

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๕/๒๕๖๖



Technical Paper No.5/2023

ศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำหรับ
ซูริมิแช่เยือกแข็งบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

Study on Natural Phosphate Content in Economic Aquatic-Animals
for Frozen Surimi in the Upper Southern Region

อรวรรณ กาญจนะ
อังคณา จุลนวล

Orawan Kanjana
Angkhana Junlanuan

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

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

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ ๕/๒๕๖๖



Technical Paper No.5/2023

ศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำหรับ
ซูริมิแช่เยือกแข็งบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน
Study on Natural Phosphate Content in Economic Aquatic-Animals
for Frozen Surimi in the Upper Southern Region

อรวรรณ กาญจนะ
อังคณา จุลนวล

Orawan Kanjana
Angkhana Junlanuan

ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
สุราษฎร์ธานี
กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง
กรมประมง
๒๕๖๖

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

รหัสทะเบียนวิจัย 64-1-0807-64020-01

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
วิธีดำเนินการ	5
1. การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง	5
2. เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์	6
3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง	7
4. การวิเคราะห์ข้อมูล	7
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	7
1. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มาภาคใต้ตอนบน	7
2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความยาว) และน้ำหนักของปลากับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	8
3. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากทะเล ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย	14
4. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาแต่ละชนิดจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน	16
5. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิดในแต่ละจังหวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 0.5	18
สรุปผลการศึกษา	21
ข้อเสนอแนะ	22
คำขอบคุณ	22
เอกสารอ้างอิง	23
ภาคผนวก ก	25
ภาคผนวก ข	27

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มา ภาคใต้ตอนบน	8
2	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากทะเลฝั่งอันดามันและ ฝั่งอ่าวไทย	15
3	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาแต่ละชนิดจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ ตอนบน	17
4	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่เกินมาตรฐานในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจาก แหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน	20
ตารางผนวกที่		
1	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทูนาในในแต่ละจังหวัด	27
2	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทูในในแต่ละจังหวัด	27
3	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาหลังเขียวในในแต่ละจังหวัด	28
4	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาปากคมในในแต่ละจังหวัด	29
5	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาดาบเงินในในแต่ละจังหวัด	29

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงภาพปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาดาบเงิน	5
2 แสดงการวัดความยาวตัวปลา	6
3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาหวานกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	9
4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	9
5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	10
11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาดาบเงินกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาดาบเงินกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาหวานฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาหวานฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	11
17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาดาบเงินฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาดาบเงินฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	12
23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13
26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13
27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13
28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	13
29	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	14
30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	14
31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาบเงินฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	14
32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาบเงินฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)	14

ศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำหรับ ซูริมิแช่เยือกแข็งบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน

อรวรรณ กาญจนะ* และ อังคณา จุลนวล
ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี

บทคัดย่อ

ศึกษาปริมาณฟอสเฟตในสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ได้แก่ ปลาตาหวาน (*Priacanthus spp.*) ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*) ปลาหลังเขียว (*Sardinella spp.*) ปลาปากคม (*Saurida spp.*) และปลาตาเงิน (*Trichiurus lepturus*) จากทะเลฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต และกระบี่ จำนวน 48 ตัวอย่างต่อชนิดปลา รวมทั้งสิ้น 240 ตัวอย่าง และทะเลฝั่งอ่าวไทย ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร จำนวน 48 ตัวอย่างต่อชนิดปลา รวมทั้งสิ้น 240 ตัวอย่าง ผลการศึกษา พบว่า ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาเงิน มีปริมาณฟอสเฟตอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.46, 0.21-0.71, 0.28-0.77, 0.22-0.59, และ 0.13-0.57 ตามลำดับ โดยพบปริมาณฟอสเฟตเกินมาตรฐาน จำนวน 68 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 14.16 ของตัวอย่างทั้งหมด ทั้งนี้ ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยในปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าสูงกว่าปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยในปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าร้อยละ 0.39 ± 0.12 ในขณะที่ปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยมีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยร้อยละ 0.36 ± 0.11 สำหรับความยาวและน้ำหนักของปลาทั้ง 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสเฟต

คำสำคัญ: ปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติ, สัตว์น้ำเศรษฐกิจ, อุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็ง, ซูริมิ

* ผู้รับผิดชอบ: 20/62 หมู่ 7 ต.ท่าข้าม อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี 84130 โทร 0 7731 0728
e-mail: orawan.k@dof.mail.go.th

Study on Natural Phosphate Content in Economic Aquatic-Animals for Frozen Surimi in the Upper Southern Region

Orawan Kanjana* and Angkhana Junlanuan
Suratthani Fish Inspection and Research Center

Abstract

The phosphate contents in economic aquatic animals including Purple-spotted bigeye (*Priacanthus spp.*), threadfin bream (*Nemipterus spp.*), Goldstrip sardinella (*Sardinella spp.*), Brushtooth lizardfish (*Saurida spp.*) and Largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) were studied. 48 samples per species, totaling 240 samples were from the Andaman Sea in Ranong, Phangnga, Phuket, and Krabi provinces and 48 samples per species, totaling 240 samples were from the Gulf of Thailand in Nakhon Si Thammarat, Surat Thani, and Chumphon provinces. The result showed that phosphate contents in Purple-spotted bigeye, threadfin bream, Goldstrip sardinella, Brushtooth lizardfish and Largehead hairtail were in the range of 0.13 - 0.46%, 0.21 - 0.71%, 0.28 - 0.77%, 0.22 - 0.59%, and 0.13 - 0.57%, respectively. 68 out of 480 samples, representing 14.16 percent of the total samples, were exceeded the standard. The average phosphate content in fish from the Andaman Sea was significantly higher than those from the Gulf of Thailand ($P < 0.05$). The average phosphate content in fish from the Andaman Sea was $0.39 \pm 0.12\%$ while the fish from the Gulf of Thailand had an average phosphate content of $0.36 \pm 0.11\%$. There was no correlation on phosphate content for the length and weight of all 5 species of fish from the Andaman Sea and the Gulf of Thailand.

Keywords: natural phosphate content, economic aquatic-animals, frozen food industry, surimi

* Corresponding author: 20/62 Moo 7, Thakam, Phunphin District, Suratthani Province, 84130. Tel. 0 7731 0728 E-mail: orawan.k@dof.mail.go.th

คำนำ

อุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำแช่เยือกแข็งเป็นธุรกิจสินค้าส่งออกที่สำคัญ และมีบทบาทต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากการสร้างรายได้มูลค่าสูงนับแสนล้านบาทต่อปีจากการส่งออกผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งของไทยมีจุดแข็งด้านกระบวนการผลิตที่มีมาตรฐานจึงเป็นที่ยอมรับจากประเทศผู้นำเข้าทั่วโลก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ประมงที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักไปเป็นปริมาณมากหลังการละลายน้ำแข็ง (thawing) เนื่องจากขณะที่เป็นน้ำแข็ง น้ำจะถูกเปลี่ยนโครงสร้างเกิดผลึกซึ่งมีความคม และเนื้อเยื่อมีการหดตัว กลไกนี้ทำให้น้ำแข็งเซลล์ถูกทำลาย เมื่อนำมาละลายของเหลวที่อยู่ภายในเซลล์จะไหลออกมา ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก และส่งผลต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อ ทำให้รสชาติความเหนียวนุ่มเปลี่ยนแปลงไป จึงมีการประยุกต์ใช้ฟอสเฟตในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง ซึ่งได้รับการรับรองให้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additives) ที่มีความปลอดภัยและใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อย่างไรก็ตามการใช้สารประกอบฟอสเฟตในอาหารมีการกำหนดปริมาณแตกต่างกันในแต่ละประเภท และในกระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำ นิยมใช้วิธีการจุ่ม เช่น การจุ่มแช่ปลาในสารละลายฟอสเฟต เพื่อปรับปรุงรสชาติของเนื้อปลาให้ดีขึ้นและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (อำนวย, 2508; นงนุช, 2544) และการเติมลงไปในระหว่างกระบวนการผลิต นิยมใช้ในการผลิตไส้กรอกและซูริมิ โดยฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อ ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อสัมผัส ช่วยคงความชื้นและรสชาติ ป้องกันการออกซิเดชันของไขมัน ยืดอายุการเก็บสินค้า ลดการสูญเสียน้ำหนัก และทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Goncalves and Ribeiro, 2008) อย่างไรก็ตามการบริโภคสัตว์น้ำหรือผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีสารฟอสเฟตปริมาณสูงเกินไป โดยเฉพาะฟอสเฟตอินทรีย์ที่มีการเติมลงไปในกระบวนการผลิต ส่งผลให้ระบบการทำงานของหัวใจ หลอดเลือด ไต ทำงานผิดปกติ (Ritz *et al.*, 2012)

สารประกอบฟอสเฟตที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นสารจำพวกโพลีฟอสเฟต ซึ่งมีหลายชนิด เช่น โซเดียมแอซิดไฟโรฟอสเฟต (SAPP) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) และโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (SHMP) เป็นต้น โดยนิยมใช้โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) มากที่สุดซึ่งปริมาณและชนิดของฟอสเฟตที่ใช้ในการแปรรูปสัตว์น้ำแช่เยือกแข็งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสัตว์น้ำ และมีการใช้โพลีฟอสเฟตกันอย่างแพร่หลายในการผลิตซูริมิ เนื่องจากทำให้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เพิ่มขึ้น และเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นทำให้การละลายของโปรตีนและค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของเจล ปริมาณสารโพลีฟอสเฟตที่ใช้ในการผลิตซูริมิที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 0.2 ถึง 0.3 ส่วนค่า pH ที่เหมาะสมคือ 6.5 ถึง 7.5 ซึ่งจะสามารถป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ทำให้สามารถรักษาคุณสมบัติที่สำคัญในการนำซูริมิไปใช้ เช่น การเกิดเจล ตลอดจนสามารถลดการสูญเสียความชื้น (สุทธรวัฒน์, 2549) ทั้งนี้ซูรินิยมผลิตจากปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาลังเขียว ปลาปากคม และปลาดาบเงิน เป็นต้น เนื่องจากจับได้ในปริมาณมาก ไม่มีกลิ่นโคลน และราคาไม่แพง รวมทั้งทำให้ได้ซูริมิที่มีกลิ่นดีและเจลที่มีคุณภาพ ประเทศไทยส่งออกซูริมิในปี 2564 ช่วงเดือนมกราคม - ธันวาคม ปริมาณ 17,767.20 ตัน มูลค่า 1,722.76 ล้านบาท และเพิ่มขึ้นในปี 2565 ในช่วงเดือนมกราคม - พฤศจิกายน โดยส่งออกปริมาณ 23,379.139 ตัน มูลค่า 3,144.88 ล้านบาท ส่วนใหญ่ส่งออกประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และสิงคโปร์ (สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย, 2565)

