

## คุณภาพปลาป่นจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีและกล้องจุลทรรศน์

ชุตินา ตันติกิตติ<sup>1</sup> เสาวนิต คุประเสริฐ<sup>2</sup> ระพีพรรณ เล้าหบรรจง<sup>3</sup> มณี ศรีชนะนันท์<sup>4</sup>  
อนุชิต อางหาญ<sup>5</sup> และ กิจการ สุภมาตย์<sup>6</sup>

### Abstract

Tantikitti, C.<sup>1</sup>, Kuprasert, S.<sup>2</sup>, Laohabanjong, R.<sup>1</sup>, Srichanun, M.<sup>1</sup>,  
Anuchit Arthan<sup>1</sup> and Supamattaya, K.<sup>3</sup>

**Fish meal quality evaluated by chemical analysis and feed microscopy techniques**

Songklanakar J. Sci. Technol., 2005, 27(Suppl. 1) : 25-44

Quality of 20 fishmeal samples from the Southern Provinces produced by different raw materials and processing method were evaluated using both chemical and feed microscopy methods. Samples were collected from fishmeal plants, shrimp feed mills and local feedstuff store. One sample using sardine as a raw material was produced in the laboratory by lyophilization as a control fishmeal. Five samples having protein contents over 65% were grouped into shrimp grade including the control fishmeal which had the maximum

<sup>1</sup>Department of Aquatic Science, <sup>2</sup>Department of Animal Science, <sup>3</sup>Aquatic Animal Health Research Center, Department of Aquatic Science, Faculty of Natural resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

<sup>1</sup>Ph.D. (Aquatic Animal Nutrition) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวาริชศาสตร์ ุวท.ม. (โภชนศาสตร์สัตว์) รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ นักศึกษาหลักสูตร วท.ม. สาขาวาริชศาสตร์ ุวท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) ผู้ช่วยวิจัย ุวท.บ. (วาริชศาสตร์) ผู้ช่วยวิจัย ภาควิชาวาริชศาสตร์ <sup>4</sup>Dr. rer. nat. (Aquatic Animal Disease) รองศาสตราจารย์ ศูนย์วิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : chutima.t@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 24 พฤษภาคม 2547      รับลงพิมพ์ 7 มกราคม 2548

protein content of 74.09%. Eight samples were grouped into Grade 1 including the imported fishmeal from Chile. The rest of the samples which were mostly produced from trash fish fell into Grade 2 with low protein and high ash content.

Chemical analyses of salt content, total volatile base nitrogen (TVN), ammonia nitrogen, histamine content, free fatty acid (FFA), thiobarbituric acid number (TBA) and peroxide value showed the fishmeal from feedstuff store was the most deteriorated sample. This high level of deterioration might be due to low quality raw materials and a long storage time. Among the shrimp grade samples, the most denatured protein was found in Pattani 1 with high level of TVN, ammonia nitrogen and histamine. Moreover, the high levels of TVN were detected in Phangnga 1 (grade 1) and Trang 2 (grade 2). Lipid damage was associated with high fat contents in fish meal which was detected in every group of the samples.

The results from feed microscopic examination were in line with those of the chemical analyses. The most deteriorated sample from feedstuff store showed the highest decomposition level and was the only sample that non protein nitrogen was detected. For feather meal adulteration test, seven samples were positive with the highest level in unidentified sample and trace amount in other samples including 2 shrimp grade samples. To confirm feather meal adulteration, protein digestibility test should be performed for these samples.

**Key words :** fish meal quality, chemical indices, feed microscopy

#### บทคัดย่อ

ชุตินา ตันติกิตติ เสาวนิต คูประเสริฐ ระพีพรรณ เลหาบรรจง มณี ศรีษะนันท์  
อนุชิต อางหาญ และ กิจการ สุขมาตย์  
คุณภาพปลาปนจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีและกล้องจุลทรรศน์  
ว.สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(ฉบับพิเศษ 1) : 25-44

จากการศึกษาคุณภาพของปลาปนที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ในภาคใต้ที่ใช้วัตถุดิบในการผลิตที่แตกต่างกัน จำนวน 20 ตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างจากโรงงานผลิตปลาปน บริษัทผลิตอาหารกุ้ง ร้านขายอาหารสัตว์ และผลิตเอง โดยใช้ปลาหลังเขียว และนำมาวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) พบว่ามีปลาปนที่มีโปรตีนมากกว่า 65% จัดเป็นเกรดกึ่งจำนวน 5 ตัวอย่าง รวมตัวอย่างที่ผลิตขึ้นเองจากปลาหลังเขียวซึ่งมีโปรตีนสูงที่สุด คือ 74.09% และมีตัวอย่างที่จัดเป็นปลาปนเกรด 1 จำนวน 8 ตัวอย่าง ซึ่งรวมปลาปนที่นำเข้าจากประเทศชิลี สำหรับตัวอย่างที่เป็นปลาปนเกรด 2 นั้น ส่วนใหญ่เป็นปลาปนที่ทำมาจากปลาเป็ด และมีไขมันสูง

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณเกลือ, TVN, แอมโมเนียไนโตรเจน, ฮีสตามีน, FFA, TBA และ Peroxide value พบว่าปลาปนที่มีการเสื่อมสภาพมากที่สุดซึ่งอาจจะเกิดจากทั้งในส่วนของวัตถุดิบที่ไม่สดและการเก็บรักษา คือ ปลาปนจากร้านขายอาหารสัตว์ (ปัตตานี 4) สำหรับปลาปนเกรดกึ่งที่พบการเสื่อมสภาพของโปรตีนมากที่สุด คือ ปลาปนปัตตานี 1 เนื่องจากมีค่า TVN, แอมโมเนีย และ ฮีสตามีน อยู่ในระดับสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างในกลุ่มเดียวกันที่มีวัตถุดิบที่ใกล้เคียงกัน และตัวอย่างปลาปนเกรดอื่น สำหรับปลาปน พังงา 2 (เกรด 1) และ ตรัง 2 (เกรด 2) ก็อาจจะใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำ (ไม่สดมาก) ในการผลิตเช่นเดียวกัน เนื่องจากมีค่า TVN อยู่ในระดับสูง ในส่วนของการเสื่อมสภาพของไขมันนั้น พบการเสื่อมสภาพในปลาปนชิลี ปลาปนเกรดกึ่งเกรด 1 และ 2 ที่มีระดับไขมันสูง

จากการตรวจสอบคุณภาพของตัวอย่างปลาปนด้วยวิธีทางกล้องจุลทรรศน์ และการตรวจสอบทางเคมีอย่างง่าย ๆ พบว่ามีผลสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยเฉพาะในตัวอย่างที่มีการเสื่อมสภาพมากที่สุด ได้แก่ ปลาปนที่ได้จากร้านขายอาหารสัตว์ เมื่อนำมาตรวจสอบความเสื่อม (Decomposition test) ก็พบว่ามีการเสื่อมสภาพมากที่สุด และเป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่ตรวจพบสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non protein nitrogen) ในส่วนของการปลอมปนนั้น พบการปลอมปนขนไก่ไฮโดรไลซใน 7 ตัวอย่าง โดยตัวอย่าง Unidentified source มีการ

ปลอมปนมากที่สุดประมาณ 10-20% สำหรับ ตัวอย่าง ภูเก็ต 1-3 และ ปัตตานี 1-3 นั้น มีการปลอมปนเล็กน้อย ซึ่งมีตัวอย่างปลาปนเกรดกึ่งอยู่ 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ปัตตานี 1 และ 2 ที่มีระดับโปรตีนสูงมาก จึงควรมีการยืนยันผล ด้วยการศึกษาลักษณะการย่อยต่อไป

ในอาหารที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำมักมีปลาปน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่ง โปรตีนที่ดีมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วนในระดับที่เหมาะสม โดยเฉพาะกรดอะมิโน ไลซีน (lysine), เมทไธโอนีน (methionine), ทรีโอนีน (threonine) และ ทริปโตเฟน (tryptophan) (Davis, 2000; Flicker, 2002) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็น วิตามิน และแร่ธาตุ และยังมีคุณสมบัติที่ช่วยเพิ่มความน่ากินของอาหาร คุณภาพ ของปลาปนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของ อาหารกุ้งกุลาดำ โดยปลาปนที่นำมาใช้ในการผลิตอาหาร กุ้งมีคุณภาพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ความสดและชนิด ของวัตถุดิบ และกรรมวิธีการผลิต ซึ่งปลาปนที่มีคุณภาพ ดีนั้นกุ้งสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้สูงสุดและมี สุขภาพดี สำหรับปลาปนที่มีคุณภาพต่ำจะมีผลทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตช้า มีอัตราการรอดต่ำ และอัตราการแลกเนื้อ สูง (จูอะดี และคณะ, 2540; Akiyama *et al.*, 1991)

โดยทั่วไปการเลือกใช้ปลาปนในการผลิตอาหาร สัตว์รวมถึงอาหารสัตว์น้ำ มักใช้ระดับของโปรตีนในปลา ปนเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของปลาปน ในประเทศไทยมีการ จัดลำดับคุณภาพปลาปน ตามประกาศกระทรวงเกษตร และสหกรณ์ (เรื่องกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด หรืออายุ ของสัตว์ คุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะและการใช้ ภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2538) ตามอัตราส่วน ของโปรตีน ไขมัน กาก ความชื้น เถ้าและเกลือ เป็น 3 เกรด คือ

ชั้นคุณภาพที่	1	2	3
โปรตีน	ไม่น้อยกว่า 60	55	50
ไขมัน	ไม่เกิน 8	10	10
กาก	ไม่เกิน 2	2	2
ความชื้น	ไม่เกิน 10	10	10
เถ้า	ไม่เกิน 26	28	30
เกลือ	ไม่เกิน 3	3	3

อย่างไรก็ตามระดับของโปรตีนไม่ได้เป็นตัวบ่งบอกถึง คุณภาพปลาปนที่แท้จริง การพิจารณาคุณภาพของปลา ปนจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณากับความสดของวัตถุดิบที่ ใช้ในการทำปลาปนรวมถึงสารอาหารที่สำคัญในปลาปน โดยอัตราเสื่อมสภาพของวัตถุดิบจะขึ้นกับชนิดของปลา ระดับของอุณหภูมิ ระยะเวลาของการเก็บรักษา และ ปริมาณและกิจกรรมของแบคทีเรียที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ใน ขณะที่วัตถุดิบเริ่มเน่าเสีย โปรตีนจะถูกสลายเป็นเปปไทด์ (peptides), กรดอะมิโนอิสระ (free amino acid), เอมีน (amines), แอมโมเนียที่ระเหยได้ (volatile ammonia) และ เอมีนที่ระเหยได้ (volatile amines) นอกจากนี้ ยังเกิดกระบวนการ decarboxylation ของกรดอะมิโนที่ สำคัญหลายชนิดเป็น Biogenic amines ได้แก่ ฮิสติดีน, ไลซีน, อาร์จินีน และ ไทโรซีน เป็น ฮิสตามีน (histamine), คาดาเวรีน (cadaverine), พุทรีซีน (putrescine) และ ไทรามีน (tyramine) ตามลำดับ ดังนั้นระดับของปริมาณ รวมของต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVN) และ Biogenic amines จึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพหรือความสด ของปลาที่นำมาใช้ทำปลาปนได้ (Ricque-Marie *et al.*, 1998)

