดือน แสดงดังภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 4 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2565 (0.010 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนตุลาคม 2564 (0.325 ± 0.015 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสม

ของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 22.991$, $P = 0.028$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม 2564 และเดือนกรกฎาคม 2564 (0.000 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือน มิถุนายน 2564 (0.170 ± 0.115 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 12.460$, $P = 0.409$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม 2564 (0.007 ± 0.003 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนมกราคม 2565 (0.040 ± 0.017 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 13.197$, $P = 0.355$)

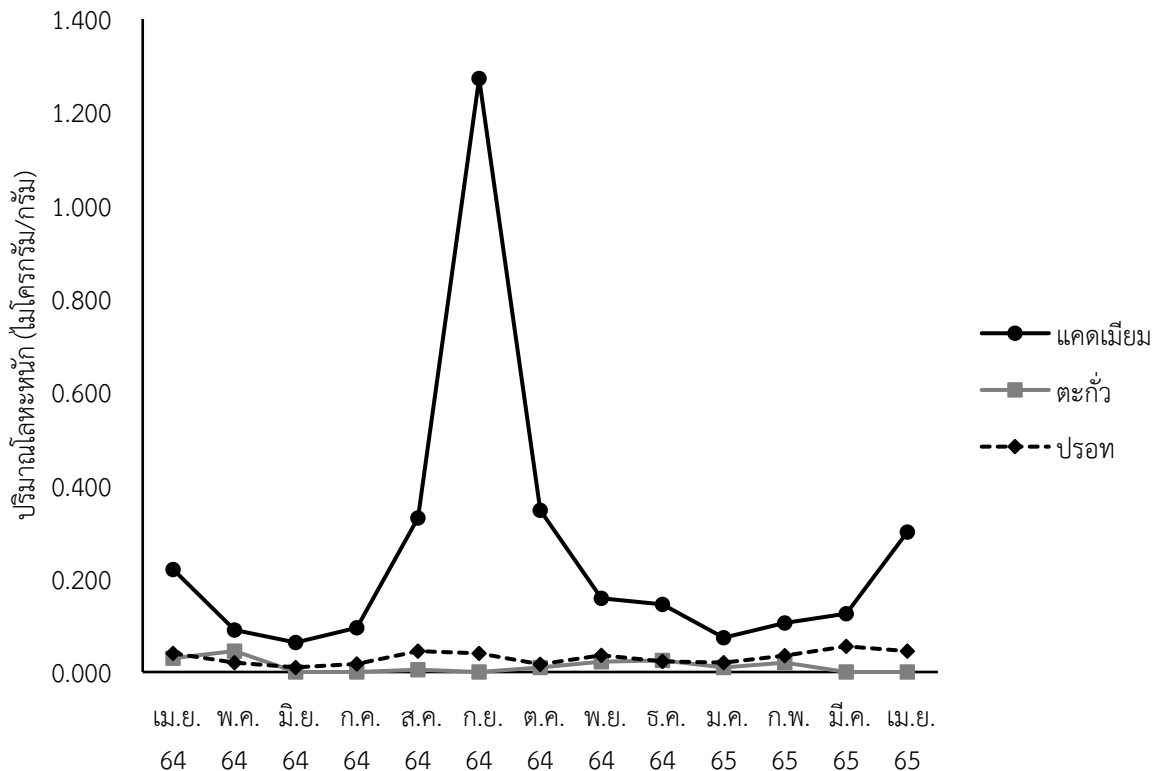


ภาพที่ 8 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยในแต่ละเดือน

ผลการศึกษการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองในแต่ละเดือน แสดงดังภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 5 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2564 (0.063 ± 0.039 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนกันยายน 2564 (1.273 ± 1.180 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 22.167$, $P = 0.036$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2564 กรกฎาคม 2564 กันยายน 2564 มีนาคม 2565 และ เมษายน 2565 (0.000 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนพฤษภาคม 2564 (0.045 ± 0.045 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 16.558$, $P = 0.167$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2564 (0.010 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนมีนาคม 2565 (0.055 ± 0.025 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 17.858$, $P = 0.120$)

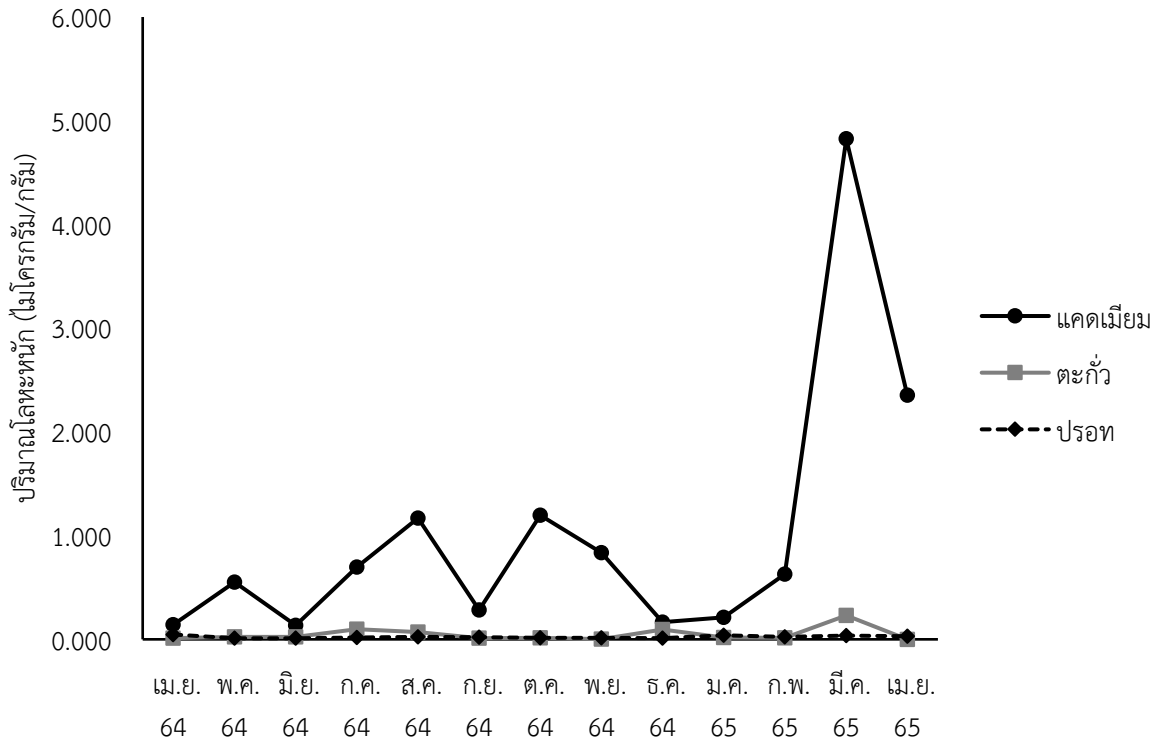
ผลการศึกษการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายในแต่ละเดือน แสดงดังภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 6 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 2564 (0.135 ± 0.070 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนมีนาคม 2565 (4.825 ± 1.805 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสม

ของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 16.739$, $P = 0.160$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเดือนเมษายน 2565 (0.000 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนมีนาคม 2565 (0.230 ± 0.180 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 16.106$, $P = 0.186$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม 2564 (0.010 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนเมษายน 2564 (0.047 ± 0.023 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 13.982$, $P = 0.302$)