ประเทศผู้นำเข้าสินค้าประมงมีการกำหนดมาตรฐานของปริมาณฟอสเฟตที่อนุญาตให้ตรวจพบได้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น ปริมาณฟอสเฟตในรูปของ Phosphorus pentoxide (P_2O_5)

สหภาพยุโรปอนุญาตให้ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็ง ไม่เกินร้อยละ 0.10 และในผลิตภัณฑ์กุ้ง ปู ปลา และหอยแช่เยือกแข็ง ไม่เกินร้อยละ 0.50 (European Parliament and Council Directive, 1995) สาธารณรัฐประชาชนจีนอนุญาตให้ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง ไม่เกินร้อยละ 0.37 และผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องไม่เกินร้อยละ 0.075 และประเทศแคนาดาอนุญาตให้ใช้ฟอสเฟตเฉพาะที่เป็นวัตถุเจือปนอาหารในรูปของ Na_2HPO_4 โดยกำหนดปริมาณฟอสเฟตที่อนุญาตให้ตรวจพบได้ในรูป P_2O_5 ไม่เกินร้อยละ 0.25 ของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแต่ละชนิด (Canadian Food Inspection Agency, 2014) และมีอีกหลายประเทศที่เพิ่มความเข้มงวด ควบคุมปริมาณการใช้ฟอสเฟตมากขึ้น และจากข้อมูลรายงานผลวิเคราะห์ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2555-2564 พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาแช่เยือกแข็งจำนวน 474 ตัวอย่าง ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-0.47 และผลิตภัณฑ์ซูริมิจำนวน 30 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.02-0.10 รวมทั้งรายงานผลการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งเกินมาตรฐานของประเทศ ผู้นำเข้าจากศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสมุทรสาครเมื่อปี พ.ศ.2564 จำนวน 32 ตัวอย่าง และปี พ.ศ.2565 จำนวน 33 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งส่งออกสาธารณรัฐประชาชนจีนเกินมาตรฐานร้อยละ 0.37 พบค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.38-0.62 และเกินมาตรฐานร้อยละ 0.50 พบค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.51-0.88 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็งส่งออกสหภาพยุโรป พบค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.16-0.23

การตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งไม่ได้เกิดจากการใช้ฟอสเฟตในกระบวนการผลิตเท่านั้น แต่เกิดจากปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติของสัตว์น้ำที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต รวมกับปริมาณฟอสเฟตที่เติมลงไประหว่างกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในการผลิตผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็งมีการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงไปในการกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติที่สำคัญของซูริมิ เช่น การเกิดเจล ตลอดจนสามารถลดการสูญเสียความชื้น (สุทธวัฒน์, 2549) และเมื่อรวมกับปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติที่มีอยู่ในตัวปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตซูริมิอาจทำให้มีปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สูงเกินมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอนินทรีย์ที่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นหลัก ฟอสฟอรัสในสัตว์น้ำอาจจะมาจากอาหารตามธรรมชาติ อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง และการเติมลงไปในการผลิตระหว่างกระบวนการแปรรูป ซึ่งต้องคำนึงถึงปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพื่อไม่ให้มีปริมาณฟอสเฟตสูงเกินมาตรฐาน คณะผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในปลาชนิดต่างๆ ได้แก่ ปลาดูฮวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาดาบเงิน ซึ่งเป็นปลาเศรษฐกิจที่นำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตซูริมิแช่เยือกแข็งจากแหล่งที่มาบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน เพื่อเป็นข้อมูลปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติของปลาทั้ง 5 ชนิด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำแช่เยือกแข็งในการเฝ้าระวังการใช้สารประกอบฟอสเฟตให้เกิดความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง รวมทั้ง กรมประมงสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพสินค้าประมงเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อการบริโภค

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็ง ได้แก่ ปลาดูฮวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาดาบเงิน

วิธีดำเนินการ

1. การเก็บและการเตรียมตัวอย่าง

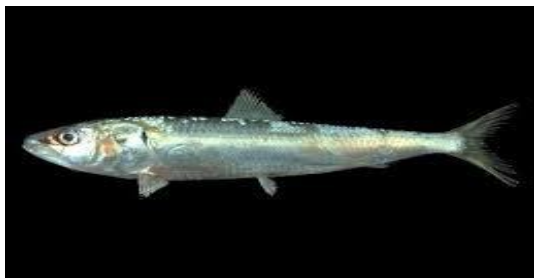
1.1 เก็บตัวอย่างปลาทะเลจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ปลาดาวหวาน (*Priacanthus spp.*) ปลาทรายแดง (*Nemipterus spp.*) ปลาหลังเขียว (*Sardinella spp.*) ปลาปากคม (*Saurida spp.*) และ ปลาตาบเงิน (*Trichiurus lepturus*) ดังภาพที่ 1 จากท่าเทียบเรือในพื้นที่จังหวัดภาคใต้ตอนบน ซึ่งแบ่งเป็นทะเลฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง และฝั่งอ่าวไทย ได้แก่ จังหวัด นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ชุมพร ในช่วงเดือนมกราคม 2564-มกราคม 2565



ปลาดาวหวาน Purple-spotted bigeye
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Priacanthus spp.*



ปลาทรายแดง Threadfin bream
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nemipterus spp.*



ปลาหลังเขียว Goldstrip sardinella
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Sardinella spp.*



ปลาปากคม Brushtooth lizardfish
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saurida spp.*



ปลาตาบเงิน Largehead hairtail
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Trichiurus lepturus*

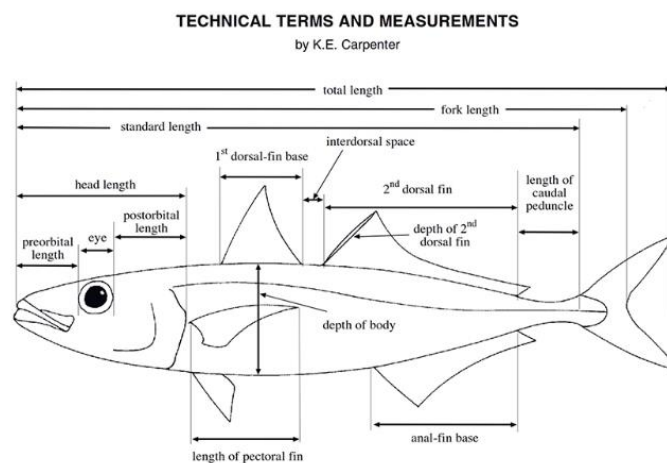
ภาพที่ 1 แสดงภาพปลาดาวหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน
(ที่มาภาพ 1-5 : ศูนย์บริหารจัดการด้านตรวจสัตว์น้ำเขต 7 สุราษฎร์ธานี, 2564)

1.2 เก็บตัวอย่างปลาจำนวน 96 ตัวอย่างต่อชนิดปลา จากทะเลฝั่งอันดามัน จำนวน 48 ตัวอย่าง และจากทะเลฝั่งอ่าวไทย จำนวน 48 ตัวอย่าง รวมเป็นตัวอย่างทั้งสิ้น 480 ตัวอย่าง

1.3 เก็บตัวอย่างปริมาณ 1,000-2,000 กรัมต่อตัวอย่างต่อชนิดปลา และบันทึกแหล่งที่มาของสัตว์น้ำเก็บรักษาคุณภาพของตัวอย่างปลาในกล่องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส ด้วยน้ำแข็งก่อนนำส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ทางเคมีศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ภายใน 24 ชั่วโมง

1.4 ศึกษาขนาดของปลาโดยวัดความยาวตั้งแต่ปลายสุดของจะงอยปากจนถึงส่วนปลายสุดของครีบหาง (ไพเราะ, 2544) ดังภาพที่ 2 และชั่งน้ำหนัก พร้อมกำหนดหมายเลขตัวอย่าง

1.5 นำเฉพาะส่วนที่บริโภคได้ของตัวอย่างปลาน้ำหนักไม่น้อยกว่า 300 กรัม ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตโดยเครื่อง spectrophotometer



ภาพที่ 2 แสดงการวัดขนาดความยาวตัวปลา
(ที่มา : ไพเราะ ศุภธารณ์ และ คณะ. 2544)

2. เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 2.1 เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Jasco รุ่น V-750
- 2.2 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 323S
- 2.3 เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์ Deionized water ยี่ห้อ Elga รุ่น Purlab
- 2.4 เครื่องหมุนเหวี่ยงสารให้ตกตะกอน (Centrifuge)
- 2.5 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ Heto รุ่น HMT200
- 2.6 หลอดพลาสติกฝาเกลียวชนิด Polypropylene ขนาด 50 ml และ 15 ml
- 2.7 Trichloroacetic acid ชนิด analytical reagent grade
- 2.8 Hydrochloric acid ชนิด analytical reagent grade
- 2.9 Ammonium molybdate tetrahydrate ชนิด analytical reagent grade
- 2.10 Tin (II) chloride dihydrate ชนิด analytical reagent grade
- 2.11 Potassium dehydrate phosphate ชนิด analytical reagent grade

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

วิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตในรูป Phosphorus pentoxide (P_2O_5) ของปลาทะเลทั้ง 5 ชนิด โดยวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีของ Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center (1992) รายละเอียดขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ตามภาคผนวก ก

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลปริมาณฟอสเฟตที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 17 ดังนี้

4.1 ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances

4.3 นำข้อมูลหาความสัมพันธ์เชิงเส้นแบบถดถอย (Regression line) ของปริมาณฟอสเฟตกับขนาดปลา โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple linear regression analysis) และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มาภาคใต้ตอนบน

ผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเล 5 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน จำนวน 480 ตัวอย่าง มีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในทุกตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าปลาทั้ง 5 ชนิดมีการสะสมปริมาณฟอสเฟตอยู่ในตัวสัตว์น้ำแสดงดังตารางที่ 1 โดยพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาตาหวาน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.46 ปลาทรายแดง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-0.71 ปลาหลังเขียว มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.28-0.77 ปลาปากคม มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-0.59 และปลาตาบเงิน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13 -0.57 และปลาทั้ง 5 ชนิด พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 โดยปลาหลังเขียวพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) สูงสุด รองลงมาเป็นปลาทรายแดง ปลาปากคม ปลาตาบเงิน และปลาตาหวาน ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างของวลยา และคณะ (เอกสารอยู่ระหว่างจัดทำ) พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) สูงสุดในปลาหลังเขียว มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-0.63 ปลากระพงข้างเหลือง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.14-0.60 ปลาปากคม มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.05-0.58 ปลาตาหวาน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.11-0.55 และปลาทรายแดง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.18-0.54 ตามลำดับ และนอกจากนี้การศึกษาของ Teixeira *et al.* (2017) พบว่า ปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของสัตว์น้ำ โดยหมึก มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.38 ± 0.7 ปลาทุบ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.40 ± 0.4 ปลาแมคเคอเรล ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.64 ± 0.2 และปลาชาร์ดิน ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.66 ± 0.3 จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าปลาหลังเขียว ปลาแมคเคอเรล และปลาชาร์ดิน ซึ่งเป็นปลาในกลุ่มเดียวกัน