คุณภาพของปลาปนยังมีผลเนื่องมาจากคุณภาพ ของไขมันที่มีในปลาปน ทั้งนี้เพราะปลาปนมีปริมาณของ กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวค่อนข้างสูง จึงสามารถเกิดกระบวนการ ออกซิเดชันได้ง่าย ทำให้สูญเสียกรดไขมันที่จำเป็นและ สารอาหารที่จำเป็นชนิดอื่น และมีผลต่อความผิดปกติและ การเกิดโรคในสัตว์น้ำ (Lall, 2000) ค่า Peroxide value (PV) และ Thiobarbituric acid (TBA) ซึ่งเป็นค่าที่ บอกระดับการเกิดออกซิเดชันของไขมัน จึงเป็นดัชนีบ่งชี้ถึง คุณภาพของปลาปนที่ดีที่ควรมีการประเมินเช่นกัน

การประเมินคุณภาพปลาปนนอกจากจะใช้วิธีทาง เคมีข้างต้นแล้วยังต้องวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางกายภาพ และตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Feed microscopy) ตลอดจนการทดสอบด้วยวิธีทางเคมีอย่างง่ายเพื่อดูการ

ปลอมปนควบคู่กันไปด้วย เนื่องจากการทดสอบด้วยวิธีนี้ นิยมใช้ในการตรวจรับวัตถุดิบอาหารสัตว์เพราะให้ผลรวดเร็ว เช่น การตรวจสอบการปลอมปนของชนไก่ ไฮโดรไลซ์ที่นำมาปนเพื่อปรับปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น และทำให้สามารถขายปลาปนได้ในราคาที่สูง แต่สัตว์น้ำใช้ประโยชน์จากโปรตีนของชนไก่ได้น้อยเนื่องจากเป็นโปรตีนที่ย่อยยาก (NRC, 1993) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) เพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถบอกถึงการปลอมปนได้ เพราะเป็นเพียงการหาปริมาณไนโตรเจน แล้วนำมาคูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้อาจเป็นการปลอมปนยูเรียหรือแหล่งไนโตรเจนอื่นๆ ที่ไม่ใช่โปรตีน (สุกัญญา, 2533 ; ศรีสกุล และคณะ, 2539) ดังนั้นเพื่อความมั่นใจในการนำปลาปนมาผลิตอาหารให้ได้คุณภาพและมีประสิทธิภาพดีในการเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพทั้งทางด้านเคมีและทางกายภาพด้วย กล้องจุลทรรศน์ และการตรวจสอบด้วยวิธีทางเคมีอย่างง่าย เช่น การตรวจสอบการปลอมปนยูเรีย ชนไก่ไฮโดรไลซ์ และหนังสือไฮโดรไลซ์ เป็นต้น

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของปลาปนทั้งทางด้านเคมี ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์ และวิธีทางเคมีอย่างง่าย โดยใช้วัตถุดิบและกระบวนการผลิตในการผลิตปลาปนที่ต่างกัน

### วิธีการศึกษา

#### 1. การเก็บตัวอย่างปลาปน

รวบรวมข้อมูลจากสมาคมปลาปนไทย โรงงานผลิตอาหารกุ้ง และกรมปศุสัตว์เกี่ยวกับการผลิตและโรงงานผลิตปลาปนที่มีคุณภาพ รวมถึงปลาปนต่างประเทศที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารกุ้งก่อนจะเริ่มดำเนินการเก็บตัวอย่างเก็บตัวอย่างปลาปนที่ผลิตในภาคใต้เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตหลักของประเทศ โดยเก็บตัวอย่างในจังหวัดสงขลา บัตตานี นครศรีธรรมราช ตรัง ภูเก็ต กระบี่ และพังงา ที่มีทั้งปลาปนเกรดกุ้งที่มีโปรตีน 65% ขึ้นไป คือชั้นคุณภาพ Premium ตามเกณฑ์ในการซื้อขายปลาปน (สมาคมผู้ผลิตปลาปนไทย, 2544) ชั้นคุณภาพที่ 1 และ

ชั้นคุณภาพที่ 2 (ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เรื่องกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด หรืออายุของสัตว์ คุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะและการใช้ภาชนะบรรจุ (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2538) ซึ่งใช้วัตถุดิบและกระบวนการต่างๆ ในการผลิต เช่นวัตถุดิบที่เป็นปลาเบ็ด ปลาหลังเขียว และเศษปลา สำหรับตัวอย่างปลาปนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศคือตัวอย่างจากประเทศชิลีที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง โดยแต่ละตัวอย่างมีปริมาณ 10 กก. บรรจุในถุงพลาสติกสีดำและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C

#### 2. การผลิตปลาปนเป็นปลาปนควบคู่

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือปลาหลังเขียวสดจำนวน 30 กิโลกรัม ที่ได้จากท่าเทียบเรือจังหวัดสงขลา นำปลาหลังเขียวที่ได้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จากนั้นบดปลาทั้งตัวด้วยเครื่องบดอาหาร Hobart นำตัวอย่างที่บดแล้วไปแช่แข็งเพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการทำแห้งด้วยวิธี Lyophilization โดยใช้เครื่อง Freeze dryer แบบถาด (Dura Dry™ µP, FTS Systems INC.) โดยใส่ตัวอย่างครั้งละ 1 กก. และใช้เวลาในการทำแห้งตัวอย่างละประมาณ 72 ชั่วโมง (3 วัน) จากนั้นจึงนำตัวอย่างปลาปนที่แห้งแล้วมาบดละเอียดและเก็บรักษาตัวอย่างปลาปนที่ผลิตเสร็จแล้วที่อุณหภูมิ -20°C

#### 3. การวิเคราะห์คุณภาพของปลาปน

##### 1) การวิเคราะห์ทางเคมี

- 1.1) องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และไขมัน (AOAC, 1990)
- 1.2) ปริมาณเกลือ (AOAC, 1990)
- 1.3) สารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ Total Volatile Base Nitrogen (TVB-N หรือ TVN) โดยวิธี MgO Distillation Method (AOAC, 1990), Ammonia Nitrogen (Bates *et al.*, 1995) และ ฮีสตามีน โดยวิธี Fluorometric Method (AOAC, 1990)
- 1.4) ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของไขมัน ได้แก่ Free Fatty Acid (Uchiyama, 1973), Peroxide Value (IUPAC, 1979) และ Thiobarbituric acid (IUPAC, 1979)

## 2) การตรวจวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์และวิธีทางเคมีอย่างง่าย

เพื่อตรวจสอบสิ่งเจือปน การปลอมปนและการเสื่อมสภาพของตัวอย่าง (เขาวมาลย์, 2546; Bates *et al.*, 1995) โดยบันทึกภาพสีของตัวอย่างทันทีที่ได้ตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบสีของตัวอย่าง แยกส่วนของอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารโดยวิธีเทคนิคการลอยตัว (Flotation technique) ตรวจสอบลักษณะของปลาปนทั้งส่วนของอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารของแต่ละตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (10X) พร้อมบันทึกภาพเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของปลาปน ตรวจสอบสิ่งเจือปนในปลาปนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ทั้งกำลังขยายต่ำและกำลังขยายสูง (40x) และตรวจสอบคุณภาพโดยวิธีทางเคมีอย่างง่าย ๆ ตามวิธีของเขาวมาลย์ (2546) ได้แก่

- Non protein nitrogen โดยการทำให้ปฏิกิริยากับ mercuric-potassium iodide alkaline solution ถ้าในตัวอย่างมี Non protein nitrogen ปลอมปนจะเกิดสีเหลืองเข้ม

- ยูเรีย (Urea) โดยใช้เอนไซม์ยูเรียเอส (Urease) ย่อยยูเรียให้เกิดแก๊สแอมโมเนีย และตรวจสอบโดยใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ (0.1% Gresal red) ซึ่งถ้าตัวอย่างมียูเรียจะเกิดสีชมพูเข้ม

- การเสื่อมของอาหาร (Decomposition test) โดยการทำให้ปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริก เนื่องจากในสภาพที่ปลาเกิดการเน่าเสียจะเกิดการสลายโปรตีน และเกิดเอมีนขึ้นในตัวอย่าง เมื่อเอมีนทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกจะเกิดการปล่อยซัลไฟด์ ซึ่งไปรวมตัวกับลีดอะซิเตต (Lead acetate) ทำให้เกิดสีดำที่กระดาษทดสอบ

- การปลอมปนชนไก่ไฮโดรไลซ์ โดยการทำให้ปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ ลีดอะซิเตต เนื่องจากชนไก่มีกรดอะมิโนซิสไทน์อยู่ในปริมาณสูง เมื่อถูกย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดการปล่อยซิสทีน และเมื่อทำปฏิกิริยากับลีดอะซิเตตจะเกิดสีดำในตัวอย่างที่ทดสอบ

- การปลอมปนหนังสัตว์ไฮโดรไลซ์ โดยการทำให้ปฏิกิริยากับไดฟีนิลคาร์บอไซด์ (Diphenyl carbazide) เนื่องจากหนังสัตว์ไฮโดรไลซ์ที่มีการปลอมปนในวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมหนังสัตว์ที่มีเกลือ

โครเมียม (Chromium salt) ไดฟีนิลคาร์บอไซด์จะทำให้ปฏิกิริยากับโครเมียมเกิดเป็นสีม่วง ในการตรวจสอบมีจำนวนซ้ำ 3 ซ้ำ และบันทึกภาพการเกิดปฏิกิริยาในการทดสอบต่างๆ

## 3) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) แบบ CRD และเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

## ผลการศึกษา

### 1. ตัวอย่างปลาปน

ตัวอย่างปลาปนที่ได้อยู่ในช่วงของการผลิตเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม และ ธันวาคม 2546 โดยตัวอย่างที่เก็บจากโรงงานผลิตปลาปนทั้งจากภาคใต้ฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก ปลาปนที่นำเข้าจากต่างประเทศ และปลาปนที่ผลิตเอง มีจำนวนทั้งสิ้น 20 ตัวอย่าง ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบและกระบวนการผลิตแตกต่างกัน ดังใน Table 1