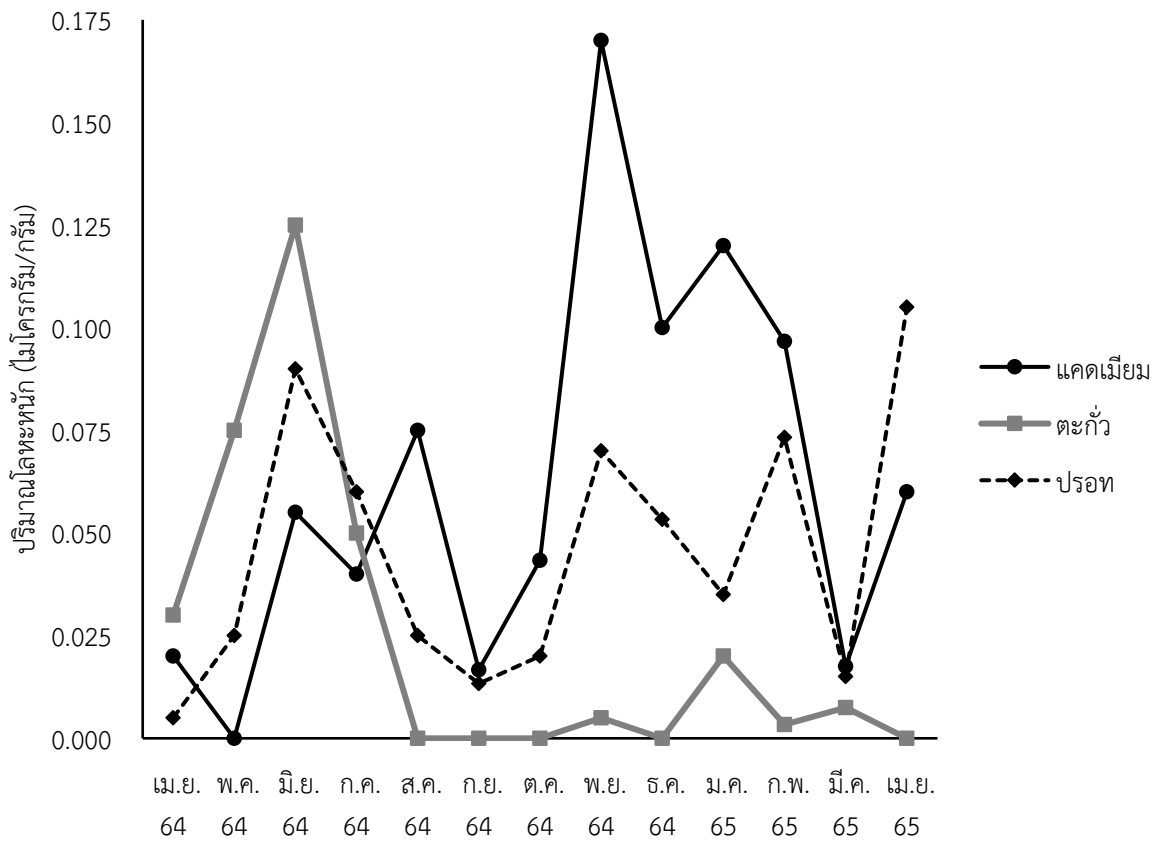


ภาพที่ 9 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองในแต่ละเดือน

ผลการศึกษการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอมในแต่ละเดือน แสดงดังภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 7 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเดือนพฤษภาคม 2564 (0.000 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนพฤศจิกายน 2564 (0.170 ± 0.010 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 18.879$, $P = 0.091$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเดือนสิงหาคม 2564 กันยายน 2564 ตุลาคม 2564 ธันวาคม 2564 และเดือนเมษายน 2565 (0.000 ± 0.000 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนมิถุนายน 2564 (0.125 ± 0.075 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 20.014$, $P = 0.067$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในเดือนเมษายน 2564 (0.005 ± 0.005 ไมโครกรัม/กรัม) และสูงสุดในเดือนเมษายน 2565 (0.105 ± 0.065 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทตลอดระยะเวลาการศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 16.871$, $P = 0.155$)



ภาพที่ 10 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมีกสายในแต่ละเดือน



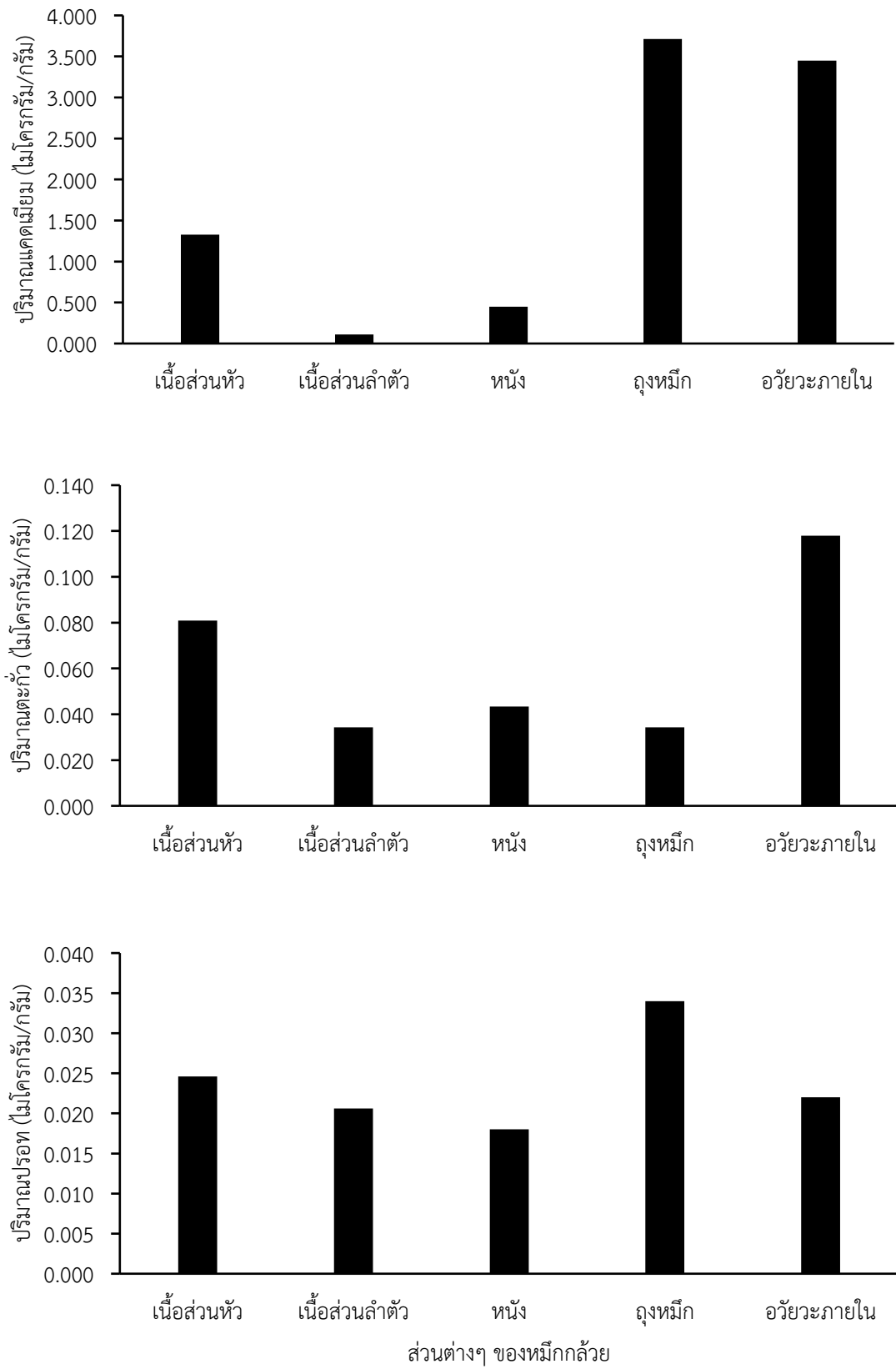
ภาพที่ 11 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมีกหอมในแต่ละเดือน