มีการสะสมปริมาณฟอสเฟตสูงที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบนกับบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง พบว่า ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยปลาตาหวานบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง สูงกว่าบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน และปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว และปลาปากคมบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบนสูงกว่าพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปลาแต่ละชนิดมีปริมาณฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิด และอาจมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟตของปลา เนื่องจากฟอสเฟตประกอบด้วยฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่มีการหมุนเวียนในระบบนิเวศ/จากน้ำสู่ดินตามวัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle) ผ่านกระบวนการต่างๆของสิ่งมีชีวิต โดยฟอสฟอรัสในสัตว์น้ำอาจจะมาจากอาหารตามธรรมชาติ อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง ซึ่งปลาตาหวาน เป็นปลาที่อาศัยบริเวณน้ำตื้นชายฝั่งทะเลจนถึงบริเวณที่ลึกไม่เกิน 100 เมตร ปลาทรายแดง อาศัยบริเวณที่เป็นพื้นโคลนแถบปากแม่น้ำ แนวชายฝั่ง แนวหญ้าทะเล แนวปะการังไปจนถึงทะเลเปิด ปลาหลังเขียว หากินอาหารบริเวณผิวน้ำและกลางน้ำ อาศัยในบริเวณทะเลชายฝั่งจนถึงปากแม่น้ำ ปลาปากคม เป็นปลากินเนื้อ และสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ อาศัยในบริเวณหน้าดินของทะเลชายฝั่ง แนวปะการัง และทะเลลึก ปลาตาบเงิน เป็นปลาที่อยู่ในกลุ่มปลากินเนื้อ และแพลงก์ตอน อาศัยบริเวณผิวน้ำตื้นตื้นน้ำตื้นใกล้ทะเลชายฝั่งไปจนถึงทะเลเปิด (กรมประมง, 2564) บริเวณที่ปลาอาศัยและการกินอาหารของปลาอาจส่งผลให้มีการสะสมปริมาณฟอสเฟตที่แตกต่างกันได้

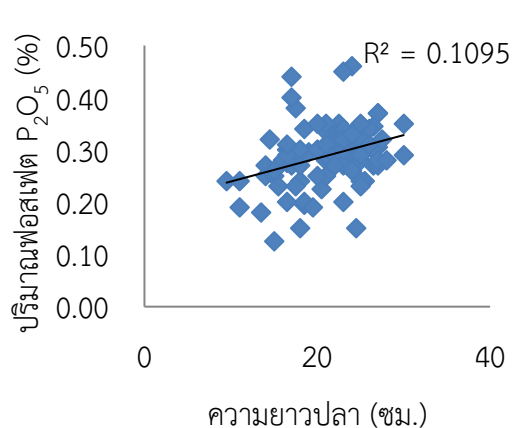
ตารางที่ 1 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มาภาคใต้ตอนบน

ชนิดปลา	จำนวนตัวอย่าง	ความยาวตัว (เซนติเมตร)			ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก/ตัว (กรัม) $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)		
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตาหวาน	96	9.5	30.0	21.07 $\pm$ 4.40	163.17 $\pm$ 78.46	0.13	0.46	0.29 $\pm$ 0.06
ทรายแดง	96	5.0	29.0	18.47 $\pm$ 5.11	119.19 $\pm$ 69.01	0.21	0.71	0.40 $\pm$ 0.08
หลังเขียว	96	10.0	21.5	14.95 $\pm$ 2.31	48.56 $\pm$ 26.92	0.28	0.77	0.49 $\pm$ 0.10
ปากคม	96	13.0	40.0	25.25 $\pm$ 6.03	175.20 $\pm$ 126.20	0.22	0.59	0.40 $\pm$ 0.08
ตาบเงิน	96	30.0	89.5	55.25 $\pm$ 14.41	305.03 $\pm$ 133.21	0.13	0.57	0.29 $\pm$ 0.09
รวมปลา 5	480	-	-	-	-	0.13	0.77	0.37 $\pm$ 0.11

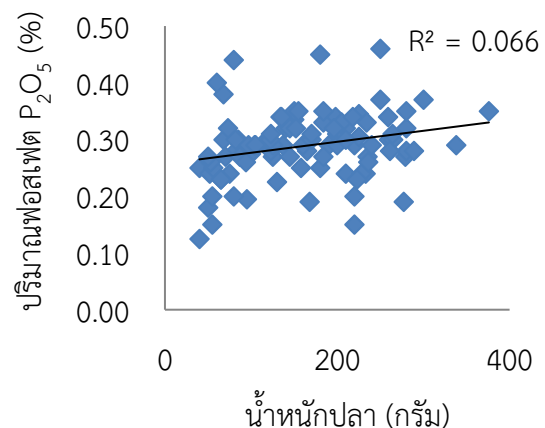
2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความยาว) และน้ำหนักของปลากับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)

จากการศึกษาปริมาณฟอสเฟตของปลา 5 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน พบว่ามีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ทุกตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าปลาทั้ง 5 ชนิดมีการสะสมปริมาณฟอสเฟตอยู่ในตัวสัตว์น้ำ และจากการศึกษาการปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือของรัชดา และวลัย (2557) พบว่าปริมาณ ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม ที่ตรวจพบในสัตว์น้ำทะเล (ปลา หมึก และกุ้ง) ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของตัวสัตว์น้ำ แต่จากการศึกษาระดับแคดเมียม

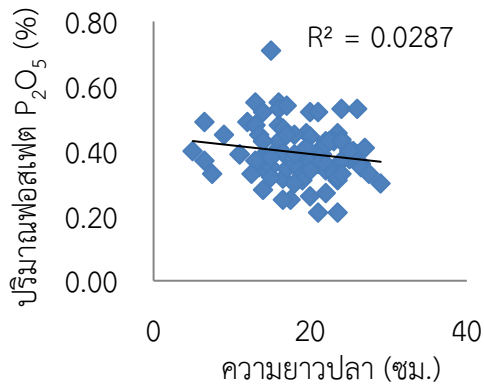
ในหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ปี 2560 ของรุ่งนภา และคณะ (2564) พบว่า ขนาดของหมึกสายมีผลต่อการสะสมปริมาณแคดเมียมในส่วนหัวและลำตัว ซึ่งพบว่าหมึกสายขนาดเล็กมีการปนเปื้อนของปริมาณแคดเมียมในส่วนหัวและลำตัวมากกว่าหมึกสายขนาดกลางและขนาดใหญ่ ดังนั้นขนาดความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กรัม) ของปลาทั้ง 5 ชนิดจากแหล่งทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย อาจจะมีผลต่อการสะสมปริมาณฟอสเฟต ซึ่งปลาทั้ง 5 ชนิดเป็นปลาที่มีลักษณะทางนิเวศวิทยาที่แตกต่างกัน มีขนาดตัวเต็มวัยที่ไม่เท่ากัน บางชนิดมีขนาดใหญ่ บางชนิดมีขนาดเล็ก โดยพบว่าปลาตาบเงินมีขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวปลามากที่สุดที่ความยาวเฉลี่ย 55.25 ± 14.41 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 305.03 ± 133.21 กรัมต่อตัว ปลาปากคมและปลาตาหวานมีขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวปลาใกล้เคียงกันที่ความยาวเฉลี่ย 25.25 ± 6.03 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 175.20 ± 126.20 กรัมต่อตัว และความยาวเฉลี่ย 21.07 ± 4.40 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 163.17 ± 78.46 กรัมต่อตัว ตามลำดับ ปลาทรายแดงมีความยาวเฉลี่ย 18.47 ± 5.11 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 119.19 ± 69.01 กรัมต่อตัว และปลาหลังเขียวมีขนาดความยาวเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวปลาน้อยที่สุดที่ความยาวเฉลี่ย 14.95 ± 2.31 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 48.56 ± 26.92 กรัมต่อตัว แสดงดังตารางที่ 1 แต่ปริมาณฟอสเฟตอาจจะมีความสัมพันธ์กับขนาดความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กรัม) ของปลา จึงได้นำข้อมูลขนาดความยาวและน้ำหนักของปลามาหาความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสเฟตที่พบ โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear regression analysis) และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2) พบว่าปริมาณฟอสเฟตไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดความยาวและน้ำหนักของปลาแต่ละชนิดจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ดังภาพที่ 3-32



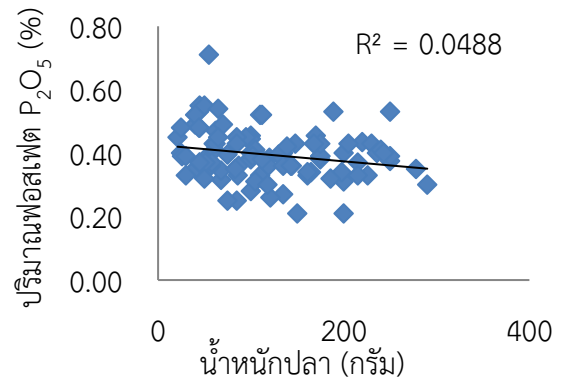
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาหวานกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



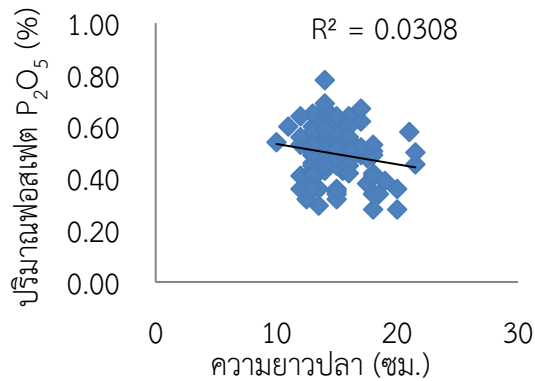
ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



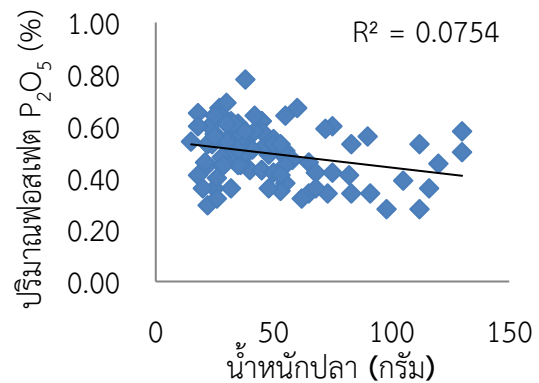
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