### 2. องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างปลาปน

Table 2 เป็นผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย ของตัวอย่างทั้ง 20 ตัวอย่าง ซึ่งสามารถจัดกลุ่มของตัวอย่างตามมาตรฐานคุณภาพปลาปน (ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องการกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด หรืออายุของสัตว์ คุณภาพหรือมาตรฐานของภาชนะ และการใช้ภาชนะบรรจุ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2538) ตามระดับโปรตีน ไขมัน เถ้า ปริมาณเกลือและความชื้น ออกได้เป็น 3 กลุ่มดัง Table 3 ปลาปนเกรดกึ่งซึ่งมีระดับโปรตีนสูงกว่า 65% ได้แก่ปลาปนจาก ฟังงา 1 บัตตานี 1 กระบี่ 1 บัตตานี 2 และปลาปนชุดควบคุม โดยมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) อยู่ในช่วง  $66.46 \pm 0.43 - 74.09 \pm 0.78\%$  โดยปลาปนชุดควบคุมมีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนมากที่สุด ถัดมาคือปลาปนเกรด 1 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง  $62.13 \pm 0.45 - 64.49 \pm 0.66\%$  ได้แก่ ปลาปนบัตตานี 3 ตรัง 3

**Table 1. Fish meal samples from different sources in the Southern provinces of Thailand**

Sources of samples	Sample name	Raw materials	Processing method
<b>West coast</b>			
1) Trang	Trang 1	trash fish, fish head and offal	Steam
	Trang 2	trash fish	Steam
	Trang 3	trash fish, anchovy	Steam (Single boiler)
2) Phuket	Phuket 1	trash fish	Steam
	Phuket 2	trash fish	Steam
	Phuket 3	trash fish, by-products from tuna factories	Steam
3) Krabi	Phuket 4	Siganus, chub mackerel	Steam
4) Phangnga	Krabi 1	sardine	Steam
	Phangnga 1	sardine	no information
	Phangnga 2	no information	no information
<b>East coast</b>			
1) Pattani	Pattani 1	round scad	Steam
	Pattani 2	round scad , sardine	Steam
	Pattani 3	mixed fish meal using shrimp grade and others	Steam
	Pattani 4 <sup>2</sup>	no information	no information
2) Songkhla	Songkhla 1	by-products from surimi	Steam
	Songkhla 2	round scad	Hot oil (Single boiler)
3) Nakhon Si Thammarat	Nakhon Si Thammarat <sup>1</sup>	sardine, anchovy, Lieognathus	Steam
4) Unidentified source	Unidentified source	no information	no information
<b>Imported fish meal<sup>1</sup></b>	Chile	pelagic fish	no information
<b>Control fish meal</b>	Control	sardine	Lyophilization

<sup>1</sup>from shrimp feed mill ; <sup>2</sup>from feedstuff store

ภูเก็ต 3 Unidentified source ซิลี ฟังงา 2 สงขลา 2 และ นครศรีธรรมราช สำหรับตัวอย่างที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า 55% และจัดเป็นปลาปนเกรด 2 ได้แก่ ปลาปนสงขลา 1 ตรัง 1 ภูเก็ต 4 ตรัง 2 ภูเก็ต 2 บัตตานี 4 และ ภูเก็ต 1 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 55.84±0.23 - 61.28±0.45 % ปลาปนที่มีระดับโปรตีนต่ำที่สุดได้แก่ ปลาปนสงขลา 1

ปริมาณของไขมันในปลาปนจากแหล่งต่างๆ พบว่า ปลาปนตรัง 3 และปลาปนภูเก็ต 1 มีระดับไขมันต่ำที่สุด (6.28±0.81 - 6.56±0.29%) และต่ำกว่าปลาปนควบคุม ฟังงา 1 บัตตานี 4 บัตตานี 3 ภูเก็ต 2 ภูเก็ต 3 นครศรีธรรมราช 1 กระบี่ 1 Unidentified source ฟังงา 2 ซึ่งมีค่าในช่วง 6.95±0.08 - 9.03±0.07 (p<0.05) สำหรับปลาปนภูเก็ต 4 ตรัง 2 สงขลา 2 สงขลา 1

ตรัง 1 บัตตานี 2 และบัตตานี 1 มีระดับไขมันสูงในช่วง 9.88±0.03 - 12.76±0.13% ส่วนปลาปนที่มีปริมาณไขมันสูงสุดคือปลาปนซิลี มีค่าเท่ากับ 13.56±0.07 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลาปนจากแหล่งอื่นๆ (p<0.05)

ผลการวิเคราะห์ความชื้นในปลาปนพบว่า ปลาปนควบคุมเป็นตัวอย่างที่มีความชื้นน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.98±0.10% ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปลาปนตรัง 1 (4.18±0.14) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลาปนจากแหล่งต่างๆ (p<0.05) ปลาปนที่มีความชื้นมากที่สุดได้แก่ ปลาปนฟังกา 1 มีค่าเท่ากับ 9.03±0.17%

ปริมาณเถ้าในปลาปนจากแหล่งต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) โดยปลาปนเกรด กุ้งมีปริมาณเปอร์เซ็นต์เถ้าอยู่ในช่วง 13.25±0.10-19.80±0.23 และตัวอย่างที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดได้แก่ ปลาปน

**Table 2. Proximate composition (%) of fish meal samples<sup>1</sup>**

Sample	Moisture	Protein	Fat	Ash	Fiber
1. Trang 1	4.18±0.14 <sup>a</sup>	56.76±0.59 <sup>b</sup>	11.36±0.63 <sup>kl</sup>	25.97±0.22 <sup>h</sup>	0.021±0.002 <sup>i</sup>
2. Trang 2	5.28±0.11 <sup>d</sup>	58.78±0.60 <sup>c</sup>	10.74±0.17 <sup>j</sup>	22.41±0.25 <sup>i</sup>	0.019±0.006 <sup>i</sup>
3. Trang 3	7.61±0.04 <sup>k</sup>	62.20±0.15 <sup>g</sup>	6.28±0.81 <sup>a</sup>	23.16±0.14 <sup>j</sup>	0.013±0.001 <sup>h</sup>
4. Phuket 1	5.06±0.12 <sup>c</sup>	61.28±0.45 <sup>ef</sup>	6.56±0.29 <sup>ab</sup>	26.77±0.42 <sup>o</sup>	0.008±0.001 <sup>efg</sup>
5. Phuket 2	4.8±0.02 <sup>4b</sup>	59.74±0.60 <sup>d</sup>	7.64±0.23 <sup>de</sup>	24.51±0.19 <sup>l</sup>	0.011±0.001 <sup>gh</sup>
6. Phuket 3	5.05±0.03 <sup>c</sup>	63.33±0.54 <sup>kl</sup>	8.03±0.15 <sup>kl</sup>	23.08±0.27 <sup>kl</sup>	0.009±0.001 <sup>kl</sup>
7. Phuket 4	6.80±0.08 <sup>h</sup>	56.94±0.75 <sup>b</sup>	9.88±0.03 <sup>i</sup>	24.29±0.25 <sup>l</sup>	0.008±0.001 <sup>defg</sup>
8. Krabi 1	6.38±0.09 <sup>fg</sup>	67.66±0.45 <sup>k</sup>	8.71±0.15 <sup>gh</sup>	15.46±0.03 <sup>de</sup>	0.003±0.001 <sup>ab</sup>
9. Phangnga 1	8.53±0.28 <sup>l</sup>	66.46±0.43 <sup>j</sup>	6.99±0.21 <sup>bc</sup>	19.80±0.23 <sup>g</sup>	0.005±0.001 <sup>abcde</sup>
10. Phangnga 2	9.03±0.17 <sup>m</sup>	63.90±0.09 <sup>hi</sup>	9.03±0.07 <sup>h</sup>	18.44±0.01 <sup>f</sup>	0.007±0.001 <sup>bcd</sup>
11. Pattani 1	7.33±0.09 <sup>j</sup>	67.22±0.18 <sup>jk</sup>	12.76±0.13 <sup>m</sup>	13.25±0.10 <sup>a</sup>	0.004±0.002 <sup>abcd</sup>
12. Pattani 2	6.54±0.01 <sup>g</sup>	68.63±0.37 <sup>l</sup>	11.83±0.17 <sup>l</sup>	13.68±0.12 <sup>b</sup>	0.004±0.001 <sup>abc</sup>
13. Pattani 3	7.00±0.19 <sup>hi</sup>	62.13±0.45 <sup>fg</sup>	7.48±0.23 <sup>cd</sup>	22.55±0.16 <sup>i</sup>	0.009±0.001 <sup>efg</sup>
14. Pattani 4	6.04±0.11 <sup>e</sup>	60.52±0.63 <sup>de</sup>	7.05±0.17 <sup>bc</sup>	25.62±0.05 <sup>m</sup>	0.007±0.001 <sup>cdef</sup>
15. Songkhla 1	6.03±0.03 <sup>e</sup>	55.84±0.23 <sup>a</sup>	11.25±0.47 <sup>jk</sup>	23.63±0.30 <sup>k</sup>	0.003±0.001 <sup>abc</sup>
16. Songkhla 2	7.14±0.18 <sup>ij</sup>	64.23±0.37 <sup>hi</sup>	10.74±0.09 <sup>j</sup>	15.64±0.13 <sup>c</sup>	0.010±0.001 <sup>fgh</sup>
17. Nakhon Si Thammarat 1	7.69±0.13 <sup>k</sup>	64.49±0.66 <sup>i</sup>	8.22±0.07 <sup>fg</sup>	19.55±0.07 <sup>g</sup>	0.004±0.001 <sup>abcd</sup>
18. Chile <sup>2</sup>	7.57±0.12 <sup>k</sup>	63.84±0.95 <sup>hi</sup>	13.56±0.07 <sup>n</sup>	14.37±0.21 <sup>c</sup>	0.003±0.001 <sup>a</sup>
19. Control <sup>3</sup>	3.98±0.10 <sup>a</sup>	74.09±0.78 <sup>m</sup>	6.95±0.08 <sup>bc</sup>	15.22±0.06 <sup>d</sup>	0.003±0.001 <sup>ab</sup>
20. Unidentified source	6.26±0.04 <sup>f</sup>	63.81±0.18 <sup>hi</sup>	8.94±0.13 <sup>h</sup>	21.02±0.05 <sup>h</sup>	0.004±0.001 <sup>abc</sup>

<sup>1</sup>N = 3, Means within a column sharing the same superscript are not significantly different (p 0.05)

<sup>2</sup>From shrimp feed mill ; <sup>3</sup>Using Lyophilization

ปัตตานี 1 ซึ่งมีความแตกต่างกับปลาปนจากแหล่งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) รองลงมาได้แก่ ปลาปนจากปัตตานี 2 และ ปลาปนชิลีซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.68±0.12 และ 14.37±0.21% ตามลำดับ ปลาปนควบคุมมีปริมาณเถ้าเท่ากับ 15.22±0.06% ส่วนปลาปนเกรด 1 มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 15.64±0.13 - 23.16±0.14% และปลาปนเกรด 2 มีเถ้าอยู่ในช่วง 22.41±0.25 - 26.77±0.42% โดยปลาปนที่มีเถ้ามากที่สุด (p<0.05) ได้แก่ ปลาปนภูเก็ต 1 ปริมาณเถ้าในตัวอย่างปลาปนพบว่า มีน้อยมาก ในช่วง 0.003±0.001 - 0.021±0.002 (Table 2) โดยปลาปนที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุดคือ ปลาปนชิลี และที่มีปริมาณเถ้าสูงที่สุดคือ ปลาปนตรัง 1