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกในแต่ละเดือน แสดงให้เห็นว่า การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยและหมึกกระดองในแต่ละเดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายและหมึกหอมในแต่ละเดือน รวมทั้งการสะสมของตะกั่วและปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมในแต่ละเดือน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยและหมึกกระดองในแต่ละเดือนสอดคล้องกับการศึกษาของ อธิยา และพรณี (2536) ซึ่งเก็บตัวอย่างหมึกในเขตจังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และตรัง พบ การสะสมของแคดเมียมในหมึกกระดองในหนวดมากกว่าในเนื้อ และพบว่าหมึกที่เก็บตัวอย่างในเดือนกันยายน จากอ่าวไทยตอนล่างบริเวณนครศรีธรรมราช มีการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าแหล่งอื่นซึ่งอาจเกิดเนื่องจาก ในฤดูฝนมีการชะล้างของดินสู่ทะเลมากกว่าปกติ และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อน ในน้ำตามความลึกและในดินตะกอนที่ทำเรือแหลมฉบังและท่าเรือกรุงเทพฯ ของจาก และคณะ (2560) พบว่า แคดเมียมที่สะสมในตะกอนดินทะเลของท่าเทียบเรือแหลมฉบังและท่าเรือกรุงเทพฯ ในฤดูฝนมีปริมาณสูงกว่า ฤดูแล้ง ดังนั้น หมึกกระดองซึ่งหากินตามหน้าดินในทะเลจึงมีโอกาสได้รับแคดเมียมจากหน้าดินของทะเล ในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง นอกจากนั้น จากการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน เทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยเสถียรพงษ์ และคณะ (2558) พบว่า การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อหอยตลับในฤดูฝน (5.23, 3.09 และ 0.24 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ) มีปริมาณสูงกว่าฤดูร้อน (1.39, 1.43 และ 0.15 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ) ซึ่งผลการศึกษา มีความสอดคล้องในลักษณะเดียวกัน

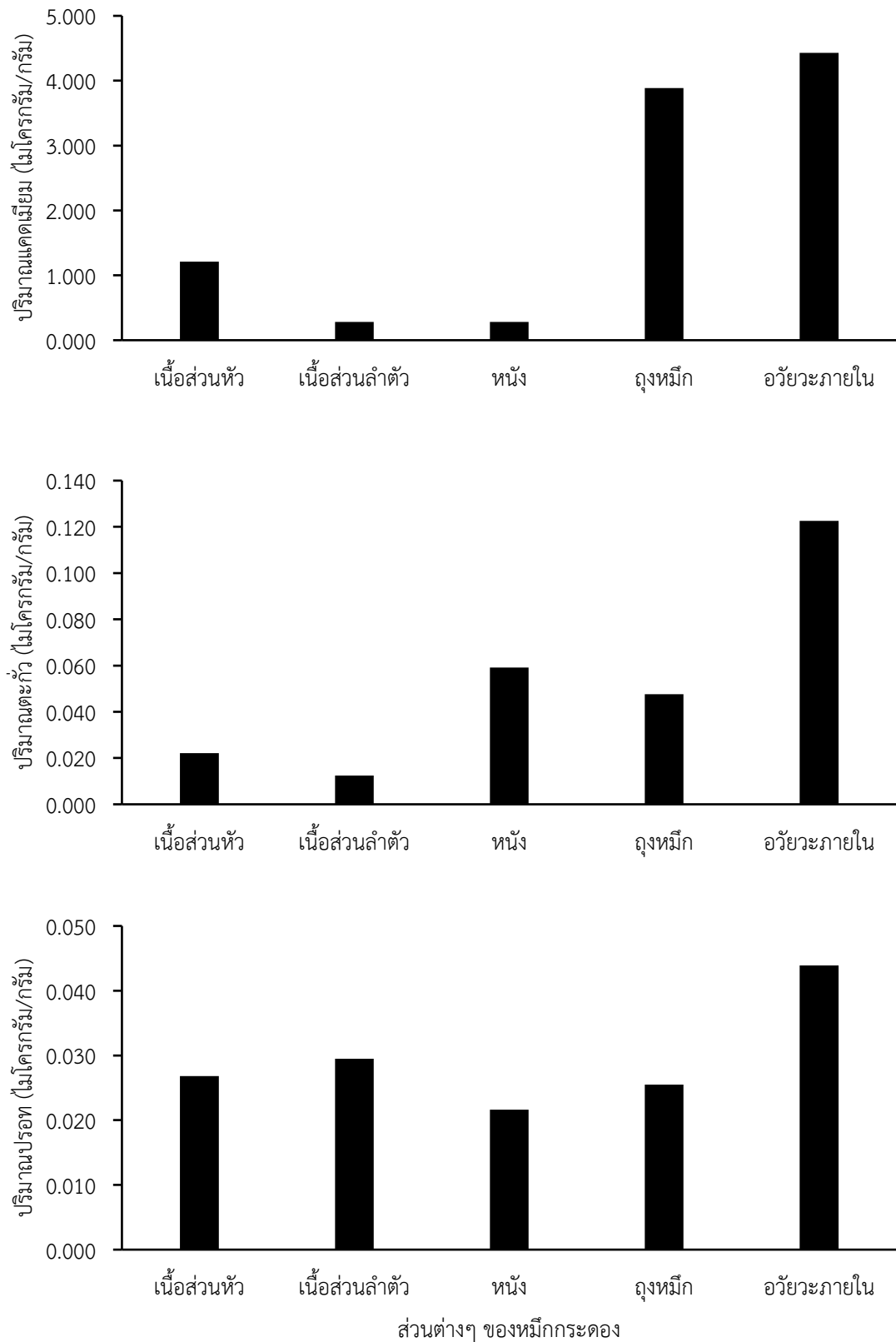
5. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึก

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย แสดงดังภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 8 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.111 ± 0.014 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนงวงหมึก (3.713 ± 0.665 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียม ในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 89.691$, $P = 0.000$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.034 ± 0.013 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนอวัยวะภายใน (0.118 ± 0.058 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 17.023$, $P = 0.002$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในส่วนหนัง (0.018 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนงวงหมึก (0.034 ± 0.006 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทในส่วนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 8.016$, $P = 0.091$)

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง แสดงดังภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 9 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.280 ± 0.124 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนอวัยวะภายใน (4.428 ± 0.637 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 84.034$, $P = 0.000$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.012 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนอวัยวะภายใน (0.123 ± 0.022 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 34.016$, $P = 0.000$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในส่วนหนัง (0.022 ± 0.004 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนอวัยวะภายใน (0.044 ± 0.006 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 12.633$, $P = 0.013$)



ภาพที่ 12 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย



ภาพที่ 13 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง

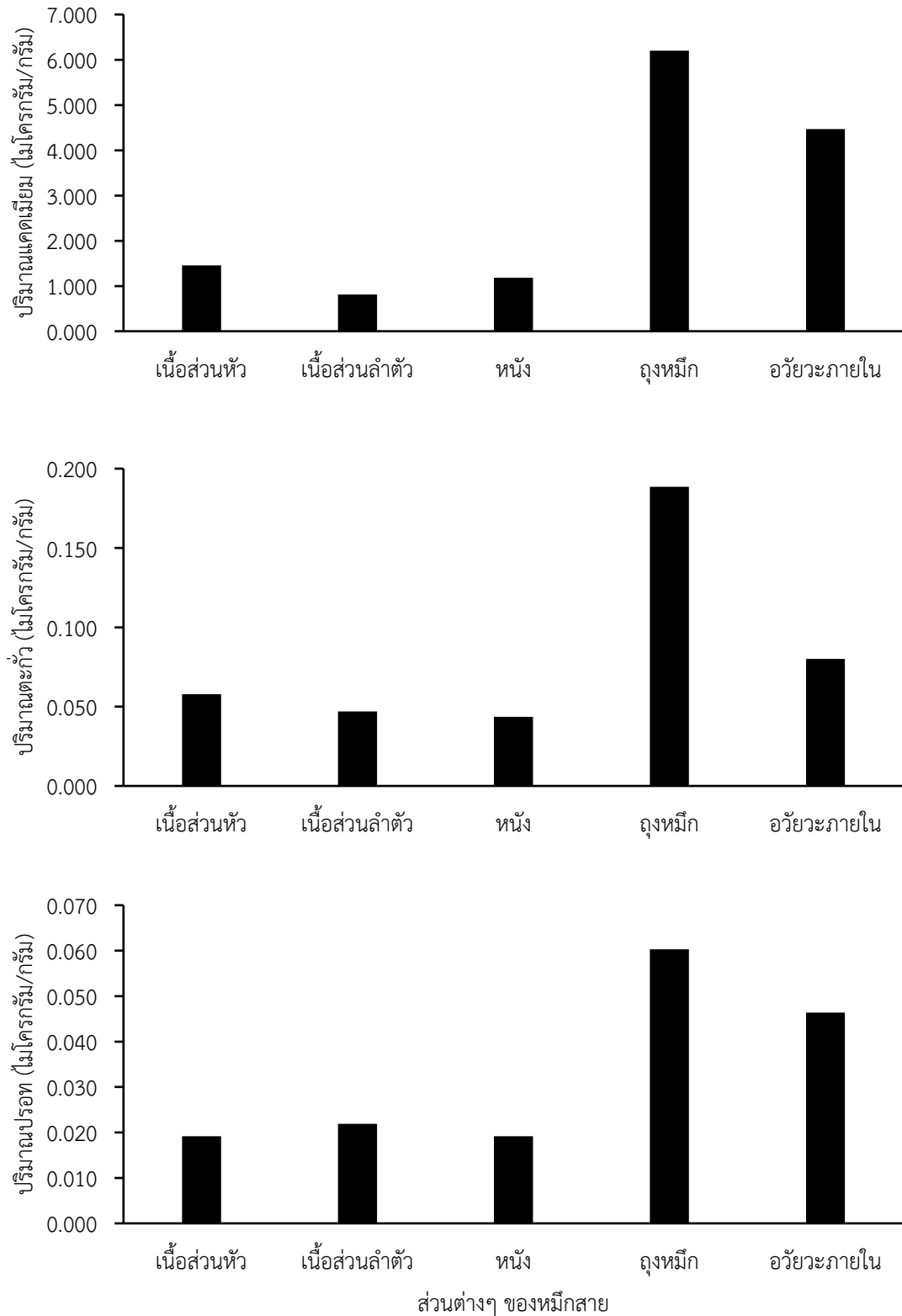
ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย แสดงดังภาพที่ 14 และตารางผนวกที่ 10 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.815 ± 0.230 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนงูหมึก (6.200 ± 0.808 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 58.912, P = 0.000$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในส่วนหนัง (0.044 ± 0.013 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนงูหมึก (0.189 ± 0.027 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 24.188, P = 0.000$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนหัว (0.019 ± 0.002 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนงูหมึก (0.060 ± 0.011 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของปรอทในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 22.993, P = 0.000$)

ผลการศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม แสดงดังภาพที่ 15 และตารางผนวกที่ 11 พบว่า การสะสมของแคดเมียม มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.060 ± 0.011 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในส่วนอวัยวะภายใน (1.866 ± 0.523 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 78.975, P = 0.000$) สำหรับการสะสมของตะกั่ว มีปริมาณต่ำสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.020 ± 0.008 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในเนื้อส่วนหัว (0.091 ± 0.043 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของตะกั่วในส่วนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 8.812, P = 0.066$) และการสะสมของปรอท มีปริมาณต่ำสุดในส่วนหนัง (0.029 ± 0.006 ไมโครกรัม/กรัม) และปริมาณสูงสุดในเนื้อส่วนลำตัว (0.043 ± 0.008 ไมโครกรัม/กรัม) โดยการสะสมของแคดเมียมในส่วนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 2.109, P = 0.716$)

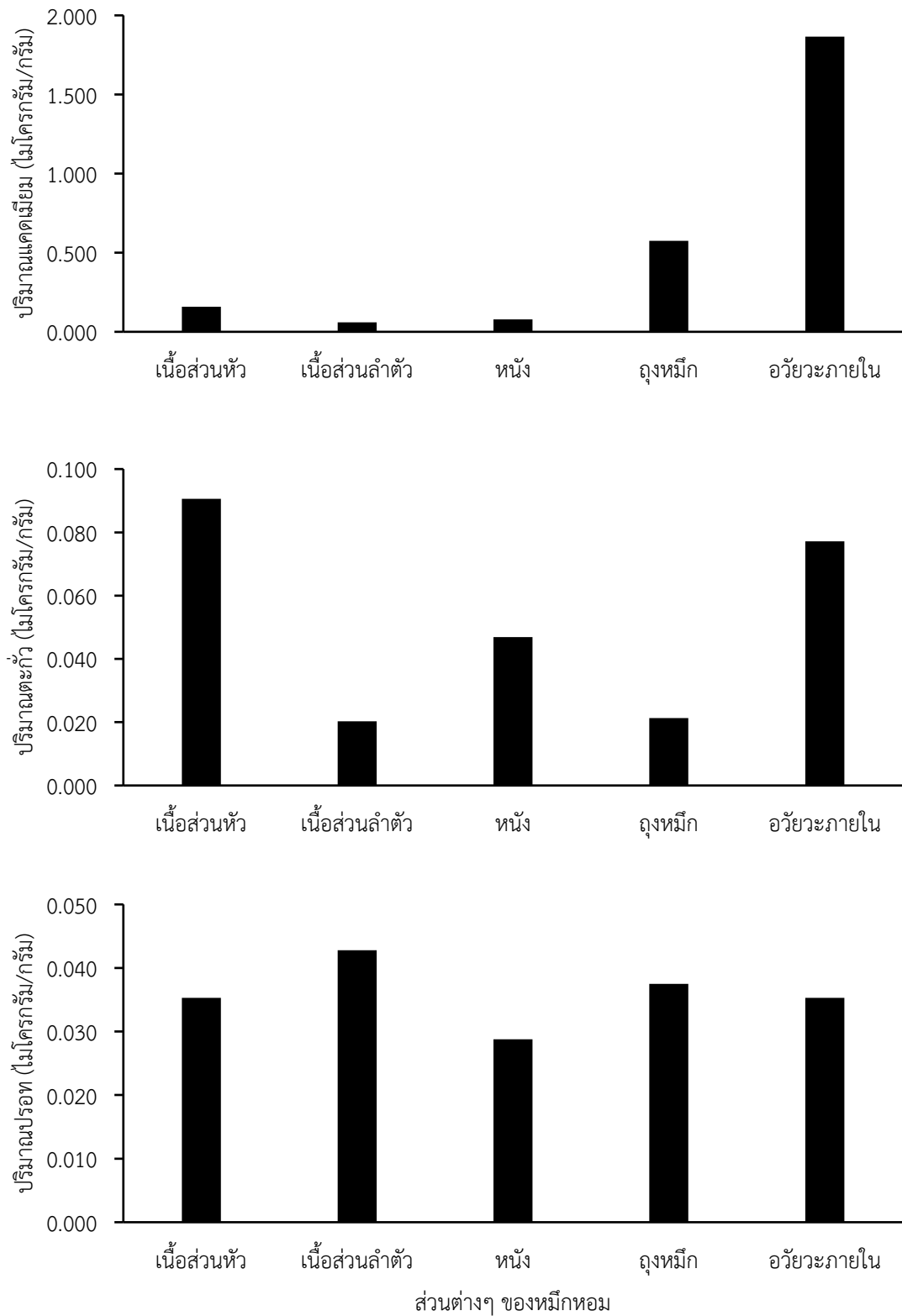
จากผลการศึกษา แสดงให้เห็นว่า การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม (ยกเว้นการสะสมของตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบการสะสมของแคดเมียมในงูหมึกและอวัยวะภายในสูงกว่าเนื้อส่วนหัว หนัง และเนื้อส่วนลำตัว สอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในงูหมึกและเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองสดและแช่เยือกแข็งที่ใช้เป็นอาหารของ Conficoni *et al.* (2018) พบว่า หมึกสดมีการสะสมของแคดเมียมในงูหมึกอยู่ในช่วง <0.001 – 0.59 ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัวซึ่งอยู่ในช่วง <0.001 – 0.27 ไมโครกรัม/กรัม และการสะสมแคดเมียมในหมึกแช่เยือกแข็งในงูหมึกอยู่ในช่วง 0.00 – 44.80 ไมโครกรัม/กรัม สูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัวซึ่งอยู่ในช่วง 0.00 – 9.01 ไมโครกรัม/กรัม และสอดคล้องกับการศึกษาของอัญชิรา (2566) ซึ่งศึกษาการปนเปื้อนปริมาณโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของหมึกที่จับจากบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จากท่าขึ้นสัตว์น้ำจังหวัดระยอง ช่วงเดือนพฤษภาคม 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 พบว่า งูหมึกและอวัยวะภายในของหมึกกล้วย หมึกหอม และหมึกสาย มีการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าเนื้อส่วนหัว เนื้อส่วนลำตัว และหนัง นอกจากนั้น การสะสมของแคดเมียมในหมึกกล้วยยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jamil *et al.* (2014) ซึ่งศึกษาในเนื้อเยื่อหมึกกล้วยในน่านน้ำเกดะห์-เปอร์ลิส ประเทศมาเลเซีย พบการสะสมของแคดเมียมในงูหมึกสูงกว่าเนื้อส่วนหัวและเนื้อส่วนลำตัว โดยมีปริมาณ 8.83, 4.07 และ 1.39 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ผลการศึกษาการสะสมของตะกั่วในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย พบว่า ตะกั่วมีการสะสมในเนื้อส่วนหัวสูงกว่าในงูหมึกและเนื้อส่วนลำตัว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jamil *et al.* (2014) ซึ่งพบการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนหัว งูหมึก และเนื้อส่วนลำตัว มีปริมาณ 4.09, 4.02 และ 3.93 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของอัญชิรา (2566) ซึ่งพบการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนหัว งูหมึก และเนื้อส่วนลำตัว มีปริมาณ 0.10, 0.06 และ 0.04 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ สำหรับการสะสมของตะกั่ว

ในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง พบว่า ตะกั่วมีการสะสมในถุงหมึกสูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัว สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nho *et al.* (2016) ซึ่งพบว่า การสะสมของตะกั่วในถุงหมึกและเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองมีปริมาณ 0.18 ± 0.09 และ 0.05 ± 0.02 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ



ภาพที่ 14 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย



ภาพที่ 15 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม

การสะสมของปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย พบว่า ปรอทมีการสะสมในถูงหมึกสูงกว่าในเนื้อส่วนลำตัว เช่นเดียวกับการศึกษาของ Nho *et al.* (2016) ซึ่งพบว่า การสะสมของปรอทในถูงหมึกและเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสาย มีปริมาณ 0.03 ± 0.01 และ 0.02 ± 0.01 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

6. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก แสดงดังตารางที่ 7-10 การบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย โดยเฉพาะเนื้อส่วนหัว ถูหมึก และอวัยวะภายใน มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนด โดย RQ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.146, 3.209 และ 2.981 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่ว และปรอท อย่างไรก็ตาม การบริโภคหนังของหมึกกล้วย ยังคงมีความเสี่ยงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนด เนื่องจาก RQ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.281 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เช่นเดียวกับการบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง พบว่า การบริโภคเนื้อส่วนหัว ถูหมึก และอวัยวะภายใน มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนด โดย RQ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.046, 3.358 และ 3.827 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีความเสี่ยงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนดจากการบริโภคเนื้อส่วนลำตัว และหนัง เนื่องจาก RQ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.157 และ 2.325 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่มีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่ว และปรอท สำหรับการบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกสาย พบว่า การบริโภคเนื้อส่วนหัว หนัง ถูหมึก และอวัยวะภายใน มีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนด โดย RQ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.257, 1.023 5.359 และ 3.860 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีความเสี่ยงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนดจากการบริโภคเนื้อส่วนลำตัว เนื่องจาก RQ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.730 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แต่มีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่ว และปรอท ส่วนการบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกหอม พบว่า การบริโภคอวัยวะภายในมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนด โดย RQ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.613 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และมีความเสี่ยงต่อการได้รับแคดเมียมเกินกำหนดจากการบริโภคเนื้อส่วนหัว เนื่องจาก RQ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.409 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แต่มีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่ว และปรอท

ตารางที่ 7 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกกล้วย

ส่วนต่างๆ ของหมึก	โลหะหนัก	MEC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		TDI (ไมโครกรัม/คน/วัน)	LOC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	RQ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
เนื้อส่วนหัว	แคดเมียม	1.326	12.940	42.800	1.157	1.146	11.184
	ตะกั่ว	0.081	1.200	183.429	4.958	0.016	0.242
	ปรอท	0.025	0.200	11.739	0.317	0.079	0.631
เนื้อส่วนลำตัว	แคดเมียม	0.111	0.340	42.800	1.157	0.096	0.294
	ตะกั่ว	0.034	0.390	183.429	4.958	0.007	0.079
	ปรอท	0.021	0.070	11.739	0.317	0.066	0.221
หนัง	แคดเมียม	0.447	6.110	42.800	1.157	0.386	5.281
	ตะกั่ว	0.043	0.190	183.429	4.958	0.009	0.038
	ปรอท	0.018	0.090	11.739	0.317	0.057	0.284
ถูหมึก	แคดเมียม	3.713	13.430	42.800	1.157	3.209	11.608
	ตะกั่ว	0.034	0.670	183.429	4.958	0.007	0.135
	ปรอท	0.034	0.160	11.739	0.317	0.107	0.505
อวัยวะภายใน	แคดเมียม	3.449	14.000	42.800	1.157	2.981	12.100
	ตะกั่ว	0.118	1.870	183.429	4.958	0.024	0.377
	ปรอท	0.022	0.080	11.739	0.317	0.069	0.252

ตารางที่ 8 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกกระดอง

ส่วนต่างๆ ของหมึก	โลหะหนัก	MEC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		TDI (ไมโครกรัม/คน/วัน)	LOC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	RQ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
เนื้อส่วนหัว	แคดเมียม	1.210	8.440	42.800	1.157	1.046	7.295
	ตะกั่ว	0.022	0.140	183.429	4.958	0.004	0.028
	ปรอท	0.027	0.090	11.739	0.317	0.085	0.284
เนื้อส่วนลำตัว	แคดเมียม	0.280	4.810	42.800	1.157	0.242	4.157
	ตะกั่ว	0.012	0.090	183.429	4.958	0.002	0.018
	ปรอท	0.029	0.100	11.739	0.317	0.091	0.315
หนัง	แคดเมียม	0.283	2.690	42.800	1.157	0.245	2.325
	ตะกั่ว	0.059	0.280	183.429	4.958	0.012	0.056
	ปรอท	0.022	0.110	11.739	0.317	0.069	0.347
ถุงหมึก	แคดเมียม	3.885	13.830	42.800	1.157	3.358	11.953
	ตะกั่ว	0.048	0.420	183.429	4.958	0.010	0.085
	ปรอท	0.026	0.090	11.739	0.317	0.082	0.284
อวัยวะภายใน	แคดเมียม	4.428	13.230	42.800	1.157	3.827	11.435
	ตะกั่ว	0.123	0.510	183.429	4.958	0.025	0.103
	ปรอท	0.044	0.150	11.739	0.317	0.139	0.473

ตารางที่ 9 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกสาย

ส่วนต่างๆ ของหมึก	โลหะหนัก	MEC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		TDI (ไมโครกรัม/คน/วัน)	LOC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	RQ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
เนื้อส่วนหัว	แคดเมียม	1.454	8.850	42.800	1.157	1.257	7.649
	ตะกั่ว	0.058	0.490	183.429	4.958	0.012	0.099
	ปรอท	0.019	0.060	11.739	0.317	0.060	0.189
เนื้อส่วนลำตัว	แคดเมียม	0.815	6.630	42.800	1.157	0.704	5.730
	ตะกั่ว	0.047	0.410	183.429	4.958	0.009	0.083
	ปรอท	0.022	0.100	11.739	0.317	0.069	0.315
หนัง	แคดเมียม	1.184	9.340	42.800	1.157	1.023	8.073
	ตะกั่ว	0.044	0.420	183.429	4.958	0.009	0.085
	ปรอท	0.019	0.160	11.739	0.317	0.060	0.505
ถุงหมึก	แคดเมียม	6.200	15.670	42.800	1.157	5.359	13.544
	ตะกั่ว	0.189	0.530	183.429	4.958	0.038	0.107
	ปรอท	0.060	0.260	11.739	0.317	0.189	0.820
อวัยวะภายใน	แคดเมียม	4.466	12.930	42.800	1.157	3.860	11.175
	ตะกั่ว	0.080	0.620	183.429	4.958	0.016	0.125
	ปรอท	0.046	0.270	11.739	0.317	0.145	0.852