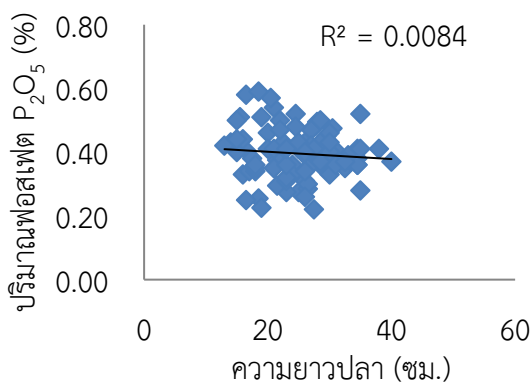
ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



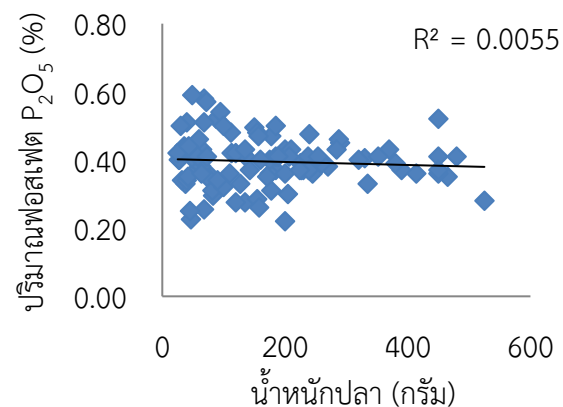
ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



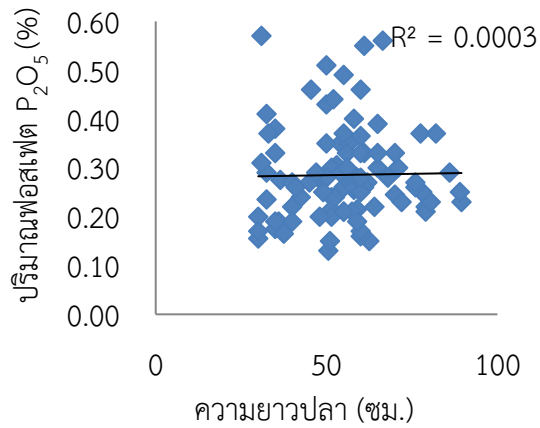
ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



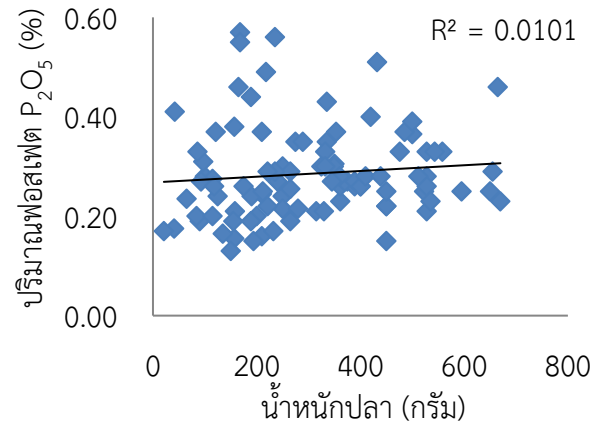
ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



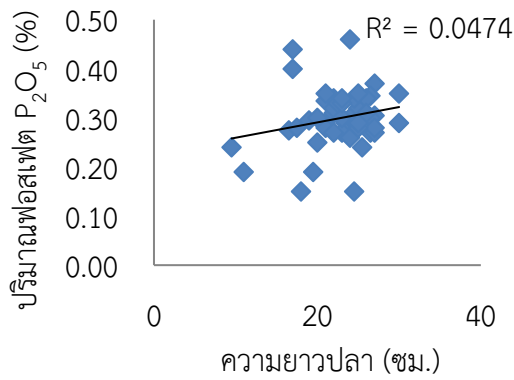
ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



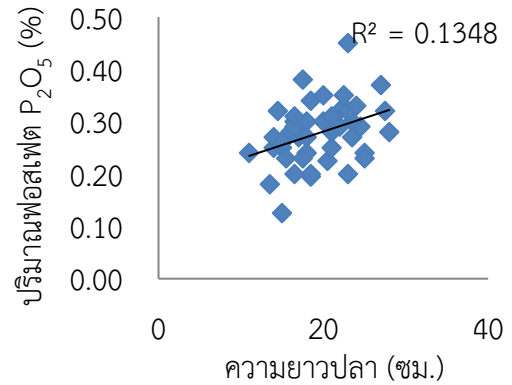
ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตบเงินกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



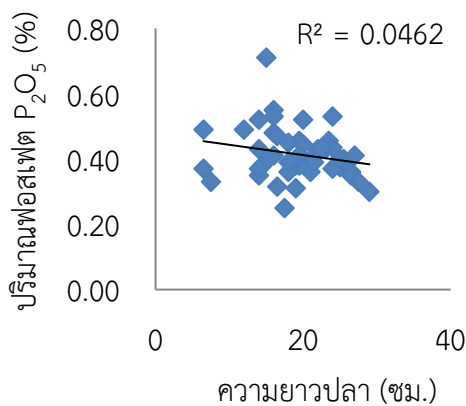
ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตบเงินกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



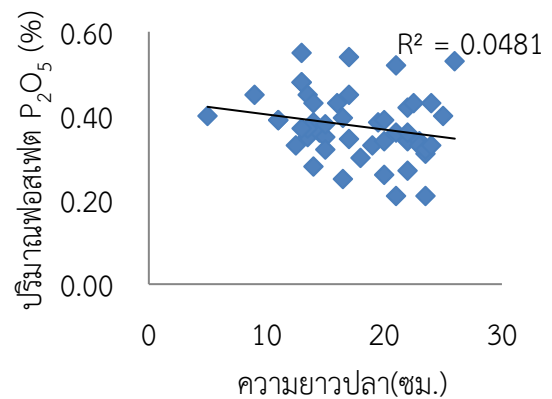
ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาดาวหน้างัดม้นกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



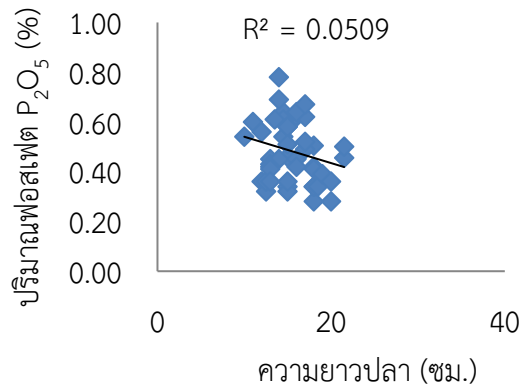
ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาดาวหน้างัดม้นกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



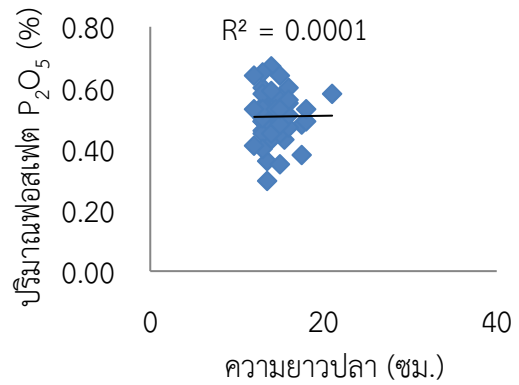
ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงฝัดม้นกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



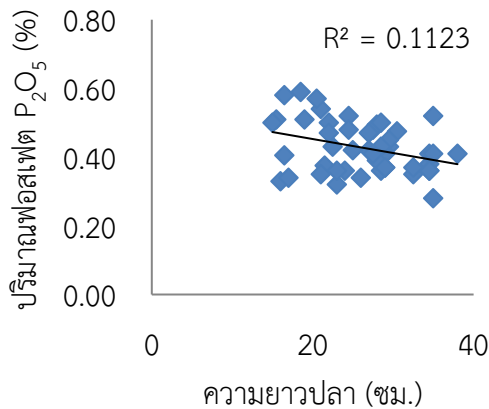
ภาพที่ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาทรายแดงฝัดม้นกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



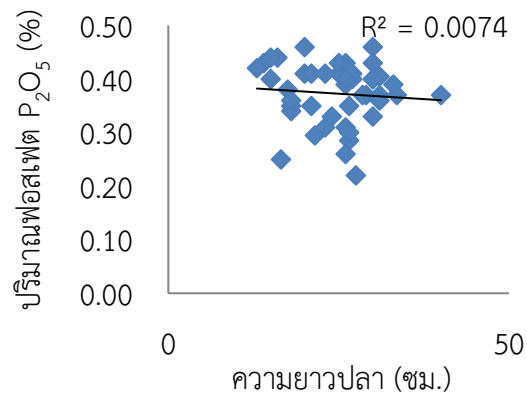
ภาพที่ 17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



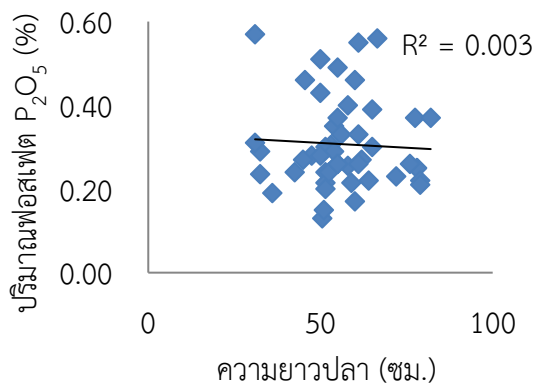
ภาพที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาหลังเขียวฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



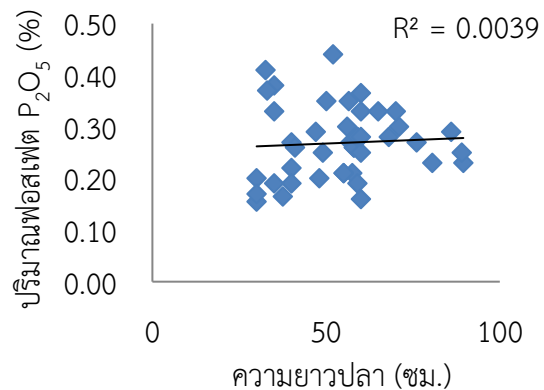
ภาพที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



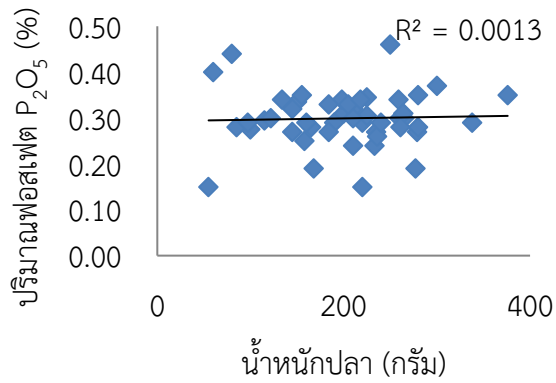
ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาปากคมฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