### 3. การวิเคราะห์ทางเคมีของปลาปน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของปลาปนคือ

ปริมาณเกลือ, TVN, Ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>), Free fatty acid (FFA), TBA (Thiobarbituric acid), PV (Peroxide Value) และ ฮีสตามีน ดังใน Table 4 และ 5 จากการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในปลาปนจากแหล่งต่างๆ พบว่า ปลาปนควบคุมมีปริมาณเกลือน้อยที่สุด (p<0.05) มีค่าเท่ากับ 1.35±0.10% (Table 4) รองลงมาได้แก่ปลาปนจากปัตตานี 1 และปัตตานี 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.61±0.01 และ 1.61±0.03% ตามลำดับ และปลาปนที่มีปริมาณเกลือมากที่สุดได้แก่ปลาปนจากกระบี่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.63±0.03%

ปริมาณ TVN จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการกลั่น (MgO distillation method) มีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 59.15±0.97 - 225.25±1.32 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม โดยปลาปนจากตรัง 1 มีค่าต่ำที่สุด (p<0.05) และปลาปนที่มีค่าสูงที่สุดคือปัตตานี 4 ซึ่งมีค่า 225.25±1.32 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม

**Table 3. Classification of fish meal samples according to Thai fish meal quality standard**

Grade	Number of samples	Sample	% Protein	% Ash
Shrimp grade (Premium grade)	5	Standard <sup>1</sup> Krabi 1,Pattani 1, Pattani 2,Phangnga 1, Control	>65 66.46-74.09	13.25-19.80
Grade 1	8	Standard <sup>2</sup> Trang 3, Phuket 3, Pattani 3,Songkhla 2, Nakhon Si Thammarat 1, Chile , Phangnga 2, Unidentified source <sup>3</sup>	> 60 62.13-64.49	< 26 15.64-23.16
Grade 2	7	Standard <sup>2</sup> Trang 1, Trang 2, Phuket 1, Phuket 2, Phuket 4, Pattani 4, Songkhla 1	> 55 55.84-61.28	< 28 22.41-26.77

<sup>1</sup>According to market price criteria (The Thai Fishmeal Producers Association, 2003)

<sup>2</sup>According to criteria issued by the Ministry of Agriculture and Co-operative (the Ministry of Agriculture and Co-operative, 2538 (in Thai))

<sup>3</sup>10-20 % Hydrolyzed feather meal adulteration was detected.

ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.044-0.182% โดยปลาปนภูเก็ต 3 ปลาปนชิลี Unidentified source ภูเก็ต 1 ตรัง 3 และตรัง 1 มีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 0.045±0.00 - 0.054±0.006% ส่วนปลาปนที่มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงสุดคือปัตตานี 1 (ปลาปนเกรดกุง) รองลงมาคือปลาปน ปัตตานี 4 (จากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์) ตรัง 2 และ ปัตตานี 3 มีค่าสูงเท่ากับ 0.182, 0.165, 0.136 และ 0.108% ตามลำดับ

ปริมาณฮีสตามีนมีความแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้าง 5.94-472.40 ppm โดยปลาปนที่ผลิตเองมีปริมาณฮีสตามีนต่ำสุดและไม่แตกต่างกับปลาปน ภูเก็ต 3 ตรัง 1 ภูเก็ต 2 และตรัง 3 (p≥0.05) โดยมีค่า 5.94±1.20, 12.61±0.24, 12.81±2.62, 16.66±0.23 และ 30.15±0.45 ppm ตามลำดับ ส่วนปลาปนที่มีค่าสูงสุดคือปลาปนปัตตานี 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 472.40±13.25 ppm และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลาปนจากแหล่งอื่นๆ (p<0.05) ตัวอย่างปลาปนที่มีปริมาณฮีสตามีนสูงได้แก่ พังงา 2 ปัตตานี 4 กระบี่ 1 (เกรดกุง) ปัตตานี 3 (เกรด 1) พังงา 1 และ

สงขลา 2 (เกรด 1) มีค่าเท่ากับ 405.01±11.31, 391.26±6.44, 281.57±3.14, 195.85±5.97, 179.40±13.80 และ 161.84±15.77 ppm ตามลำดับ สำหรับปลาปนชิลี มีปริมาณฮีสตามีนเท่ากับ 91.73±4.07 ppm และปลาปนที่ทำจากปลาเบ็ดมีปริมาณอยู่ในช่วงต่ำระหว่าง 12.61±0.24 - 55.18±2.75 ppm

ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) มีความแปรปรวนอยู่ในช่วงกว้างโดยปลาปนสงขลา 1 มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำสุด เท่ากับ 9.00±0.23% โดยปลาปนส่วนใหญ่มีปริมาณกรดไขมันอิสระอยู่ในช่วง 12.17±0.56 - 29.06±0.58% และตัวอย่างที่ได้จากร้านขายอาหารสัตว์มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 41.57±1.17% รองลงมาคือ ตัวอย่างชิลี มีค่าเท่ากับ 33.17±1.42% สำหรับ PV มีค่าค่อนข้างต่ำในช่วง 0.43-22.73 meq/ตัวอย่างไขมัน 100 กรัม ปลาปนที่มีค่า PV ต่ำสุดคือปลาปนชิลี ปลาปน พังงา 2 กระบี่ 1 และสงขลา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลาปนจากแหล่งอื่นๆ และปลาปนที่มีค่า PV สูงสุดคือ ปลาปนผลิตเองซึ่งมีค่าสูงถึง 22.73±0.08 meq/ตัวอย่าง



**Table 4. Salt, TVN, TMA, ammonia nitrogen and histamine contents<sup>1</sup> in fish meal samples**

Sample	Salt content (%)	TVN (mgN/100g sample)	Ammonia nitrogen (%)	Histamine (ppm)
1. Trang 1	2.24±0.04 <sup>f</sup>	59.15±0.97 <sup>a</sup>	0.048±0.001 <sup>abc</sup>	12.81±2.62 <sup>a</sup>
2. Trang 2	2.20±0.02 <sup>f</sup>	169.94±0.90 <sup>p</sup>	0.136±0.007 <sup>i</sup>	55.18±2.75 <sup>d</sup>
3. Trang 3	2.63±0.02 <sup>i</sup>	68.31±0.64 <sup>c</sup>	0.047±0.001 <sup>ab</sup>	30.15±0.45 <sup>bc</sup>
4. Phuket 1	2.56±0.07 <sup>hi</sup>	75.72±1.19 <sup>e</sup>	0.050±0.008 <sup>abc</sup>	31.98±2.67 <sup>c</sup>
5. Phuket 2	2.20±0.02 <sup>f</sup>	77.78±0.79 <sup>f</sup>	0.058±0.007 <sup>bcd</sup>	16.66±0.23 <sup>ab</sup>
6. Phuket 3	2.36±0.01 <sup>g</sup>	63.78±1.68 <sup>b</sup>	0.044±0.003 <sup>a</sup>	12.61±0.24 <sup>a</sup>
7. Phuket 4	2.43±0.08 <sup>g</sup>	75.91±0.53 <sup>e</sup>	0.060±0.004 <sup>cd</sup>	102.75±6.68 <sup>f</sup>
8. Krabi 1	3.63±0.03 <sup>k</sup>	97.07±1.51 <sup>i</sup>	0.077±0.003 <sup>g</sup>	281.57±3.14 <sup>j</sup>
9. Phangnga 1	2.21±0.012 <sup>f</sup>	108.81±0.82 <sup>m</sup>	0.064±0.008 <sup>def</sup>	179.40±13.80 <sup>h</sup>
10. Phangnga 2	1.73±0.02 <sup>d</sup>	110.79±1.16 <sup>n</sup>	0.073±0.005 <sup>fg</sup>	405.01±11.31 <sup>k</sup>
11. Pattani 1	1.54±0.01 <sup>b</sup>	191.97±1.14 <sup>q</sup>	0.182±0.016 <sup>k</sup>	472.40±13.25 <sup>l</sup>
12. Pattani 2	1.61±0.03 <sup>bc</sup>	105.46±0.28 <sup>l</sup>	0.073±0.001 <sup>efg</sup>	71.55±4.56 <sup>e</sup>
13. Pattani 3	2.54±0.05 <sup>h</sup>	121.25±0.50 <sup>o</sup>	0.108±0.002 <sup>h</sup>	195.85±5.97 <sup>i</sup>
14. Pattani 4	2.74±0.03 <sup>j</sup>	225.25±1.32 <sup>r</sup>	0.165±0.001 <sup>j</sup>	391.26±6.44 <sup>k</sup>
15. Songkhla 1	1.84±0.02 <sup>c</sup>	99.44±0.23 <sup>j</sup>	0.058±0.003 <sup>bcd</sup>	33.35±3.92 <sup>c</sup>
16. Songkhla 2	2.63±0.03 <sup>i</sup>	100.38±1.25 <sup>j</sup>	0.063±0.009 <sup>def</sup>	161.84±15.77 <sup>g</sup>
17. Nakhon Si Thammarat 1	2.72±0.08 <sup>j</sup>	102.25±1.63 <sup>k</sup>	0.065±0.004 <sup>def</sup>	73.58±1.27 <sup>c</sup>
18. Chile <sup>2</sup>	1.64±0.02 <sup>c</sup>	71.29±0.99 <sup>d</sup>	0.045±0.005 <sup>a</sup>	91.73±4.07 <sup>d</sup>
19. Control <sup>3</sup>	1.35±0.10 <sup>a</sup>	93.09±1.48 <sup>h</sup>	0.062±0.004 <sup>de</sup>	5.94±1.20 <sup>a</sup>
20. Unidentified source	1.65±0.04 <sup>cd</sup>	89.39±1.01 <sup>g</sup>	0.054±0.006 <sup>abcd</sup>	116.15±12.17 <sup>f</sup>

<sup>1</sup>N = 3, Means within a column sharing the same superscript are not significantly different (p 0.05)

<sup>2</sup>From shrimp feed mill ; <sup>3</sup>Lyophilized sample

ไขมัน 100 กรัม และค่า TBA มีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 5.86 - 44.63 มก. และ Malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 กก. โดยตัวอย่างปลาปนที่ผลิตเองมีค่าต่ำที่สุดคือ 5.86±2.29 มก. Malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 กก. ซึ่งไม่แตกต่างกับปลาปนจากปัตตานี 3 (6.21±2.33) สำหรับปลาปนสงขลา 1 และ ตรัง 2 มีค่า TBA สูงที่สุดเท่ากับ 44.63±2.55 และ 44.06±2.70 มก. Malonaldehyde/ตัวอย่าง 1 กก. ตามลำดับ

#### 4. คุณภาพปลาปนจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์และวิธีทางเคมีอย่างง่าย

สีของตัวอย่างปลาปนที่เก็บจากแหล่งต่างๆ ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ต่างกัน มีสีที่แตกต่างกันโดยส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มยกเว้นตัวอย่างที่ผลิตเองซึ่งมีสีอ่อนมาก แสดงดัง Figure 1