ตารางที่ 10 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในหมึกหอม

ส่วนต่างๆ ของหมึก	โลหะหนัก	MEC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		TDI (ไมโครกรัม/คน/วัน)	LOC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	RQ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
เนื้อส่วนหัว	แคดเมียม	0.159	1.630	42.800	1.157	0.137	1.409
	ตะกั่ว	0.091	1.070	183.429	4.958	0.018	0.216
	ปรอท	0.035	0.120	11.739	0.317	0.110	0.379
เนื้อส่วนลำตัว	แคดเมียม	0.060	0.220	42.800	1.157	0.052	0.190
	ตะกั่ว	0.020	0.200	183.429	4.958	0.004	0.040
	ปรอท	0.043	0.170	11.739	0.317	0.136	0.536
หนัง	แคดเมียม	0.078	0.410	42.800	1.157	0.067	0.354
	ตะกั่ว	0.047	0.380	183.429	4.958	0.009	0.077
	ปรอท	0.029	0.140	11.739	0.317	0.091	0.442
ถุงหมึก	แคดเมียม	0.575	9.470	42.800	1.157	0.497	8.185
	ตะกั่ว	0.021	0.300	183.429	4.958	0.004	0.061
	ปรอท	0.038	0.300	11.739	0.317	0.120	0.946
อวัยวะภายใน	แคดเมียม	1.866	12.020	42.800	1.157	1.613	10.389
	ตะกั่ว	0.077	1.160	183.429	4.958	0.016	0.234
	ปรอท	0.035	0.150	11.739	0.317	0.110	0.473

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคหมึก แสดงให้เห็นว่า การบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึกมีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่วและปรอท โดย RQ ของตะกั่วและปรอทมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.377 และ 0.946 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ แวตตา และคณะ (2557) ที่พบว่า การบริโภคหมึกส่วนหัว และส่วนลำตัว มีความเสี่ยงต่ำต่อการได้รับตะกั่วและปรอท เช่นเดียวกัน โดย RQ ของตะกั่วมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.06 และ 0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และ RQ ของปรอทมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.48 และ 0.70 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่การบริโภคหมึกมีความเสี่ยงในระดับสูงต่อการได้รับแคดเมียม โดย RQ ของแคดเมียมในส่วนถุงหมึกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.544 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เช่นเดียวกับการศึกษาของ แวตตา และคณะ (2557) ซึ่งพบว่า RQ ของเนื้อส่วนหัวมีค่าสูงสุดมากกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์หมึกจากโรงงานผู้ผลิตในพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ในปี 2564–2565 (ตารางผนวกที่ 12) แสดงให้เห็นว่า การบริโภคผลิตภัณฑ์หมึกแต่ละชนิด ยังคงมีความปลอดภัยจากการได้รับแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท โดย RQ ของแคดเมียมในผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.450, 0.996, 0.990 และ 0.020 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ RQ ของตะกั่ว มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.159, 0.016, 0.020 และ 0.002 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และ RQ ของปรอท มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.017, 0.372, 0.536 และ 0.145 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ การบริโภคหมึกอย่างต่อเนื่องอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพราะความเสี่ยงในการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณโลหะหนักที่สะสมตามส่วนต่างๆ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับอัตราการบริโภคของแต่ละบุคคลด้วย

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อหมึกส่วนหัว เนื้อหมึกส่วนลำตัว หนัง ถุงหมึก และอวัยวะภายในของหมึก 4 ชนิด คือ หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม ซึ่งเก็บตัวอย่างจากแหล่งประมงบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย และฝั่งอันดามัน ตั้งแต่เดือนเมษายน 2564 ถึงเดือนเมษายน 2565 พบว่า

1. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม มีปริมาณการสะสมของแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.00–0.34, 0.00–4.81, 0.00–6.63 และ 0.00–0.22 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยหมึกสายมีปริมาณการสะสมของแคดเมียมสูงกว่าหมึกชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.000$) ปริมาณการสะสมของตะกั่วอยู่ในช่วง 0.00–0.39, 0.00–0.09, 0.00–0.41 และ 0.00–0.20 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณการสะสมของตะกั่วในหมึกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และปริมาณการสะสมของปรอทอยู่ในช่วง 0.00–0.07, 0.00–0.10, 0.00–0.10 และ 0.00–0.17 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยปริมาณการสะสมของปรอทในหมึกแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยที่มีความยาวเฉลี่ย 8.3–17.0 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดองที่มีความยาวเฉลี่ย 7.1–22.0 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายที่มีความยาวเฉลี่ย 4.8–12.1 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอมที่มีความยาวเฉลี่ย 6.4–20.9 เซนติเมตร ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของหมึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

3. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม (ยกเว้นการสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสาย) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างหมึกจากแหล่งประมงฝั่งอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน

4. การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วยและหมึกกระดองในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสายและหมึกหอม รวมทั้งการสะสมของตะกั่วและปรอทในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอมในแต่ละเดือน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

5. การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม (ยกเว้นการสะสมของตะกั่วและปรอทในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

6. ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคส่วนต่างๆ ของหมึก มีความเสี่ยงในระดับสูงต่อการได้รับแคดเมียม โดย RQ ของแคดเมียมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 13.544 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แต่มีความเสี่ยงในระดับต่ำต่อการได้รับตะกั่วและปรอท โดย RQ ของตะกั่วและปรอทมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.377 และ 0.946 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณาผลงานวิชาการของกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงที่ให้คำปรึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขงานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลชุมพร ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลระนอง และศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลภูเก็ต ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2565. การจัดการคุณภาพน้ำ. แหล่งที่มา <https://www.pcd.go.th/waters>. 6 สิงหาคม 2565.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2529. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 เรื่องมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนลงวันที่ 21 มกราคม พ.ศ. 2529. กระทรวงสาธารณสุข. 1 หน้า.
- กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ. 2565. รายงานปริมาณและมูลค่าสินค้าประมงของไทย. แหล่งที่มา https://www.fisheries.go.th/strategy-tradestat/index.php?option=com_goods&view=imports&layout=search&Itemid=140. 6 สิงหาคม 2565.
- กลุ่มเศรษฐกิจการประมง. 2565. รายงานสถานการณ์สินค้าหมึก. แหล่งที่มา <https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/pages/Cuttlefish.html>. 15 เมษายน 2565.
- จากฤ น้อยจินดา, นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์ และ คณิตา ตั้งคณานุรักษ์. 2560. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำตามความลึกและในดินตะกอนที่ทำเรือแหลมฉบังและท่าเรือกรุงเทพฯ ประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 31(2): 1-13.
- จินตนา กิจเจริญวงศ์, พิพัฒน์ นพคุณ และ สุชาติพิย วิทยชัยวุฒิจิต. 2533. แคดเมียมในอาหารทะเล. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 40(3): 341-346.
- ชัชฎาภรณ์ สมปักษ์. 2556. แนวโน้มการสะสมแคดเมียมในหมึกบริเวณอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 81 หน้า.
- ธงชัย พุ่มทองศิริ. 2557. การผลิตหมึกดำผงสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร. 87 หน้า.
- นิธิยา รัตนานนท์ และ วิบูลย์ รัตนานนท์. 2543. สารพิษในอาหาร. โอ.เอส.พรินต์ติ้งเฮาส์, กรุงเทพมหานคร. 270 หน้า.
- พงศ์เทพ วิวรรณเดช. 2547. การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 184 หน้า.
- พลทรัพย์ วิรุฬหกุล. 2557. โลหะหนัก: สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ของไทย. แหล่งที่มา <http://slbkb.psu.ac.th/jspui/handle/2558/2404>. 15 เมษายน 2565.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 323 หน้า.
- รัชดา อธิพิงษ์ และ วลัย คล้ายยา. 2557. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2557 กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 38 หน้า.
- รุ่งนภา หนูกล้า, ธิติรัตน์ คงชัย และ อรุณา มะหมัด. 2564. ระดับแคดเมียมในหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ปี 2560. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2564 กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.
- วิษุตา สังข์แก้ว. 2549. การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในหมึกเพื่อการส่งออก. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพมหานคร. 39 หน้า.
- แววตา ทองระอา, ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุตาวรรณ และ อาวุธ หมั่นหาผล. 2557. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพในการได้รับโลหะหนักจากการบริโภคอาหารทะเล บริเวณชายฝั่งนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 19(2): 39-54.

- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2549. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพมหานคร. 248 หน้า.
- เสถียรพงษ์ ขาวหิโต, เกษม จันทรแก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล และ ชาทรี นิมป็น. 2558. การสะสมโลหะหนัก (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb) ในหอยตลับ (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) บริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ยที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ในเขตตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 7(14): 64–74.
- อรดี แจ่มอุลิตรัตน์. 2547. วิเคราะห์ปรอทและแคดเมียมในดินตะกอนจากอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 95 หน้า.
- อัญชิรา มะณีนวงศ์, สุรินทร์พร ยิ้มกัน และ พันธุ์สุภา เดชารักษ์. 2566. การปนเปื้อนปริมาณโลหะหนักในส่วนต่างๆ ของหมีกบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2566 กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 30 หน้า.
- อัยยา กังสุวรรณ, พรณิ ครชาตรี. 2536. ปริมาณแคดเมียมในหมีก. รายงานสัมมนาวิชาการกรมประมง ประจำปี 2536. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 708–714.
- 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: 12960–12974.
- AOAC. 2019a. Lead, Cadmium, Zinc, Copper and Iron in Foods. Chapter 9, Sec. 9.1.08, AOAC Official Method 999.10. AOAC International 21st Edition. p. 16–19.
- AOAC. 2019b. Mercury in Fish. Chapter 9, Sec. 9.2.24, AOAC Official Method 974.14. AOAC International 21st Edition. p. 42.
- 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: 2700–2730.
- FAO/WHO. 2011a. Evaluation of Certain Contaminants in Food: Seventy-Second Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 959. WHO Press, Geneva. 105 pp.
- FAO/WHO. 2011b. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants: Seventy-Third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series No. 960. WHO Press, Geneva. 226 pp.
- 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.
- <https://www.pobpad.com>. 6 สิงหาคม 2565.
- https://www.siamhealth.net/public_html/environment/lead.htm. 6 สิงหาคม 2565.

- 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): 165–203.
- MPP-EAS. 1999. Environmental Risk Assessment: A Practical Guide for Tropical Ecosystems. MPP-EAS Technical Report 21. Global Environment Facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme for the Prevention and Management of Pollution in the East Asian Seas, Quezon City, Philippines. 88 pp.
- 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.
- Panutrakul, S., R. P. P. K. Jayasinghe and C. Chookong. 2008. Heavy Metal Contents in Purpleback Squid (*Sthenoteuthis oualaniensis*) from the Bay of Bengal. The Ecosystem-Based Fishery Management in the Bay of Bengal. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. P. 233–244.
- PEMSEA. 2001. Manila Bay: Initial Risk Assessment. PEMSEA Technical Information Report No. 2001/01. Global Environment Facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme on Building Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia. Quezon City, Philippines. 112 pp.
- PEMSEA. 2004. Chonburi Initial Risk Assessment. PEMSEA Technical Information Report No. 2. Global Environment Facility/United Nations Development Programme/International Maritime Organization Regional Programme on Building Partnerships in Environmental Management for the Seas of East Asia. Quezon City, Philippines. 128 pp.
- Rekha, R. and B. G. Rao. 2018. Bioaccumulation of Heavy Metals in Cuttlefish (*Sepiella inermis*) from Visakhapatnam Coastal Waters. *Int. J. Sci. Res.* 7: 687–693.
- Sangiuliano, D., C. Rubio, A. J. Gutiérrez, D. González-Weller, C. Revert, A. Hardisson, E. Zanardi and S. Paz. 2017. Metal Concentrations in Samples of Frozen Cephalopods (Cuttlefish, Octopus, Squid and Shortfin Squid): An Evaluation of Dietary Intake. *J. Food Prot.* 80(11): 1867–1871.
- 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: 218–224.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall Inc., London. 659 pp.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การสะสมของแคดเมียมในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.340	0.111±0.014 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.010–0.520	0.103±0.017 ^a
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–4.810	0.280±0.124 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–1.150	0.199±0.049 ^a
หมึกสาย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–6.630	0.815±0.230 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.020–1.150	0.242±0.042 ^a
หมึกหอม	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.220	0.060±0.011 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.020	0.014±0.010 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 2 การสะสมของตะกั่วในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.390	0.034±0.013 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.790	0.028±0.018 ^b
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.090	0.012±0.004 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.080	0.011±0.003 ^a
หมึกสาย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.410	0.047±0.015 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.100	0.015±0.005 ^a
หมึกหอม	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.200	0.020±0.008 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.010	0.004±0.004 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 3 การสะสมของปรอทในเนื้อส่วนลำตัวและผลิตภัณฑ์หมึกกล้วย หมึกกระดอง หมึกสาย และหมึกหอม

ชนิดหมึก	ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณปรอท (ไมโครกรัม/กรัม)	
		ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
หมึกกล้วย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.070	0.021±0.003 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.050	0.014±0.002 ^a
หมึกกระดอง	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.100	0.030±0.004 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.120	0.042±0.005 ^b
หมึกสาย	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.100	0.022±0.004 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.000–0.170	0.013±0.006 ^b
หมึกหอม	เนื้อส่วนลำตัว	0.000–0.170	0.043±0.008 ^a
	ผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565	0.040–0.050	0.042±0.005 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีอักษรกำกับต่างกันในแต่ละชนิด แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 4 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกล้วย ในแต่ละเดือน

เดือน	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เม.ย. 64	2	0.125±0.005 ^{abc}	0.015±0.015 ^a	0.010±0.010 ^a
พ.ค. 64	2	0.105±0.005 ^{abc}	0.000±0.000 ^a	0.035±0.025 ^a
มิ.ย. 64	3	0.133±0.032 ^{ab}	0.170±0.115 ^a	0.010±0.000 ^a
ก.ค. 64	3	0.090±0.045 ^{abc}	0.000±0.000 ^a	0.007±0.003 ^a
ส.ค. 64	2	0.160±0.030 ^{abc}	0.020±0.020 ^a	0.015±0.005 ^a
ก.ย. 64	3	0.090±0.050 ^{bc}	0.003±0.003 ^a	0.020±0.006 ^a
ต.ค. 64	2	0.325±0.015 ^{abc}	0.020±0.000 ^a	0.010±0.000 ^a
พ.ย. 64	3	0.083±0.030 ^{ab}	0.030±0.006 ^a	0.013±0.003 ^a
ธ.ค. 64	3	0.077±0.026 ^{ab}	0.033±0.029 ^a	0.030±0.015 ^a
ม.ค. 65	3	0.117±0.076 ^{abc}	0.013±0.009 ^a	0.040±0.017 ^a
ก.พ. 65	3	0.010±0.000 ^a	0.023±0.003 ^a	0.013±0.003 ^a
มี.ค. 65	3	0.097±0.039 ^{bc}	0.083±0.060 ^a	0.037±0.015 ^a
เม.ย. 65	3	0.123±0.044 ^c	0.007±0.007 ^a	0.023±0.003 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 5 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกกระดอง ในแต่ละเดือน

เดือน	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เม.ย. 64	2	0.220±0.040 ^{ab}	0.030±0.030 ^a	0.040±0.040 ^a
พ.ค. 64	2	0.090±0.030 ^{ab}	0.045±0.045 ^a	0.020±0.010 ^a
มิ.ย. 64	3	0.063±0.039 ^a	0.000±0.000 ^a	0.010±0.000 ^a
ก.ค. 64	4	0.095±0.041 ^{ab}	0.000±0.000 ^a	0.018±0.008 ^a
ส.ค. 64	2	0.330±0.220 ^{ab}	0.005±0.005 ^a	0.045±0.045 ^a
ก.ย. 64	4	1.273±1.180 ^b	0.000±0.000 ^a	0.040±0.004 ^a
ต.ค. 64	3	0.347±0.127 ^{ab}	0.010±0.010 ^a	0.017±0.007 ^a
พ.ย. 64	5	0.158±0.048 ^a	0.022±0.013 ^a	0.036±0.016 ^a
ธ.ค. 64	4	0.145±0.057 ^{ab}	0.025±0.009 ^a	0.023±0.008 ^a
ม.ค. 65	3	0.073±0.041 ^a	0.010±0.010 ^a	0.020±0.006 ^a
ก.พ. 65	2	0.105±0.065 ^{ab}	0.020±0.020 ^a	0.035±0.005 ^a
มี.ค. 65	2	0.125±0.045 ^{ab}	0.000±0.000 ^a	0.055±0.025 ^a
เม.ย. 65	2	0.300±0.120 ^b	0.000±0.000 ^a	0.045±0.005 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 6 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกสาย ในแต่ละเดือน