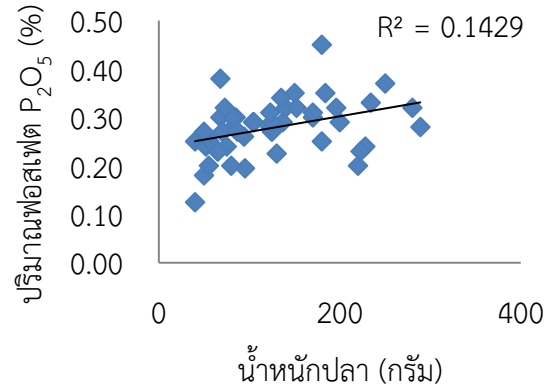
ภาพที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาบเงินฝั่งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



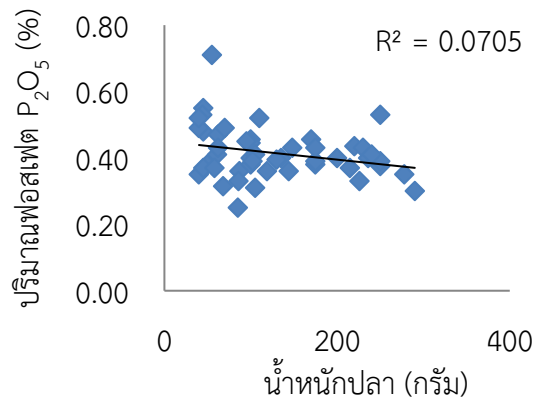
ภาพที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของปลาตาบเงินฝั่งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



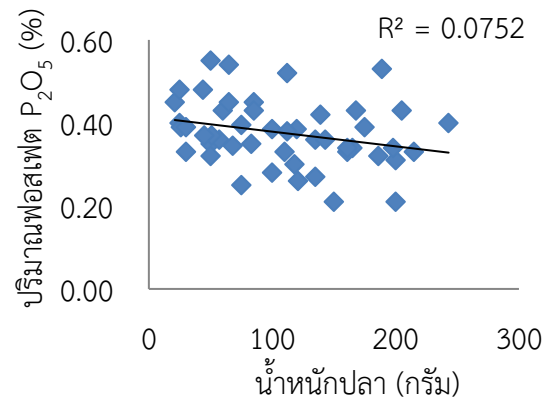
ภาพที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานฝึ้งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



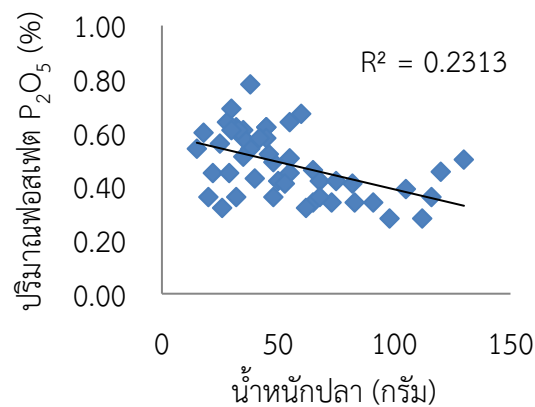
ภาพที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาหวานฝึ้งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



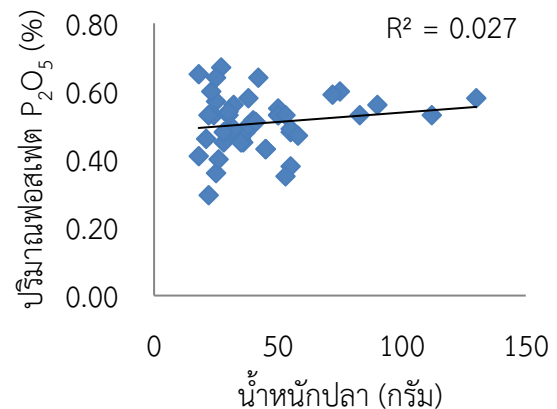
ภาพที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงฝึ้งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



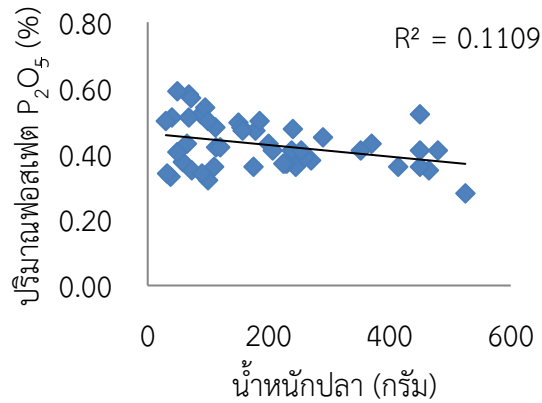
ภาพที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาทรายแดงฝึ้งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



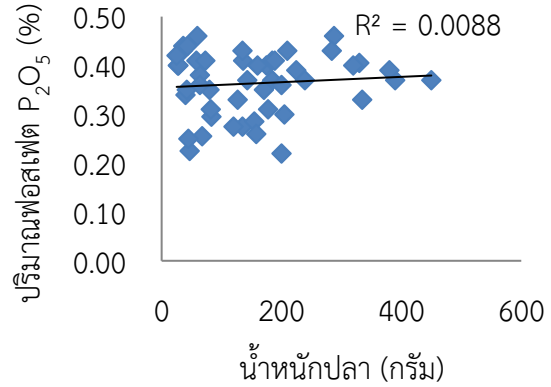
ภาพที่ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวฝึ้งอันดามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



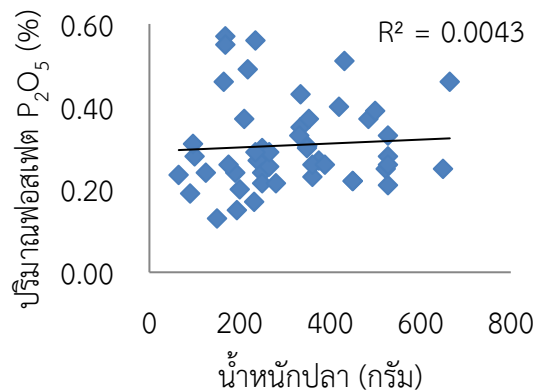
ภาพที่ 28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาหลังเขียวฝึ้งอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



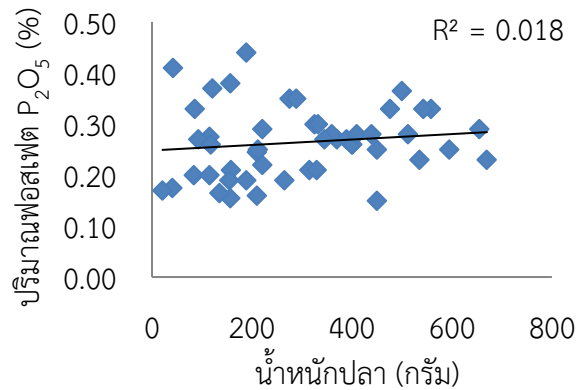
ภาพที่ 29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมฝัองอันตามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



ภาพที่ 30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาปากคมฝัองอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



ภาพที่ 31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาบเงินฝัองอันตามันกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)



ภาพที่ 32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของปลาตาบเงินฝัองอ่าวไทยกับปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)

3. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย

ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน ตามแหล่งที่มาของปลาจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ซึ่งปลาทั้ง 5 ชนิด เป็นปลาที่นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีผลการศึกษา แสดงดังตารางที่ 2 โดยพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาตาหวานจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.46 ทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.45 ปลาทรายแดงจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-0.71 ทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-0.55 ปลาหลังเขียวจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.28-0.77 ทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.30-0.67 ปลาปากคมจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.28-0.59 ทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.22-0.46 ปลาตาบเงินจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.57 ทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.44 ซึ่งมีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ทุกตัวอย่าง จำนวน 480 ตัวอย่าง จากปลา 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอันดามัน จำนวน 240 ตัวอย่าง พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 และปลา 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอ่าวไทย

จำนวน 240 ตัวอย่าง พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.67 ทั้งนี้ ปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยในปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าสูงกว่าปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยในปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าร้อยละ 0.39 ± 0.12 ในขณะที่ปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยมีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยร้อยละ 0.36 ± 0.11 และพบว่า ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในปลาดาทาหวานและปลาหลังเขียวจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในปลาทรายแดง ปลาปากคม และปลาดาบเงินจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งปริมาณฟอสเฟตที่พบในสัตว์น้ำมีการสะสมอยู่ในตัวสัตว์น้ำเองตามธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสารฟอสเฟตจากน้ำเสียของบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากฟอสเฟตเป็นส่วนผสมในปุ๋ย ผงซักฟอก และน้ำยาทำความสะอาด เป็นต้น น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนรวมถึงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะมีสารประกอบฟอสฟอรัสกลุ่มฟอสเฟต และโพลีฟอสเฟต (พงศ์ศักดิ์, 2557) โดยฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก และสารประกอบต่างๆ ภายในเซลล์ ทั้งนี้ในสิ่งมีชีวิตจะมีสารประกอบฟอสเฟตในรูปสารอินทรีย์ (organic phosphates) ซึ่งอยู่ในรูปของเอสเตอร์ (ester) ของกรดฟอสฟอริก และยังสามารถพบสารประกอบฟอสเฟตในรูปของสารอนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphates) ได้ทั่วไป ในธรรมชาติเนื่องจากฟอสเฟตประกอบด้วยฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุที่มีการหมุนเวียนในระบบนิเวศ/จากน้ำสู่ดินตามวัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle) ผ่านกระบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 2 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย

ชนิดปลา	แหล่งที่มา	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าต่ำสุด- ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P(T<=t) two-tail
ดาหวาน	อันดามัน	48	0.15-0.46	0.30 ± 0.06^a	0.770
	อ่าวไทย	48	0.13-0.45	0.28 ± 0.06^a	
ทรายแดง	อันดามัน	48	0.25-0.71	0.42 ± 0.08^a	0.018
	อ่าวไทย	48	0.21-0.55	0.38 ± 0.08^b	
หลังเขียว	อันดามัน	48	0.28-0.77	0.48 ± 0.12^a	0.335
	อ่าวไทย	48	0.30-0.67	0.50 ± 0.08^a	
ปากคม	อันดามัน	48	0.28-0.59	0.43 ± 0.07^a	0.000
	อ่าวไทย	48	0.22-0.46	0.37 ± 0.06^b	
ดาบเงิน	อันดามัน	48	0.13-0.57	0.31 ± 0.11^a	0.040
	อ่าวไทย	48	0.15-0.44	0.27 ± 0.07^b	
รวมปลา 5 ชนิด	อันดามัน	240	0.13-0.77	0.39 ± 0.12^a	0.007
	อ่าวไทย	240	0.13-0.67	0.36 ± 0.11^b	