สำหรับปริมาณของอนินทรีย์สาร พบว่าในตัวอย่างปลาปนที่ทำจากปลาเบ็ด และปลาปนที่ซื้อจากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำ มีปริมาณของเปลือกปู เปลือกหอย กรวด ทราย ปนอยู่มาก (Table 6 และ Figure 2) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของอนินทรีย์สารของตัวอย่างปลาที่ผลิตเอง ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนของกระดูกและครีบก

ในการทดสอบการเสื่อมสภาพนั้น มีผลเป็น positive จำนวน 7 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่มีการเสื่อมสภาพมากที่สุดคือ ปัตตานี 4 (จากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์) รองลงมา คือ ตัวอย่าง ภูเก็ต 1, ภูเก็ต 2, ภูเก็ต 3 ปัตตานี 3 และ Unidentified source และเกิดน้อยที่สุดในตัวอย่างปลาปนที่ผลิตเอง (Table 7) สำหรับการทดสอบ NPN นั้นพบการเกิด NPN เพียงตัวอย่างเดียว คือ ปัตตานี 4 ซึ่งเป็นตัวอย่างจากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Table 7)

**Table 5. Free Fatty Acid (FFA) content, peroxide value (PV) and thiobarbituric acid (TBA) content<sup>1</sup> in fish meal samples**

Sample	FFA (% free fatty acid as oleic acid)	TBA (mg malonaldehyde/ kg sample)	Peroxide value (milliequivalents/ 100g fat)
1. Trang 1	12.17±0.56 <sup>b</sup>	22.24±3.16 <sup>gh</sup>	1.00±0.11 <sup>de</sup>
2. Trang 2	20.98±0.92 <sup>h</sup>	44.06±2.70 <sup>k</sup>	0.89±0.09 <sup>bc</sup>
3. Trang 3	20.18±0.51 <sup>h</sup>	38.20±1.12 <sup>j</sup>	3.39±0.03 <sup>l</sup>
4. Phuket 1	21.50±0.55 <sup>h</sup>	10.90±3.70 <sup>c</sup>	1.89±0.13 <sup>i</sup>
5. Phuket 2	14.60±0.17 <sup>de</sup>	11.64±0.77 <sup>cd</sup>	1.17±0.08 <sup>ef</sup>
6. Phuket 3	13.13±1.29 <sup>bc</sup>	6.61±4.96 <sup>bc</sup>	1.04±0.07 <sup>def</sup>
7. Phuket 4	14.52±0.48 <sup>de</sup>	15.60±0.83 <sup>def</sup>	0.72±0.02 <sup>bc</sup>
8. Krabi 1	16.95±0.36 <sup>g</sup>	19.08±2.35 <sup>ef</sup>	0.52±0.07 <sup>ab</sup>
9. Phangnga 1	23.02±0.90 <sup>i</sup>	22.39±1.46 <sup>gh</sup>	1.46±0.34 <sup>gh</sup>
10. Phangnga 2	15.20±0.24 <sup>def</sup>	23.03±0.84 <sup>h</sup>	0.50±0.02 <sup>ab</sup>
11. Pattani 1	21.38±0.19 <sup>h</sup>	18.77±2.29 <sup>fg</sup>	0.88±0.08 <sup>bc</sup>
12. Pattani 2	14.79±1.20 <sup>de</sup>	16.18±0.07 <sup>ef</sup>	2.34±0.06 <sup>i</sup>
13. Pattani 3	23.35±0.73 <sup>i</sup>	6.21±2.33 <sup>ab</sup>	1.13±0.20 <sup>def</sup>
14. Pattani 4	41.57±1.17 <sup>l</sup>	12.80±4.85 <sup>cde</sup>	2.90±0.41 <sup>k</sup>
15. Songkhla 1	9.00±0.23 <sup>a</sup>	44.63±2.55 <sup>k</sup>	0.66±0.01 <sup>abc</sup>
16. Songkhla 2	14.05±0.37 <sup>cd</sup>	14.80±3.07 <sup>ef</sup>	1.54±0.06 <sup>h</sup>
17. Nakhon Si Thammarat 1	15.63±1.35 <sup>efg</sup>	17.07±1.87 <sup>ef</sup>	1.03±0.03 <sup>def</sup>
18. Chile <sup>2</sup>	33.17±1.42 <sup>k</sup>	27.54±2.63 <sup>i</sup>	0.43±0.01 <sup>a</sup>
19. Control <sup>3</sup>	29.06±0.58 <sup>i</sup>	5.86±2.29 <sup>a</sup>	22.73±0.08 <sup>j</sup>
20. Unidentified source	16.46±0.05 <sup>fg</sup>	16.85±1.44 <sup>b</sup>	1.29±0.03 <sup>fg</sup>

<sup>1</sup>N = 3, Means within a column sharing the same superscript are not significantly different (p 0.05)

<sup>2</sup>From shrimp feed mill ; <sup>3</sup>Lyophilized sample

การทดสอบเพื่อดูสิ่งปลอมปนนั้น ไม่พบการปลอมปนยูเรียและหนังสือสัตว์ไฮโดรไลซ์ในตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ (Table 7) แต่พบการปลอมปนขนไก่ไฮโดรไลซ์ ใน 7 ตัวอย่าง โดยตัวอย่าง Unidentified source มีการปลอมปนมากประมาณ 10-20% (Figure 3) สำหรับตัวอย่าง กูเก็ด 1-3 และ บัตตานิ 1-3 นั้น การเปลี่ยนแปลงของสี เกิดขึ้นเล็กน้อยจึงสันนิษฐานว่าอาจมีการปลอมปน แต่มี ปริมาณที่ไม่มากและมีความใกล้เคียงกัน

### 5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางเคมี

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์แบบ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพ

ทางเคมีของปลาปนจากแหล่งต่างๆ พบว่า โปรตีนมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณเถ้า และเยื่อใย ดัง Figure 4 และ ค่า TVN มีความสัมพันธ์กับค่าแอมโมเนียไนโตรเจน โดยมีค่า r สูงที่สุดเท่ากับ 0.948 (p<0.01) และทั้ง TVN และแอมโมเนียไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณ ฮีสตามีนในตัวอย่างดัง Figure 5 เมื่อพิจารณาค่า FFA พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่า TVN, แอมโมเนีย ไนโตรเจน และ PV โดยมีความสัมพันธ์ไปใน ทิศทางเดียวกันดัง Figure 6

### วิจารณ์ผล

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาปน พบว่า ตัวอย่างที่ได้นั้นเป็นปลาปนเกรดกึ่งจำนวน 5



Figure 1. Colour of fish meal samples



Figure 2. Crab shell remnants in fish meal sample (Pattani 4) under microscope at 20X

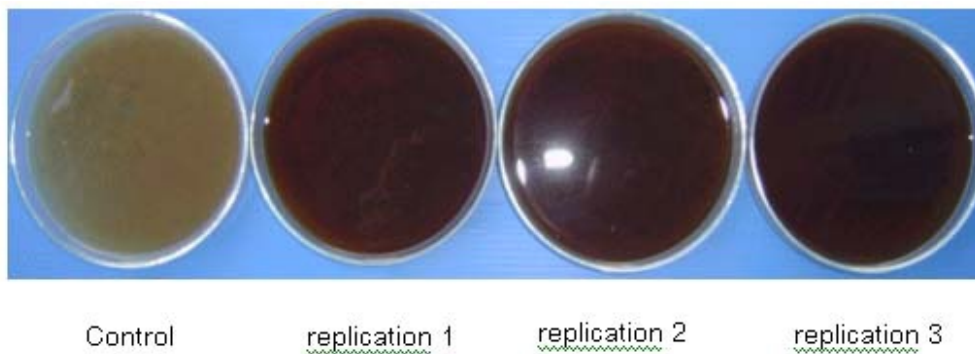


Figure 3. Result of hydrolyzed feather meal test (unidentified source)