เดือน	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เม.ย. 64	3	0.140±0.070 ^a	0.010±0.010 ^a	0.047±0.023 ^a
พ.ค. 64	2	0.550±0.360 ^a	0.025±0.005 ^a	0.010±0.000 ^a
มิ.ย. 64	4	0.135±0.070 ^a	0.023±0.023 ^a	0.010±0.004 ^a
ก.ค. 64	3	0.697±0.340 ^a	0.097±0.097 ^a	0.017±0.003 ^a
ส.ค. 64	2	1.170±1.150 ^a	0.070±0.020 ^a	0.025±0.005 ^a
ก.ย. 64	3	0.283±0.058 ^a	0.010±0.010 ^a	0.020±0.000 ^a
ต.ค. 64	2	1.195±0.005 ^a	0.015±0.005 ^a	0.015±0.005 ^a
พ.ย. 64	3	0.837±0.692 ^a	0.003±0.003 ^a	0.013±0.003 ^a
ธ.ค. 64	5	0.166±0.039 ^a	0.096±0.039 ^a	0.012±0.007 ^a
ม.ค. 65	3	0.213±0.153 ^a	0.017±0.017 ^a	0.040±0.030 ^a
ก.พ. 65	2	0.630±0.050 ^a	0.015±0.015 ^a	0.025±0.005 ^a
มี.ค. 65	2	4.825±1.805 ^a	0.230±0.180 ^a	0.035±0.005 ^a
เม.ย. 65	2	2.355±2.025 ^a	0.000±0.000 ^a	0.030±0.000 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 7 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในเนื้อส่วนลำตัวของหมึกหอม ในแต่ละเดือน

เดือน	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เม.ย. 64	2	0.020±0.010 ^a	0.030±0.010 ^a	0.005±0.005 ^a
พ.ค. 64	2	0.000±0.000 ^a	0.075±0.065 ^a	0.025±0.005 ^a
มิ.ย. 64	2	0.055±0.025 ^a	0.125±0.075 ^a	0.090±0.000 ^a
ก.ค. 64	2	0.040±0.020 ^a	0.050±0.050 ^a	0.060±0.060 ^a
ส.ค. 64	2	0.075±0.035 ^a	0.000±0.000 ^a	0.025±0.015 ^a
ก.ย. 64	3	0.017±0.003 ^a	0.000±0.000 ^a	0.013±0.003 ^a
ต.ค. 64	3	0.043±0.023 ^a	0.000±0.000 ^a	0.020±0.010 ^a
พ.ย. 64	2	0.170±0.010 ^a	0.005±0.005 ^a	0.070±0.020 ^a
ธ.ค. 64	3	0.100±0.063 ^a	0.000±0.000 ^a	0.053±0.030 ^a
ม.ค. 65	2	0.120±0.050 ^a	0.020±0.020 ^a	0.035±0.005 ^a
ก.พ. 65	3	0.097±0.050 ^a	0.003±0.003 ^a	0.073±0.035 ^a
มี.ค. 65	4	0.018±0.005 ^a	0.008±0.008 ^a	0.015±0.003 ^a
เม.ย. 65	2	0.060±0.020 ^a	0.000±0.000 ^a	0.105±0.065 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 8 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกกล้วย

ส่วนต่างๆ ของหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เนื้อส่วนหัว	35	1.326±0.441 ^b	0.081±0.035 ^b	0.025±0.005 ^a
เนื้อส่วนลำตัว	35	0.111±0.014 ^a	0.034±0.013 ^{ab}	0.021±0.003 ^a
หนัง	35	0.447±0.196 ^{ab}	0.043±0.009 ^b	0.018±0.004 ^a
ถุงหมึก	35	3.713±0.665 ^c	0.034±0.021 ^a	0.034±0.006 ^a
อวัยวะภายใน	35	3.449±0.709 ^c	0.118±0.058 ^{ab}	0.022±0.004 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 9 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกกระดอง

ส่วนต่างๆ ของหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เนื้อส่วนหัว	38	1.210±0.295 ^b	0.022±0.006 ^{ab}	0.027±0.003 ^{ab}
เนื้อส่วนลำตัว	38	0.280±0.124 ^a	0.012±0.004 ^a	0.030±0.004 ^{ab}
หนัง	38	0.283±0.070 ^a	0.059±0.012 ^{bc}	0.022±0.004 ^a
ถุงหมึก	38	3.885±0.756 ^{bc}	0.048±0.014 ^{ab}	0.026±0.004 ^a
อวัยวะภายใน	38	4.428±0.637 ^c	0.123±0.022 ^c	0.044±0.006 ^b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 10 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกสาย

ส่วนต่างๆ ของหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เนื้อส่วนหัว	36	1.454±0.345 ^a	0.058±0.018 ^a	0.019±0.002 ^a
เนื้อส่วนลำตัว	36	0.815±0.230 ^a	0.047±0.015 ^a	0.022±0.004 ^a
หนัง	36	1.184±0.364 ^a	0.044±0.013 ^a	0.019±0.005 ^a
ถุงหมึก	36	6.200±0.808 ^b	0.189±0.027 ^b	0.060±0.011 ^b
อวัยวะภายใน	36	4.466±0.721 ^b	0.080±0.023 ^{ab}	0.046±0.011 ^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 11 การสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และปรอท (ไมโครกรัม/กรัม) ในส่วนต่างๆ ของหมึกหอม

ส่วนต่างๆ ของหมึก	จำนวน (N)	ปริมาณโลหะหนัก (ค่าเฉลี่ย±ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน)		
		แคดเมียม	ตะกั่ว	ปรอท
เนื้อส่วนหัว	32	0.159±0.052 ^a	0.091±0.043 ^a	0.035±0.006 ^a
เนื้อส่วนลำตัว	32	0.060±0.011 ^a	0.020±0.008 ^a	0.043±0.008 ^a
หนัง	32	0.078±0.016 ^a	0.047±0.015 ^a	0.029±0.006 ^a
ถุงหมึก	32	0.575±0.293 ^b	0.021±0.011 ^a	0.038±0.010 ^a
อวัยวะภายใน	32	1.866±0.523 ^b	0.077±0.038 ^a	0.035±0.007 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางผนวกที่ 12 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในผลิตภัณฑ์หมึกปี 2564–2565

ชนิดหมึก	โลหะหนัก	MEC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		TDI (ไมโครกรัม/คน/วัน)	LOC (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	RQ (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	
		ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
หมึกกล้ว	แคดเมียม	1.326	12.940	42.800	1.157	0.089	0.450
	ตะกั่ว	0.081	1.200	183.429	4.958	0.006	0.159
	ปรอท	0.025	0.200	11.739	0.317	0.043	0.017
หมึกกระดอง	แคดเมียม	0.111	0.340	42.800	1.157	0.172	0.996
	ตะกั่ว	0.034	0.390	183.429	4.958	0.002	0.016
	ปรอท	0.021	0.070	11.739	0.317	0.131	0.372
หมึกสาย	แคดเมียม	0.447	6.110	42.800	1.157	0.209	0.990
	ตะกั่ว	0.043	0.190	183.429	4.958	0.003	0.020
	ปรอท	0.018	0.090	11.739	0.317	0.042	0.536
หมึกหอม	แคดเมียม	3.449	14.000	42.800	1.157	0.012	0.020
	ตะกั่ว	0.118	1.870	183.429	4.958	0.001	0.002
	ปรอท	0.022	0.080	11.739	0.317	0.131	0.145