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันของปลาแต่ละชนิด แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาแต่ละชนิดจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน ตามแหล่งที่มาจาก จังหวัดระนอง พังงา กระบี่ ภูเก็ต นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร โดยมีผลการศึกษา แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ปลาตาหวาน มีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยสูงสุดจากจังหวัดพังงา มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.32 ± 0.05 รองลงมาเป็นจังหวัดสุราษฎร์ธานี ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.29 ± 0.07 จังหวัดระนอง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.29 ± 0.06 จังหวัดภูเก็ต ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.29 ± 0.04 จังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.28 ± 0.07 จังหวัดชุมพร ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.27 ± 0.04 และจังหวัดนครศรีธรรมราช ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.26 ± 0.04 ตามลำดับ ปลาทรายแดง มีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยสูงสุดจากจังหวัดพังงา ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.44 ± 0.08 รองลงมาเป็นจังหวัดระนอง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.43 ± 0.09 จังหวัดชุมพร ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.40 ± 0.06 จังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ± 0.05 จังหวัดภูเก็ต ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ± 0.05 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.36 ± 0.09 และจังหวัดนครศรีธรรมราช ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.35 ± 0.06 ตามลำดับ ปลาหลังเขียว มีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.63 ± 0.05 รองลงมาเป็นจังหวัดชุมพร ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.51 ± 0.06 จังหวัดนครศรีธรรมราช ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.50 ± 0.09 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.50 ± 0.08 จังหวัดพังงา ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.47 ± 0.08 จังหวัดภูเก็ต ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.42 ± 0.09 และจังหวัดระนอง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ± 0.09 ตามลำดับ ปลาปากคม มีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.45 ± 0.08 รองลงมาเป็นจังหวัดพังงา ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.44 ± 0.05 จังหวัดภูเก็ต ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.40 ± 0.08 จังหวัดระนอง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ± 0.05 จังหวัดสุราษฎร์ธานี ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.37 ± 0.06 จังหวัดชุมพร ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.36 ± 0.05 และจังหวัดนครศรีธรรมราช ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.35 ± 0.07 ตามลำดับ ปลาตาบเงิน มีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.38 ± 0.13 รองลงมาเป็นจังหวัดระนอง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.29 ± 0.09 จังหวัดชุมพร ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.29 ± 0.07 จังหวัดพังงา ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.28 ± 0.11 จังหวัดภูเก็ต ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.27 ± 0.04 จังหวัดนครศรีธรรมราช ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.25 ± 0.06 และจังหวัดสุราษฎร์ธานี ค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.24 ± 0.05 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่ตรวจพบของปลาแต่ละชนิดในแต่ละจังหวัด พบว่า ปลาตาหวาน ค่าปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่ตรวจพบในแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน ค่าปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่ตรวจพบในแต่ละจังหวัดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาแต่ละชนิดจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

ชนิดปลา	จังหวัด	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าต่ำสุด- ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	P-value
ตาหวาน	กระบี่	12	0.15-0.40	0.28±0.07	0.172
	พังงา	12	0.25-0.46	0.32±0.05	
	ภูเก็ต	12	0.19-0.34	0.29±0.04	
	ระนอง	12	0.19-0.44	0.29±0.06	
	นครศรีธรรมราช	16	0.20-0.37	0.26±0.04	
	สุราษฎร์ธานี	16	0.13-0.45	0.29±0.07	
	ชุมพร	16	0.20-0.38	0.27±0.04	
ทรายแดง	กระบี่	12	0.31-0.52	0.39±0.05	0.024
	พังงา	12	0.25-0.55	0.44±0.08	
	ภูเก็ต	12	0.30-0.49	0.39±0.05	
	ระนอง	12	0.32-0.71	0.43±0.09	
	นครศรีธรรมราช	16	0.21-0.48	0.35±0.06	
	สุราษฎร์ธานี	16	0.21-0.55	0.36±0.09	
	ชุมพร	16	0.27-0.54	0.40±0.06	
หลังเขียว	กระบี่	12	0.58-0.77	0.63±0.05	0.000
	พังงา	12	0.32-0.62	0.47±0.08	
	ภูเก็ต	12	0.32-0.60	0.42±0.09	
	ระนอง	12	0.28-0.61	0.39±0.09	
	นครศรีธรรมราช	16	0.30-0.64	0.50±0.09	
	สุราษฎร์ธานี	16	0.35-0.67	0.50±0.08	
	ชุมพร	16	0.38-0.64	0.51±0.06	
ปากคม	กระบี่	12	0.32-0.59	0.45±0.08	0.000
	พังงา	12	0.34-0.52	0.44±0.05	
	ภูเก็ต	12	0.28-0.58	0.40±0.08	
	ระนอง	12	0.34-0.54	0.39±0.05	
	นครศรีธรรมราช	16	0.23-0.46	0.35±0.07	
	สุราษฎร์ธานี	16	0.22-0.46	0.37±0.06	
	ชุมพร	16	0.26-0.43	0.36±0.05	

ตารางที่ 3 (ต่อ) ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาแต่ละชนิดจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

ชนิดปลา	จังหวัด	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าต่ำสุด- ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	P-value
ดาบเงิน	กระบี่	12	0.15-0.56	0.38±0.13	0.003
	พังงา	12	0.13-0.57	0.28±0.11	
	ภูเก็ต	12	0.21-0.37	0.27±0.04	
	ระนอง	12	0.17-0.55	0.29±0.09	
	นครศรีธรรมราช	16	0.17-0.44	0.25±0.06	
	สุราษฎร์ธานี	16	0.15-0.33	0.24±0.05	
	ชุมพร	16	0.16-0.41	0.29±0.07	

5. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิดในแต่ละจังหวัดที่เกินมาตรฐานร้อยละ 0.5

ผลการศึกษาปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทะเล 5 ชนิดจาก 7 จังหวัดบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ได้แก่ จังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร จำนวน 480 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิดในแต่ละจังหวัดที่พบค่าเกินมาตรฐานร้อยละ 0.5 แสดงดังตารางที่ 4 โดยปลาตาหวานทั้ง 7 จังหวัดตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่เกินมาตรฐาน ปลาทรายแดง ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ค่าเกินมาตรฐาน จำนวนสูงสุดจากจังหวัดพังงา จำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมาเป็นจังหวัดสุราษฎร์ธานี และชุมพร จำนวนจังหวัดละ 2 ตัวอย่าง จังหวัดกระบี่ และจังหวัดระนอง จำนวนจังหวัดละ 1 ตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนจังหวัดภูเก็ต และจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่เกินมาตรฐาน ปลาหลังเขียว ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ค่าเกินมาตรฐาน จำนวนสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ จำนวน 12 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาเป็นจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดชุมพร จังหวัดพังงา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดระนอง ตามลำดับ ปลาปากคม ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ค่าเกินมาตรฐาน จำนวนสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ จำนวน 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมาเป็นจังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต และจังหวัดระนอง ตามลำดับ ส่วนจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดชุมพร ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่เกินมาตรฐาน ปลาตาเงิน ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เกินมาตรฐาน จำนวนสูงสุดจากจังหวัดกระบี่ จำนวน 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 16.66 รองลงมาเป็นจังหวัดพังงา และจังหวัดระนอง ตามลำดับ ส่วนจังหวัดภูเก็ต จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสุราษฎร์ธานี และ จังหวัดชุมพร ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่เกินมาตรฐาน ทั้งนี้ ปลาหลังเขียว จากจังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร ปลาทรายแดง จากจังหวัดกระบี่ พังงา ระนอง สุราษฎร์ธานี และชุมพร ปลาปากคม จากจังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต และระนอง และปลาตาเงิน จากจังหวัดกระบี่ พังงา และระนอง ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เกินมาตรฐาน ส่วนปลาตาหวานพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่เกินมาตรฐานในทุกจังหวัดที่ศึกษา

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง (2565) กำหนดค่ามาตรฐานปริมาณฟอสเฟต (P_2O_5) ที่อนุญาตให้ตรวจพบได้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง และกระป๋องไม่เกินร้อยละ 0.50 จากการศึกษาในครั้งนี้ ตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ทุกตัวอย่าง จำนวน 480 ตัวอย่าง โดยมีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทั้ง 5 ชนิด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 ซึ่งตรวจพบค่าเกินมาตรฐานร้อยละ 0.50 โดยพบค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.51-0.77 จำนวน 68 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 14.16 ของตัวอย่างทั้งหมด ทั้งนี้ ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงิน เป็นปลาที่นิยมนำมาทำซูริมิแช่เยือกแข็ง โดยสหภาพยุโรปอนุญาตให้ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซูริมิไม่เกินร้อยละ 0.10 ซึ่งปลาทั้ง 5 ชนิดมีค่าปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 อยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 ซึ่งเกินมาตรฐานร้อยละ 0.10 จำนวน 480 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าปลาทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ในตัวปลาสูงเกินมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็งส่งออกสหภาพยุโรป รวมทั้งในกระบวนการผลิตซูริมิแช่เยือกแข็ง มีการเติมสารประกอบฟอสเฟตลงไปเพื่อให้มีการละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นและสามารถป้องกันการสูญเสียสภาพของโปรตีนระหว่างการแช่เยือกแข็งและการเก็บรักษา ทำให้สามารถรักษาคุณสมบัติที่สำคัญในการนำซูริมิไปใช้ เช่น การเกิดเจล ตลอดจนสามารถลดการสูญเสียความชื้น ทั้งนี้ปริมาณสารโพลีฟอสเฟตที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตซูริมิ คือร้อยละ 0.2 ถึง 0.3 โดยใช้ร่วมกับน้ำตาลซอร์บิทอลและสารอื่นๆ (สุทธวัฒน์, 2549) ซึ่งหากไม่มีการควบคุมปริมาณการใช้สารประกอบฟอสเฟตในกระบวนการผลิตอาจทำให้พบปัญหาการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตสูงเกินมาตรฐานได้เนื่องจากในตัววัตถุดิบตั้งต้นมีการสะสมปริมาณฟอสเฟตอยู่ด้วย และจากข้อมูลรายงานผลการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ซูริมิแช่เยือกแข็งของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสมุทรสาครเมื่อปี 2564 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.11-0.31 และปี 2565 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.12-0.30 ทั้งนี้ ผู้ประกอบการควรระมัดระวังและกำหนดปริมาณการใช้ฟอสเฟตในกระบวนการผลิตเนื่องจากปลาที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมีปริมาณฟอสเฟตตั้งต้นในปริมาณสูงโดยเฉพาะปลาหลังเขียวซึ่งมีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) สูงสุด นอกจากนี้สาธารณสุขประชาชนจีนอนุญาตให้ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็งไม่เกินร้อยละ 0.37 และผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องไม่เกินร้อยละ 0.075 ซึ่งเป็นการกำหนดค่ามาตรฐานที่เข้มงวดขึ้น ทั้งนี้ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่ตรวจพบในตัวอย่างปลาทั้ง 5 ชนิดมีค่าปริมาณฟอสเฟตอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 ซึ่งเป็นค่าที่เกินมาตรฐานส่งออกสาธารณสุขประชาชนจีนสำหรับผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแช่เยือกแข็ง จำนวน 210 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 43.75 และผลิตภัณฑ์ปลากระป๋อง จำนวน 480 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 100 และจากข้อมูลการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างปลาดังกล่าวน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการในการประเมินความเสี่ยงและนำข้อมูลไปกำหนดปริมาณการใช้ฟอสเฟตสำหรับเติมลงไปในกระบวนการผลิต เพื่อไม่ให้มีปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์สูงเกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่เกินมาตรฐานในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