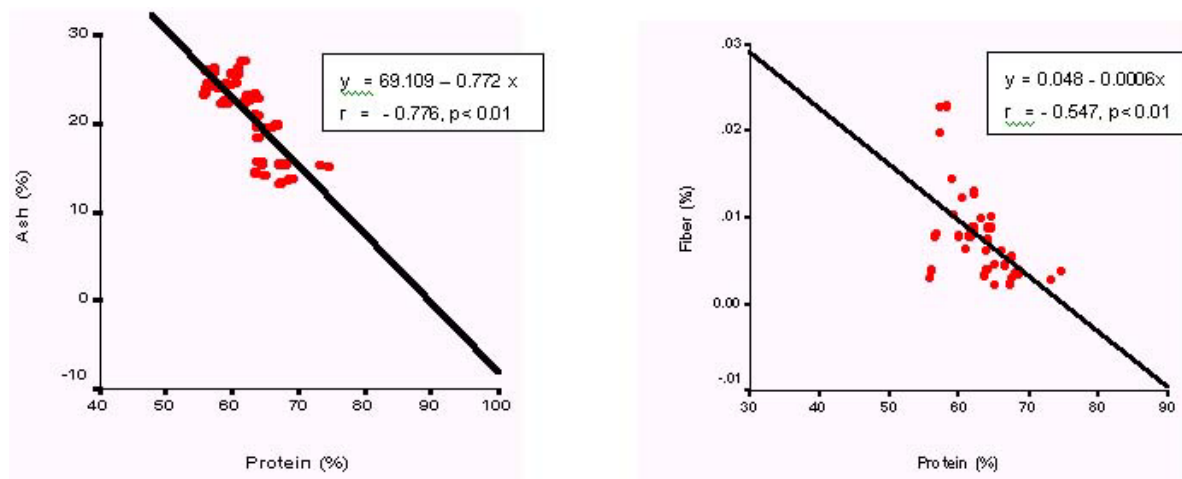


Figure 4. Correlation between protein and ash and fiber in fish meal samples

**Table 6. Inorganic matter, organic matter and crab shell contents<sup>1</sup> in fish meal samples**

Sample	Inorganic matter (%)	Crab shell and scrap (%)	Organic matter (%)
1. Trang 1	42.75±1.96 <sup>i</sup>	15.99±4.01 <sup>g</sup>	55.21±0.78 <sup>kl</sup>
2. Trang 2	35.28±2.05 <sup>fg</sup>	6.27±2.15 <sup>cd</sup>	60.11±2.54 <sup>ghij</sup>
3. Trang 3	31.30±1.79 <sup>def</sup>	8.77±1.52 <sup>def</sup>	66.40±1.11 <sup>cdef</sup>
4. Phuket 1	41.67±5.05 <sup>ij</sup>	15.87±3.69 <sup>g</sup>	57.50±6.13 <sup>hijkl</sup>
5. Phuket 2	35.77±0.47 <sup>fgh</sup>	2.95±1.11 <sup>ab</sup>	62.26±2.42 <sup>efgh</sup>
6. Phuket 3	32.73±1.68 <sup>ef</sup>	9.22±1.73 <sup>ef</sup>	63.61±1.52 <sup>efg</sup>
7. Phuket 4	34.80±2.26 <sup>fg</sup>	2.95±0.62 <sup>ab</sup>	56.64±1.42 <sup>jkl</sup>
8. Krabi 1	24.65±2.44 <sup>abc</sup>	0.00 <sup>a</sup>	72.69±4.73 <sup>b</sup>
9. Phangnga 1	28.68±1.19 <sup>cde</sup>	9.38±1.13 <sup>f</sup>	60.43±1.10 <sup>ghij</sup>
10. Phangnga 2	25.99±4.72 <sup>bc</sup>	6.49±2.10 <sup>cde</sup>	60.87±0.46 <sup>fghi</sup>
11. Pattani 1	27.12±1.92 <sup>bcd</sup>	0.00 <sup>a</sup>	68.51±5.66 <sup>bcd</sup>
12. Pattani 2	22.65±2.25 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	71.00±1.53 <sup>bc</sup>
13. Pattani 3	34.12±1.08 <sup>fg</sup>	2.35±0.53 <sup>ab</sup>	61.89±2.39 <sup>fghi</sup>
14. Pattani 4	37.89±3.32 <sup>ghi</sup>	4.26±0.64 <sup>bc</sup>	57.03±1.66 <sup>ijkl</sup>
15. Songkhla 1	39.82±4.10 <sup>hij</sup>	0.00 <sup>a</sup>	52.89±1.07 <sup>l</sup>
16. Songkhla 2	34.96±2.17 <sup>fg</sup>	0.00 <sup>a</sup>	60.63±3.00 <sup>ghij</sup>
17. Nakhon Si Thammarat 1	28.47±2.54 <sup>cde</sup>	0.00 <sup>a</sup>	64.78±0.86 <sup>defg</sup>
18. Chile <sup>2</sup>	23.10±1.75 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	67.01±1.87 <sup>cde</sup>
19. Control <sup>3</sup>	21.28±0.24 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	80.36±0.35 <sup>a</sup>
20. Unidentified source	31.02±0.14 <sup>def</sup>	9.19±1.40 <sup>ef</sup>	59.90±0.29 <sup>ghijk</sup>

<sup>1</sup>N = 3, Means within a column sharing the same superscript are not significantly different (p 0.05)  
<sup>2</sup>From shrimp feed mill ; <sup>3</sup>Lyophilized sample

ตัวอย่าง รวมตัวอย่างที่ผลิตขึ้นเองจากปลาหลังเขียวซึ่งมีโปรตีนสูงที่สุด คือ 74.09% และมีตัวอย่างที่จัดเป็นปลาปนเกรด 1 ตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 8 ตัวอย่าง ซึ่งรวมตัวอย่าง สงขลา 2, นครฯ 1 และปลาปนที่นำเข้าจากประเทศชิลี เนื่องจากมีโปรตีน 64.49, 64.23 และ 63.84% ตามลำดับซึ่งมีระดับของโปรตีนของทั้ง 3 ตัวอย่าง ค่อนข้างสูง และมีปริมาณเถ้าที่ต่ำโดยเฉพาะตัวอย่าง สงขลา 2 และปลาปนที่นำเข้า จึงน่าจะจัดเป็นปลาปนเกรดกึ่งได้ ปริมาณโปรตีนที่ต่ำกว่าเกณฑ์เกรดกึ่งเพียงเล็กน้อยนั้นอาจเกิดจากการสลายตัวของโปรตีนจึงทำให้ระดับโปรตีนลดลง โดยเฉพาะตัวอย่างที่นำเข้าจากชิลีที่อาจมีการเก็บรักษานาน ส่วนตัวอย่าง Unidentified source แม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่า 60% (63.81%) แต่กลับพบว่ามีการปลอมปนของขนไก่ไฮโดรไลซีในปริมาณค่อนข้างสูง (10-20%)

(Table 7) ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์น้ำนั้น หากพบมีการปลอมปน โรงงานผลิตอาหารจะไม่รับซื้อปลาปนนั้น และถือว่าเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2525 (กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, 2540) สำหรับตัวอย่าง ภูเก็ต 1-3 และ ปัตตานี 1-3 นั้นมีการปลอมปนเล็กน้อยซึ่งมีตัวอย่างปลาปนเกรดกึ่งอยู่ 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ปัตตานี 1 และ 2 ที่มีระดับโปรตีนสูงมาก จึงควรมีการยืนยันผลด้วยการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยต่อไป สำหรับปลาปนเกรด 2 มีจำนวน 7 ตัวอย่าง โดยมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนอยู่ในช่วง 55.84-61.28% เมื่อวิเคราะห์ทางกายภาพโดยใช้เทคนิคการลอยตัวเพื่อแยกชั้นอินทรีย์สารและอนินทรีย์สารและนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน จากการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ (10x) ในส่วนของอินทรีย์สารพบว่ามีเปลือก

**Table 7. Test results on decomposition, non protein nitrogen<sup>1</sup> and adulteration of urea, hydrolyzed feather meal and hydrolyzed leather in fish meal samples**

Sample	Decomposition	Non protein nitrogen	Urea	Hydrolyzed Feather meal	Hydrolyzed leather
1. Trang 1	-	-	-	-	-
2. Trang 2	-	-	-	-	-
3. Trang 3	-	-	-	-	-
4. Phuket 1	++	-	-	+	-
5. Phuket 2	++	-	-	+	-
6. Phuket 3	++	-	-	+	-
7. Phuket 4	-	-	-	-	-
8. Krabi 1	-	-	-	-	-
9. Phang nga 1	-	-	-	-	-
10. Phang nga 2	-	-	-	-	-
11. Pattani 1	-	-	-	+	-
12. Pattani 2	-	-	-	+	-
13. Pattani 3	++	-	-	+	-
14. Pattani 4	+++	+	-	-	-
15. Songkhla 1	-	-	-	-	-
16. Songkhla 2	-	-	-	-	-
17. Nakhon Si Thammarat 1	-	-	-	-	-
18. Chile <sup>2</sup>	-	-	-	-	-
19. Control <sup>3</sup>	+	-	-	-	-
20. Unidentified source	++	-	-	++	-

<sup>1</sup>N = 3 ; <sup>2</sup>from shrimp feed mill ; <sup>3</sup>Lyophilized sample ; - Negative ; +, ++, +++ Positive level

หอย เปลือกปู และเศษขยะปนอยู่ในทุกตัวอย่าง (Table 6) ยกเว้นสงขลา 1 เนื่องจากเป็นปลาปนที่ผลิตจากเศษเหลือของโรงงานผลิตภัณฑ์ประมง ตัวอย่างที่เป็นปลาปนเกรด 2 นั้น ส่วนใหญ่เป็นปลาปนที่ทำมาจากปลาเบ็ดซึ่งมีค่าโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ของเกรด 2 และมีค่าสูง เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนเก่า และเยื่อใยพบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางผกผันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่นำมาผลิตปลาปนมีคุณภาพดี เป็นปลาน้ำลึกที่มีขนาดใหญ่มีเกล็ดน้อย ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงและมีเปอร์เซ็นต์เก่าต่ำ ส่วนปลาที่มีโปรตีนต่ำผลิตจากปลาเบ็ด อาจมีพวกเปลือกหอย ทรายปนมาด้วย ทำให้ได้โปรตีนต่ำและมีค่าสูง (อังกฤษ และคณะ, 2546) และปลาปนที่มีคุณภาพดีจะมีการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม เช่น เศษขยะในปริมาณน้อย ทำให้ค่าที่ได้มีความผกผันกับเปอร์เซ็นต์เยื่อใย

TVN และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH<sub>3</sub>) เป็นสาร

ประกอบที่ระเหยได้ที่เป็นพารามิเตอร์ในการวัดความสดของวัตถุดิบ (Arason, 1994) ซึ่งมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีนและกรดอะมิโนในกล้ามเนื้อปลา นอกจากนี้เอนไซม์จากตัวปลาเองก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการย่อยสลายของโปรตีนเช่นกันทำให้เกิดเป็นสารประกอบที่ระเหยได้เหล่านี้ สำหรับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนนั้น ในข้อกำหนดสำหรับปลาปนที่ผลิตโดยใช้อุณหภูมิต่ำ กำหนดให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนไม่เกิน 0.016 กรัม/100 กรัม (Smith and Kilpatrick, 1991) และมี TVN ในวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไม่เกิน 50 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม สำหรับปลาปนคุณภาพทั่วไปนั้นควรมีค่าไม่เกิน 90 มก.ไนโตรเจน/100 ก. (Ariyawansa, 2000) โดย TVN จะมีค่าสูงขึ้นในวัตถุดิบที่ไม่ผ่านความร้อน (unheated) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ในปลาปนที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

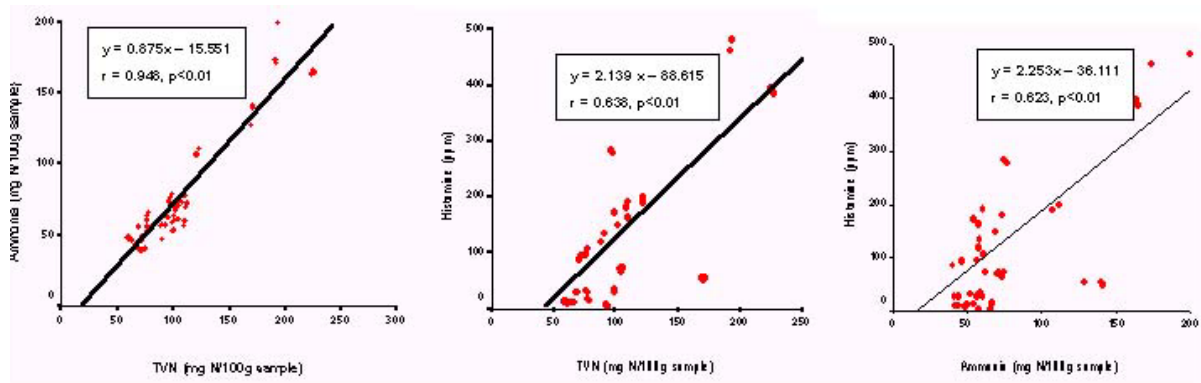


Figure 5. Correlation between TVN and ammonia nitrogen and Histamine and ammonia nitrogen and Histamine

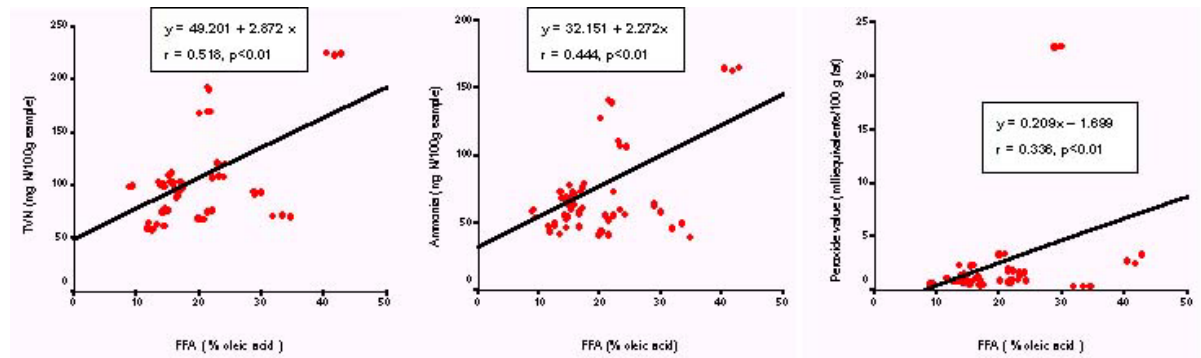


Figure 6. Correlation between FFA and TVN, Ammonia nitrogen and Peroxide value in fish meal samples

(Arason, 1994) จากการศึกษาคูณภาพปลาปนในประเทศไทยโดยการวิเคราะห์ปริมาณของ TVN ในปลาปนนั้น ค่าที่วิเคราะห์ได้มีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เช่น อังกฤษ และคณะ (2544) พบว่าปลาปนเกรดกึ่งมีค่า TVN ในช่วง 14-96 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม ขณะที่ปลาปนเกรด 2 มีค่า TVN ในช่วง 13-64 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม ตัวอย่าง ค่า TVN ของปลาปนที่จะนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของวัตถุดิบนั้นจึงอาจจะไม่สามารถบอกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากอาจมีการระเหยของสารประกอบเอมีนในกระบวนการผลิตปลาปน และจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ต่างกันก็ให้ค่า TVN ต่างกันด้วย (Botta, 1995) อีกสาเหตุที่อาจทำให้ค่า TVN มีความแตกต่างกันคือชนิดของปลา ดังผลการศึกษาของ Ricque-Marie และคณะ (1996) พบว่า ปริมาณ TVN

ของปลา herring ที่เน่า มีค่าสูงถึง 143 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม ขณะที่ ค่า TVN ของปลา anchovy ที่เน่ามีค่าเพียง 50 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม สำหรับมาตรฐานปลาปนคุณภาพดีนั้นกำหนดให้ค่า TVN ได้ไม่เกิน 100 - 120 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม (G.C. Luckmate Trading Ltd., 2004) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการกลั่น (MgO steam distillation) และพบว่าปลาปนที่มีค่ามากกว่า 120 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม คือปลาปนตรัง 2 บัตตानी 1 บัตตानी 3 และบัตตानी 4 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 121.25 - 225.25 มก.ไนโตรเจน/100 กรัม เป็นที่น่าสังเกตว่าปลาปนที่ผลิตจากปลาเบ็ดส่วนใหญ่มีค่า TVN ในช่วงที่ต่ำกว่าปลาปนที่ผลิตจากปลาทุแขกและปลาหลังเขียว

เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ TVN คือ แอมโมเนียไนโตรเจน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง

TVN และ แอมโมเนียไนโตรเจน จึงมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และมีค่า r สูงที่สุด ( $r = 0.948$ ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการตรวจสอบคุณภาพปลาปนด้วยวิธีทางเคมีง่าย ๆ (Decomposition และ Non protein nitrogen test) โดยพบว่าปลาปนบัตานี 4 ซึ่งเป็นปลาปนที่ได้จากร้านขายอาหารสัตว์มีค่า TVN และ แอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ในระดับที่สูงมากถึงสูงสุด เมื่อนำมาตรวจสอบความเสื่อม ก็พบว่ามีการเสื่อมมากที่สุด และเป็นเพียงตัวอย่างเดียวที่ตรวจพบสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน นอกจากนี้ยังตรวจพบการเสื่อมสภาพของปลาปนในระดับปานกลางในตัวอย่าง ตรัง 1, ตรัง 3, ภูเก็ต 3 และ Unidentified source สำหรับปลาปนที่ผลิตเอง ตรวจพบการเสื่อมสภาพในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากตัวอย่างปลาที่ผลิตเองนี้เป็นการผลิตโดยวิธี Lyophilization ซึ่งไม่ได้ใช้ความร้อนทำให้จุลินทรีย์บางชนิดอาจรอดชีวิต แต่เนื่องจากการเก็บรักษาตัวอย่างในตู้แช่แข็งตลอดเวลาจึงมีการเสื่อมสภาพในปริมาณที่น้อยมาก ทั้งนี้เพราะในธรรมชาติจะพบจุลินทรีย์อยู่บนตัวปลาอยู่แล้ว โดยมีจำนวนมากบริเวณเหงือกและทางเดินอาหารของปลา และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จะมีเพิ่มมากขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับของความสะอาดในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การจับปลาในกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา โดยปลาในเขตร้อนจะเกิดการปนเปื้อนได้มากกว่า ชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในปลาเขตร้อนเป็น Gram-positive mesophiles ในกลุ่ม *Micrococcus* spp. และ *Bacillus* spp. (Sofos, 1994) ในปลาที่เก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งนั้น ปริมาณของจุลินทรีย์จะมีปริมาณน้อยกว่าในสภาพปกติ แต่ปลาที่เก็บรักษาในตู้เย็นหรือแช่แข็งไว้จะทำให้เกิดแบคทีเรียในกลุ่ม Gram-negative เช่น *Pseudomonas* spp. ที่สามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนที่มีขนาดเล็กต่ำ ทำให้เกิดแอมโมเนีย FFA และ เอมีน รวมถึงสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นของปลาเน่า เช่น สารประกอบซัลไฟด์ นอกจากนั้นการเสื่อมสภาพอาจเกิดได้ในสภาพสุญญากาศโดยแบคทีเรียบางชนิด (Sofos, 1994) ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดสีดําที่กระดาดทดสอบของตัวอย่างปลาปนที่ผลิตเอง จากปฏิกิริยาของซัลเฟอร์กับลิโคเตตที่กระดาดทดสอบ

Biogenic amine ที่วิเคราะห์ในการศึกษารังนี้

เพียงฮีสตามีนที่เกิดจากการสลายของฮีสติดีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดหนึ่งที่ต้องการ จากการศึกษาครั้งนี้ตัวอย่างปลาปนเกรดกึ่งมีปริมาณฮีสตามีนสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่น โดยเฉพาะปลาปนที่ผลิตจากปลาเบ็ด ซึ่งอาจจะเกิดจากความแตกต่างของชนิดปลาที่ใช้ในการผลิต (Yamanaka et al., 1986) โดยปลาปนเกรดกึ่งผลิตจากปลาหลังเขียวและปลาหูแขก ซึ่งเป็นปลาผิวน้ำที่มีปริมาณฮีสตามีนอยู่ในระดับสูง (Toyoma et al., 1981; Wood and Bostock, 1984) สำหรับปลาในกลุ่มเดียวกันค่าฮีสตามีนที่สูงอาจเป็นเพราะปลาที่ใช้ในการผลิตปลาปนอยู่ในสภาพไม่สด ดังที่ Ricque-Marie และคณะ (1996) พบว่าปริมาณฮีสตามีนของปลาปนที่ผลิตจากปลา anchovy ที่มีความสดมีค่าเพียง 35 ppm โดยปลาปนที่ผลิตจากวัตถุดิบที่สดปานกลางมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 446 ppm และปลาที่ไม่สด (stale) มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นถึง 916 ppm ในการศึกษาครั้งนี้ปลาปนที่ผลิตเองจากปลาหลังเขียวมีค่าฮีสตามีนเพียง  $5.94 \pm 1.20$  ppm ขณะที่ปลาปน กระบี่ 1 ซึ่งผลิตจากปลาชนิดเดียวกันมีค่าสูงถึง  $281.57 \pm 3.14$  ppm จึงมีความเป็นไปได้ที่วัตถุดิบอาจจะไม่สดมาก ในการนำค่า Biogenic amine มาใช้ในการประเมินคุณภาพของปลาปนนั้นได้มีการเสนอแนะให้ใช้ค่ารวมของฮีสตามีน คาตาเวรีน พุทธิซิน และ ไทรามีน (Ricque-Marie et al., 1996) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของฮีสตามีนในการศึกษารังนี้ อาจจะสามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาคุณภาพปลาปนควบคู่กับผลการวิเคราะห์อื่นที่บอกถึงการเสื่อมสภาพของโปรตีนได้โดยเมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฮีสตามีนกับ TVN และ แอมโมเนียไนโตรเจน พบว่ามีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เนื่องจากปลามีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงจึงส่งผลให้ปลาปนที่ได้มีคุณภาพเสื่อมลงได้เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งส่งผลให้ปลาปนมีกลิ่นหืนและเสื่อมสภาพลงโดยมีดัชนีที่วัดความเสื่อมคือ FFA, PV และ TBA โดย FFA เป็นค่าที่บ่งบอกความเสื่อมและใช้ประเมินคุณภาพปลาปนได้โดยสะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่เกิดขึ้นในกระบวนการสลายไขมัน (lypolysis) ส่งผลให้ไขมันสลายตัวเกิดกรดไขมันอิสระเกิดขึ้น นอกจากนั้นระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บวัตถุดิบก็ส่งผลให้ไขมันสลายตัวได้เช่นกัน โดยปฏิกิริยานี้ส่งผลให้



เกิดกลิ่นเหม็นหืนในปลาปนได้ (Pike and Hardy, 1997) ในประเทศเดนมาร์กได้กำหนดให้มี FFA ในปลาปนไม่เกิน 21% สำหรับปลาปนทั่วไป แต่มีค่าไม่เกิน 14% สำหรับปลาปนคุณภาพดีมาก (Smith and Kilpatrick, 1991) ในการศึกษาครั้งนี้ FFA มีค่าอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 9 - 41.57% โดยตัวอย่างปลาปนที่มีค่าน้อยที่สุดคือปลาปนสงขลา 1 ซึ่งเป็นปลาปนที่ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตซูริมีที่เป็นวัตถุดิบที่มีคุณภาพสำหรับการบริโภคของมนุษย์จึงส่งผลให้มีค่าต่ำกว่า 10% ถือว่ามีคุณภาพดี สำหรับตัวอย่างอื่นมีค่าสูงกว่า 10% โดยตัวอย่างที่มีค่าสูงมากที่สุดคือปัตตานี 4 ซึ่งมีค่า  $41.57 \pm 1.17\%$  ซึ่งเป็นตัวอย่างปลาปนจากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างนี้มีการสลายของไขมันสูงที่สุดซึ่งอาจจะเกิดเนื่องจากวัตถุดิบที่เสื่อมคุณภาพมากและการเก็บรักษาที่ไม่ดี สำหรับปลาปนชนิดที่มีค่าสูงถึง  $33.17 \pm 1.42\%$  นั้นอาจเกิดจากระยะเวลาในการเก็บรักษานาน และมีปริมาณไขมันสูงจึงส่งผลให้เกิดการเสื่อมสลายของไขมันสูงตามไปด้วย ส่วนปลาปนที่ผลิตเองที่มีค่าค่อนข้างสูงคือ  $29.06 \pm 0.58\%$  ถึงแม้ว่าจะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตลอดเวลา แสดงให้เห็นว่ากระบวนการ hydrolysis ของไขมันโดยเอนไซม์ไลเปสยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Verma และคณะ (1995) ที่ศึกษาในปลาชนิดเดียวกันคือปลาหลังเขียวสำหรับการบริโภค พบว่าปริมาณของ FFA จะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บถึงแม้จะเก็บที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  แล้วก็ตามโดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 8.65% ในปลาที่มีความสดมาก (วันที่ 0) เป็น 23.26% เมื่อเก็บไว้ที่  $-20^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 90 วัน โดยปลาต่างชนิดกันก็มีค่า FFA ที่ต่างกัน เช่น ปลา blue whiting เมื่อเก็บไว้ที่  $-10^{\circ}\text{C}$  นาน 90 วันมีค่า FFA เท่ากับ 19.30% และเมื่อเก็บวัตถุดิบไว้ที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างกันค่า FFA ที่ได้ก็ต่างกันด้วย (Aubourg *et al.*, 1998; Sarma *et al.*, 2000)