ชนิดปลา	จังหวัด	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)			จำนวนที่เกินมาตรฐาน	ร้อยละ
			ค่าต่ำสุด เกิน 0.5%	ค่าสูงสุด เกิน 0.5%	ค่าเฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน		
ตาหวาน	กระบี่	12	-	-	-	0	0.00
	พังงา	12	-	-	-	0	0.00
	ภูเก็ต	12	-	-	-	0	0.00
	ระนอง	12	-	-	-	0	0.00
	นครศรีธรรมราช	16	-	-	-	0	0.00
	สุราษฎร์ธานี	16	-	-	-	0	0.00
	ชุมพร	16	-	-	-	0	0.00
ทรายแดง	กระบี่	12	-	0.52	0.52	1	8.33
	พังงา	12	0.52	0.55	0.53±0.01	4	33.33
	ภูเก็ต	12	-	-	-	0	0.00
	ระนอง	12	-	0.71	0.71	1	8.33
	นครศรีธรรมราช	16	-	-	-	0	0.00
	สุราษฎร์ธานี	16	0.53	0.55	0.54±0.01	2	12.50
	ชุมพร	16	0.52	0.54	0.53±0.01	2	12.50
หลังเขียว	กระบี่	12	0.58	0.77	0.63±0.05	12	100.00
	พังงา	12	0.51	0.62	0.54±0.04	5	41.66
	ภูเก็ต	12	0.54	0.60	0.56±0.03	3	25.00
	ระนอง	12	-	0.61	0.61	1	8.33
	นครศรีธรรมราช	16	0.52	0.64	0.56±0.03	11	68.75
	สุราษฎร์ธานี	16	0.53	0.67	0.56±0.05	5	31.25
	ชุมพร	16	0.51	0.64	0.55±0.04	9	56.25

หมายเหตุ - = ไม่เกินมาตรฐาน 0.5%

ตารางที่ 4 (ต่อ) ฟอสเฟต P_2O_5 (%) ที่เกินมาตรฐานในตัวอย่างปลาทะเลที่จับธรรมชาติจากแหล่งที่มา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

ชนิดปลา	จังหวัด	จำนวนตัวอย่างทั้งหมด	ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%)			จำนวนที่เกินมาตรฐาน	ร้อยละ
			ค่าต่ำสุด เกิน 0.5%	ค่าสูงสุด เกิน 0.5%	ค่าเฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน		
ปากคม	กระบี่	12	0.51	0.59	0.54±0.04	4	33.33
	พังงา	12	-	0.52	0.52	2	16.66
	ภูเก็ต	12	-	0.58	0.58	1	8.33
	ระนอง	12	-	0.54	0.54	1	8.33
	นครศรีธรรมราช	16	-	-	-	0	0.00
	สุราษฎร์ธานี	16	-	-	-	0	0.00
	ชุมพร	16	-	-	-	0	0.00
ดาบเงิน	กระบี่	12	0.51	0.56	0.53±0.03	2	16.66
	พังงา	12		0.57	0.57	1	8.33
	ภูเก็ต	12	-	-	-	0	0.00
	ระนอง	12		0.55	0.55	1	8.33
	นครศรีธรรมราช	16	-	-	-	0	0.00
	สุราษฎร์ธานี	16	-	-	-	0	0.00
	ชุมพร	16	-	-	-	0	0.00
รวมปลา 5 ชนิด		480	0.51	0.77	-	68	14.16

หมายเหตุ - = ไม่เกินมาตรฐาน 0.5%

สรุปผลการศึกษา

1. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ปลาตาหวาน ปลาทูแดง ปลาลังเขียว ปลาปากคม และปลาดาบเงิน จาก 7 จังหวัดบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน ได้แก่ กระบี่ พังงา ภูเก็ต ระนอง นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี และชุมพร จำนวน 480 ตัวอย่าง พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 และพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 เกินมาตรฐานร้อยละ 0.50 จำนวน 68 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 14.16 ของตัวอย่างทั้งหมด

2. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลา 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอันดามัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.77 และปลา 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอ่าวไทย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.13-0.67 และปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เฉลี่ยในปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าสูงกว่าปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทย โดยปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยใน

ปลาจากทะเลฝั่งอันดามันมีค่าร้อยละ 0.39 ± 0.12 ในขณะที่ปลาจากทะเลฝั่งอ่าวไทยมีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยร้อยละ 0.36 ± 0.11

3. ปลาหลังเขียวพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 0.49 ± 0.10 รองลงมาเป็นปลาทรายแดง และปลาปากคม พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 เฉลี่ยร้อยละ 0.40 ± 0.08 ปลาตาบเงินและปลาตาหวาน พบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 เฉลี่ยต่ำสุดร้อยละ 0.29 ± 0.09 และ 0.29 ± 0.06 ตามลำดับ

4. ปลาหลังเขียวตรวจพบปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) เกินมาตรฐาน ทั้ง 7 จังหวัด โดยจังหวัดกระบี่ ตรวจพบปริมาณฟอสเฟตเกินมาตรฐานทุกตัวอย่าง รองลงมาคือจังหวัดนครศรีธรรมราช ชุมพร พังงา สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต และระนอง ตามลำดับ ปลาทรายแดงตรวจพบจากจังหวัดพังงา สุราษฎร์ธานี ชุมพร กระบี่ และระนอง ตามลำดับ ปลาปากคมตรวจพบจากจังหวัดกระบี่ พังงา ภูเก็ต และระนอง ตามลำดับ ปลาตาบเงินตรวจพบจากจังหวัดกระบี่ พังงา และระนอง ตามลำดับ ส่วนปลาตาหวานตรวจพบปริมาณฟอสเฟตไม่เกินมาตรฐานร้อยละ 0.50 จากทุกจังหวัดที่ศึกษา

5. ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดความยาว (เซนติเมตร) และน้ำหนัก (กรัม) ของปลาทั้ง 5 ชนิดจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทย

ข้อเสนอแนะ

การตรวจพบปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในตัวสัตว์น้ำอาจจะมาจากโครงสร้างของตัวสัตว์น้ำและอาจได้รับการสะสมจากสารเคมีจากแหล่งครัวเรือนที่ปล่อยลงแม่น้ำ จากการตรวจพบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในตัวสัตว์น้ำมีปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติ และการศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในครั้งนี้ ทำการศึกษาเฉพาะปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาหลังเขียว ปลาปากคม และปลาตาบเงินจากทะเลฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยเท่านั้น มีการตรวจพบปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำ ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบตามชนิดปลาและแหล่งที่มาของฟอสเฟต และยังคงมีสัตว์น้ำตัวอื่นๆ ที่มีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ และมีการใช้สารประกอบฟอสเฟตในระหว่างกระบวนการผลิต เช่น กุ้ง ปู อาจมีปริมาณฟอสเฟตสูงเกินมาตรฐานและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค คณะผู้วิจัยเห็นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์น้ำอื่นๆ เพื่อจะได้มีข้อมูลในการเฝ้าระวัง

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถานประกอบการท่าเทียบเรือ โรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ในเขตพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง พังงา กระบี่ และภูเก็ต ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างและให้ข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางเคมี และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานีทุกท่านที่ได้ เสียสละและอุทิศเวลาให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี และคณะกรรมการศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงสุราษฎร์ธานี ที่ให้คำแนะนำและกำกับดูแลเพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการวิชาการกองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมงที่ได้เสียสละเวลาพิจารณาผลงานวิจัย ให้คำชี้แนะ แก้ไข และปรับปรุงผลงานให้มีความถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2564. พรณปลาไทยจากสายธารสู่มหานที 95 ปี กรมประมง
- กองตรวจสอบคุณภาพสินค้าประมง. 2565. มาตรฐานผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. แหล่งที่มา <http://www.fisheries.go.th/quality/std%20chem.html>. 5 กรกฎาคม 2565.
- กองตรวจสอบเรือประมง สินค้าสัตว์น้ำ และปัจจัยการผลิต. 2564. คู่มือการจำแนกชนิดสัตว์ศูนย์บริหารจัดการด้านตรวจประมงเขต 7 (สุราษฎร์ธานี), กรมประมง. 65 หน้า.
- นงนุช รักสกุลไทย. 2544. เอกสารประกอบการสอน วัตถุเจือปนอาหารในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 126.
- พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์ และ รัชชา ชัยชนะ. 2557. ผลกระทบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเกิดยูโทรฟิเคชันในแหล่งน้ำและการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส. ปีที่ 27 เมษายน-มิถุนายน 2557.(88): หน้า 57-67
- ไพเราะ ศุภธารณ์ และ คณะ. 2544. คู่มือการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยด้านชีวประวัติสัตว์ทะเล. กลุ่มชีวประวัติสัตว์ทะเล ศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่ง จังหวัดภูเก็ต, กรมประมง. 45 หน้า.
- วัลยา หอมหวล, นันทจิต จิตปรีชา และ ธันยาภรณ์ สุขช่วย. (เอกสารอยู่ระหว่างจัดทำ). ศึกษาปริมาณฟอสเฟตธรรมชาติในสัตว์น้ำเศรษฐกิจสำหรับอุตสาหกรรมอาหารแช่เยือกแข็งบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง.
- รัชดา อิทธิพงษ์ และ วลัย คลีฉายา. 2557. การปนเปื้อนโลหะหนักในสัตว์น้ำจากสะพานปลาท่าเทียบเรือ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 3/2557. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 38 หน้า.
- รุ่งนภา หนูกล้า, ธดารัตน์ คงชัย และ อรุมา มะหมัด. 2564. ระดับแคดเมียมในหมึกสายบริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ปี 2560. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 10/2564. กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 26 หน้า.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ซูริมิ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาสด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 327 หน้า.
- สมาคมอาหารแช่เยือกแข็งไทย. 2565. Summary of Thailand Export-Import of frozen seafood of January- November 2022 (Compare with 2021) แหล่งที่มา <https://www.thai-frozen.or.th/CN/Insights/StatisticsDetail/cd2631f5-3a53-4d0c-80d3-da116e5a7db5> 18 ธันวาคม 2565.
- อำนวยการ โขติญาณวงศ์. 2508. การใช้โพลีฟอสเฟตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของพลาสติกที่เก็บด้วยความเย็น. วิทยานิพนธ์การประมงบัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ประมง), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 46 หน้า.
- Canadian Food Inspection Agency. 2014. Fresh Products Standards and Methods Manual of

August 2014, Appendix 3 Canadian Guidelines for Chemical Contaminants and Toxins in Fish and fish Products. Available source: <http://www.inspection.gc./>. December 3, 2019.

European Parliament and Council Directive. 1995. No 95/2/EC of 20 February 1995. Food additives other than colours and sweeteners. Available source: https://www.fsai.ie/uploadedFiles/95_2_EC.pdf. December 3, 2019.

Goncalves, A. A. and J. L. D. Ribeiro. 2008. Do phosphates improve the seafood quality? Reality and Legislation. *Panam. J. Aquat. Sci.* 3(3): 237-247.

Long, N.H.B.S., R. Gal and F.Bunka. 2011 Use of phosphates in meat products. *J. Biotechnol.* 10(86): 19874-19882

Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development Center. 1992. Laboratory Manual on Analysis Methods and Procedures for Fish and Products. 2nd.edition. Singapore. : 9-15

Long, N.H.B.S., R. Gal and F.Bunka. 2011. Use of phosphates in meat products. *J. Biotechnol.* 10(86): 19874-19882.

Ritz, E., K. Hahn, M. Ketteler, M. K. Kuhlmann and J. Mann. 2012. Phosphate Additives in Food—a Health Risk. *Dtsch. Arztebl. Int.* 109(4): 49–55.

Teixeira B., H. Vieira, H. Lourenco, S. Goncalves, M. F. Martins and R. Mendes. 2017. Control of phosphate levels in seafood products from the Portuguese market: Is there a need for concern. *J. Food Compost Anal.* 62 (2017): 94-102.

ภาคผนวก ก

วิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตโดยเครื่อง Spectrophotometers ตามวิธีของ Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development Center (1992)

1. ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

1.1 สารละลาย Tin (II) chloride dehydrate เข้มข้นร้อยละ 1 โดยการละลาย Tin (II) chloride dehydrate จำนวน 0.25 กรัม ด้วย deionized water และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วย deionized water เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

1.2 สารละลาย Potassium dihydrogen phosphate เข้มข้น 10,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยการละลาย Potassium dihydrogen phosphate จำนวน 2.1970 กรัม ด้วย deionized water เทใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย deionized water เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เทใส่ขวด ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 1 เดือน

1.3 สารละลาย Potassium dihydrogen phosphate เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยการละลาย Potassium dihydrogen phosphate จำนวน 0.8788 กรัม ด้วย deionized water เทใส่ขวดวัดปริมาตร ขนาด 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย deionized water เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เทใส่ขวด ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 1 เดือน

1.4 สารละลาย Potassium dihydrogen phosphate เข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย Potassium dihydrogen phosphate เข้มข้น 1,000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (จากข้อ 3.3) จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย deionized water เขย่าให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์

ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างสัตว์น้ำจะถูกสกัดออกด้วยสารละลาย trichloroacetic acid จากนั้นเติม ammonium molybdate ลงในสารละลายของฟอสเฟต ทำให้เกิด phosphomolybdate เป็นสารประกอบสีส้มเหลือง สารประกอบนี้จะถูกรีดิวซ์ด้วย Tin chloride เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำเงิน (Molybdenum blue) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 830 นาโนเมตร โดยมีขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว จำนวน 10 กรัม ใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายร้อยละ 10 trichloroacetic acid (TCA) จำนวน 15 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดให้แน่น ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย (vortex) นานประมาณ 5 นาที และนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 3,500 rpm นาน 15 นาที

2. กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ลงในปิเปตอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร (ครั้งที่ 1) เติมสารละลายร้อยละ 10 trichloroacetic acid (TCA) จำนวน 15 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างอีกครั้ง ปิดฝาให้แน่น ผสมสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสารละลาย (vortex) นานประมาณ 5 นาที นำไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 3,500 rpm นาน 15 นาที

3. กรองส่วนใสผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร (ครั้งที่ 2) ปรับ pH ของสารละลายตัวอย่างที่กรองได้ด้วย 10 โมลาร์ (M) NaOH ให้อยู่ในระดับ pH 4.5-5 และ 1 โมลาร์ (M) NaOH เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย deionized water เขย่าผสมให้เข้ากัน
4. ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ด้วย deionized water เขย่าผสมให้เข้ากัน
5. ปิเปตสารละลายที่ได้จากข้อ 4 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดพลาสติกฝาเกลียวขนาด 10 มิลลิลิตร เติม deionized water 9 มิลลิลิตร เติมร้อยละ 1.5 ammonium molybdate จำนวน 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นเขย่าผสมให้เข้ากัน นำไปแช่ในน้ำเดือดนาน 10 นาที
6. เติมร้อยละ 1 Tin (II) chloride dehydrate จำนวน 1 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นเขย่าผสมให้เข้ากัน นำไปแช่ในน้ำเดือดนาน 10 นาที ตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
7. นำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 830 นาโนเมตร (nm)

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาตาหวานในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อำเภอไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
1	0.31	0.29	0.31	0.28	0.37	0.45	0.25
2	0.37	0.46	0.32	0.28	0.20	0.27	0.23
3	0.15	0.35	0.34	0.30	0.24	0.13	0.32
4	0.27	0.27	0.30	0.27	0.20	0.18	0.20
5	0.15	0.25	0.34	0.24	0.23	0.27	0.38
6	0.4	0.33	0.34	0.19	0.28	0.32	0.35
7	0.27	0.33	0.24	0.44	0.2	0.26	0.30
8	0.26	0.35	0.19	0.34	0.24	0.29	0.28
9	0.29	0.28	0.28	0.35	0.29	0.31	0.24
10	0.29	0.35	0.29	0.28	0.27	0.32	0.29
11	0.3	0.34	0.29	0.3	0.25	0.31	0.3
12	0.31	0.29	0.3	0.32	0.29	0.32	0.23
13					0.3	0.33	0.29
14					0.32	0.34	0.3
15					0.27	0.35	0.26
16					0.25	0.28	0.23

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทรายแดงในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อำเภอไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
1	0.41	0.48	0.36	0.40	0.21	0.21	0.39
2	0.43	0.55	0.38	0.47	0.31	0.55	0.35
3	0.40	0.53	0.38	0.38	0.40	0.33	0.27
4	0.39	0.53	0.36	0.46	0.28	0.25	0.35
5	0.31	0.25	0.38	0.32	0.39	0.35	0.45
6	0.41	0.46	0.37	0.45	0.36	0.43	0.45

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ) ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาทรายแดงในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อ่าวไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
7	0.39	0.44	0.43	0.43	0.39	0.4	0.37
8	0.37	0.52	0.30	0.45	0.42	0.3	0.39
9	0.52	0.37	0.36	0.33	0.36	0.53	0.43
10	0.40	0.35	0.39	0.71	0.26	0.36	0.43
11	0.35	0.40	0.49	0.41	0.34	0.34	0.54
12	0.33	0.40	0.49	0.43	0.37	0.48	0.52
13					0.48	0.32	0.45
14					0.39	0.33	0.33
15					0.33	0.38	0.4
16					0.32	0.34	0.43

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาหลังเขียวในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อ่าวไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
1	0.58	0.51	0.45	0.61	0.57	0.67	0.53
2	0.62	0.49	0.54	0.28	0.55	0.60	0.56
3	0.64	0.52	0.6	0.28	0.52	0.53	0.38
4	0.62	0.46	0.56	0.43	0.46	0.43	0.47
5	0.61	0.50	0.36	0.46	0.30	0.49	0.48
6	0.58	0.54	0.32	0.45	0.36	0.65	0.45
7	0.77	0.62	0.36	0.42	0.64	0.46	0.53
8	0.69	0.45	0.42	0.36	0.58	0.43	0.49
9	0.64	0.51	0.41	0.36	0.53	0.35	0.53
10	0.61	0.32	0.34	0.42	0.53	0.49	0.45
11	0.58	0.41	0.39	0.34	0.59	0.45	0.51
12	0.67	0.34	0.36	0.34	0.53	0.47	0.48
13					0.53	0.48	0.64
14					0.58	0.5	0.54
15					0.4	0.49	0.6
16					0.41	0.53	0.56

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาปากคมในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อำเภอไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
1	0.43	0.48	0.36	0.38	0.28	0.22	0.28
2	0.43	0.50	0.36	0.54	0.23	0.31	0.26
3	0.41	0.52	0.37	0.38	0.29	0.33	0.37
4	0.41	0.48	0.50	0.41	0.39	0.30	0.41
5	0.57	0.41	0.28	0.45	0.30	0.4	0.43
6	0.59	0.47	0.35	0.39	0.25	0.41	0.40
7	0.51	0.52	0.43	0.34	0.46	0.46	0.31
8	0.5	0.36	0.33	0.35	0.35	0.37	0.33
9	0.47	0.42	0.58	0.41	0.26	0.4	0.38
10	0.51	0.34	0.5	0.36	0.35	0.36	0.39
11	0.36	0.42	0.37	0.41	0.37	0.37	0.41
12	0.32	0.41	0.48	0.37	0.44	0.36	0.41
13					0.43	0.43	0.34
14					0.42	0.41	0.41
15					0.4	0.44	0.35
16					0.43	0.37	0.4

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาตาบเงินในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อำเภอไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
1	0.24	0.31	0.22	0.28	0.28	0.18	0.16
2	0.24	0.30	0.24	0.27	0.25	0.15	0.37
3	0.40	0.24	0.27	0.22	0.26	0.17	0.35
4	0.25	0.19	0.26	0.26	0.22	0.21	0.41
5	0.46	0.22	0.37	0.35	0.2	0.16	0.19
6	0.49	0.33	0.30	0.29	0.21	0.26	0.27
7	0.56	0.37	0.29	0.25	0.17	0.25	0.35
8	0.39	0.57	0.31	0.37	0.44	0.33	0.38
9	0.46	0.23	0.22	0.28	0.27	0.25	0.37
10	0.43	0.26	0.21	0.55	0.23	0.23	0.29

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ) ปริมาณฟอสเฟต P_2O_5 (%) ของปลาตาบเงินในแต่ละจังหวัด

ตัวอย่าง	อันดามัน				อำเภอไทย		
	กระบี่	พังงา	ภูเก็ต	ระนอง	นครศรีธรรมราช	สุราษฎร์ธานี	ชุมพร
11	0.51	0.13	0.26	0.17	0.19	0.29	0.3
12	0.15	0.26	0.33	0.22	0.2	0.3	0.19
13					0.27	0.25	0.28
14					0.27	0.28	0.26
15					0.33	0.33	0.33
16					0.28	0.28	0.21