ค่า PV เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ถูกออกซิไดส์เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นสาร Intermediate ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในช่วงแรกของการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และ ปริมาณ TBA เป็นการวัดผลผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงหลังของการเกิดออกซิเดชัน โดยตรวจวิเคราะห์ในรูปของสาร Malonaldehyde

ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องระหว่าง PV และ TBA จากสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ไปเป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของไขมันโดยเกิดกลิ่นเหม็นหืน (Gray *et al.*, 1994) Malonaldehyde ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบอื่นในเนื้อปลา เช่น เอมีน นิวคลีอิกแอซิด โปรตีนและกรดอะมิโน และฟอสโฟลิปิด (Aubourg, 1993) จูอะดี และคณะ (1996) ศึกษาปริมาณ TBA ในปลาปนจากแหล่งต่างๆ พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 3.22-41.36 มก. Malonaldehyde/กก. จากการศึกษาครั้งนี้ปลาปนสงขลา 1 มีค่า TBA สูงที่สุดถึง  $44.63 \pm 2.55$  รองลงมาคือ ตรัง 2 ซึ่งมีค่า  $44.06 \pm 2.07$  มก. Malonaldehyde/กก. แสดงให้เห็นว่าการออกซิเดชันของไขมันในอัตราที่สูงกว่าตัวอย่างอื่น และมีความสัมพันธ์กับระดับไขมันที่สูงกว่า 10% ปลาปนที่มีปริมาณไขมันสูงมีแนวโน้มให้มีค่า TBA สูงด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ Simeonidou และคณะ (1998) ซึ่งพบว่าปลาหลังเขียวและปลากระบอกลายที่มีไขมันสูงมีปริมาณ TBA เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้ในน้ำแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับปลาชนิดอื่นที่มีไขมันต่ำกว่า ส่วนปลาปนจากชิลีมีค่า TBA สูงถึง  $27.54 \pm 2.63$  และมีไขมัน 13.56% แต่เป็นค่าที่ต่ำกว่าตัวอย่างสงขลา 1 และ ตรัง 2 ในขณะที่มีระดับไขมันที่สูงกว่า อาจเป็นเพราะปลาปนชิลีมีการเติมสารกันหืนทำให้มีผลช่วยลดการเกิดออกซิเดชันลงไปในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามค่า TBA ที่ได้อาจไม่สัมพันธ์กับ ปริมาณของไขมันเสมอไป ดังเช่นตัวอย่าง สงขลา 2 มีไขมัน 10.74 % ซึ่งเท่ากับไขมันจากปลาปนตรัง 2 แต่มีค่า TBA ต่ำคือ  $14.80 \pm 3.07$  เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันและลักษณะและระยะเวลาการเก็บรักษา ก่อนการเก็บตัวอย่างอาจแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปแล้ว PV มีค่าค่อนข้างต่ำแต่มีความสอดคล้องกับค่า FFA เช่น ปลาปนปัตตานี 4 ที่มีค่า FFA สูงที่สุดนั้นก็ยังมีค่า PV สูงเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าปลาปนดังกล่าวผลิตจากปลาปนที่มีการออกซิเดชันเกิดขึ้นสูง สำหรับปลาปนชุดควบคุมมีค่า PV สูงที่สุด แต่มีค่า TBA ต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจเกิดในช่วงต้น และสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงเป็นสารจำพวก secondary products ส่งผลให้ค่า TBA ต่ำ โดยทั่วไปสารประกอบ hydroperoxide เปลี่ยนแปลงเป็น secondary products

คือสารจำพวกอัลดีไฮด์ (Gray *et al.*, 1994) เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณ PV กับ FFA พบว่ามีความสัมพันธ์กันที่ระดับความเชื่อมั่น 99% เนื่องจากกระบวนการ hydrolysis ของไขมันเป็น FFA นั้นจะทำให้เกิดการออกซิเดชันเพิ่มขึ้นด้วย โดยทั่วไปกรดไขมันอิสระบางชนิดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายและรวดเร็วกว่ากรดไขมันที่เอสเทอร์ไฟด์กับกลีเซอรอล (Huss, 1995) นอกจากนี้ปริมาณ FFA ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณ TVN และแอมโมเนียไนโตรเจน แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมสภาพของโปรตีนและไขมันในปลาปนมีความสอดคล้องกันและสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาปน ที่อาจจะใช้วัตถุดิบที่ไม่สดหรือเสื่อมสภาพ ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทั้งในส่วนของโปรตีนและไขมัน

ในการทดสอบการปลอมปนนั้นไม่พบการปลอมปนหนังสัตว์ไฮโดรไลซ์และยูเรีย แต่พบการปลอมปนขนไก่ไฮโดรไลซ์ใน 7 ตัวอย่าง โดยตัวอย่าง Unidentified source มีการปลอมปนมากที่สุดประมาณ 10-20% สำหรับ ตัวอย่าง ภูเก็ต 1-3 และ บัตตานี 1-3 นั้น มีการปลอมปนเล็กน้อย ซึ่งมีตัวอย่างปลาปนเกรดกึ่งอยู่ 2 ตัวอย่าง ได้แก่ บัตตานี 1 และ 2 ที่มีระดับโปรตีนสูงมาก จึงควรมีการยืนยันผลด้วยการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของตัวอย่างปลาปนที่ตรวจพบการปลอมปนต่อไป

### สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาคุณภาพของปลาปนที่ผลิตโดยใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน พบว่าปลาปนเกรดกึ่งที่มีโปรตีนสูงกว่า 65% และมีปริมาณกรดไขมัน เป็นปลาปนที่ผลิตจากปลาผิวน้ำในกลุ่มปลาทุแวก และปลาหลังเขียว สำหรับปลาปนเกรด 1 ส่วนใหญ่เป็นส่วนผสมของปลาผิวน้ำและปลาชนิดอื่น เช่น เศษเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิ ส่วนปลาปนเกรด 2 ผลิตจากปลาเบ็ดเป็นส่วนใหญ่ โดยมีเปลือกปู เปลือกหอย และเศษขยะปนมาในสัดส่วนที่สูง ในแต่ละกลุ่มของปลาปนนั้น ปริมาณของ TVN, แอมโมเนียไนโตรเจน และฮีสตามีน จะเพิ่มสูงขึ้นในตัวอย่างที่มีการเสื่อมสภาพทั้งที่เกิดจากวัตถุดิบที่ไม่สดและการเก็บรักษา สำหรับ FFA, PV และ TBA ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งชี้ถึงการสลายตัวและการเสื่อมสภาพของไขมันนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับของไขมันในตัวอย่าง

และระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปลาปนที่มีคุณภาพต่ำมากมีค่าพารามิเตอร์สูงทั้งในส่วนของโปรตีนและไขมันสอดคล้องกัน ในบางตัวอย่างพบการปลอมปนขนไก่ไฮโดรไลซ์ ซึ่งควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของตัวอย่างที่พบมีการปลอมปนเพื่อเป็นการยืนยันผลการตรวจสอบดังกล่าวที่ชัดเจนขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ดร.มะลิ บุญยรัตพันธุ์ ผู้ประสานงานโครงการชุดวิจัยอาหารกุ้งกุลาดำเพื่อนำไปสู่การผลิตกุ้งปลอดภัย ปลอดภัย และเอื้อต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับการประสานงานตั้งแต่การเสนอโครงการ จนกระทั่งการดำเนินงานให้สำเร็จตามเป้าหมาย รองศาสตราจารย์ ดร.สุทวิวัฒน์ เบญจกุล สำหรับความอนุเคราะห์เครื่องมือและคำแนะนำในการวิเคราะห์ฮีสตามีน และ รองศาสตราจารย์ ดร.เยาวมาลย์ คำเจริญ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับข้อเสนอแนะและคำแนะนำในการตรวจสอบคุณภาพด้วยเทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์และการตรวจสอบทางเคมีอย่างง่าย อันเป็นประโยชน์อย่างมากในการดำเนินงาน

### เอกสารอ้างอิง

- กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์, 2540. พระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ พ.ศ. 2525 กฎกระทรวง ประกาศกระทรวง คำสั่งและระเบียบของกรมปศุสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2538. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดชื่อ ประเภท ชนิด ลักษณะคุณภาพและมาตรฐานของอาหารสัตว์ (ฉบับที่ 8). พ.ศ. 2538. 3 หน้า.
- จوزهดี พงศ์มณีรัตน์ มะลิ บุญยรัตพันธุ์ และ ชูศักดิ์ บิสิทธ์. 2540. ผลของปลาปนไทยต่อการเจริญเติบโตของกุลาดำ. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1/2540 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลา. 16 หน้า.
- เยาวมาลย์ คำเจริญ. 2546. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศรีสกุล วรจันทรา ณหทัย วิจิตโรทัย และ จรรยา คงฤทธิ์. 2539. เทคโนโลยีอาหารสัตว์ : การตรวจสอบคุณภาพ

- วัตถุดิบอาหารสัตว์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ : วารสาร  
พระจอมเกล้าลาดกระบัง 4(2) : 40 - 43.
- สมาคมผู้ผลิตปลาปนไทย. 2544. 20 ปีสมาคมผู้ผลิตปลาปน  
ไทย. สมาคมผู้ผลิตปลาปนไทย. กรุงเทพมหานคร.
- สมาคมผู้ผลิตปลาปนไทย. 2546. ภาวะราคาปลาปน. จดหมาย  
ข่าวสมาคมผู้ผลิตปลาปนไทย. 22(17). 1 - 15 กันยายน  
2546.
- อังคณา ชาญบรรจง ดวงสมร สีนเจิมสิริ และ กรสุรางค์  
อัครเย็นใจ. 2544. เปรียบเทียบคุณภาพปลาปนไทย.  
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร-  
ศาสตร์.
- Akiyama, D.M., Dominy, W.G. and Lawrence, A.L.  
1991. Penaeid shrimp nutrition for the com-  
mercial feed industry: Revised. **In**: Akiyama,  
D.M., Tan, R.K.H. (eds). Proceedings of the  
Aquaculture Feed Processing and Nutrition  
Workshop, Thailand and Indonesia, September  
19-25, 1991. American Soybean Association.  
Singapore.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Associa-  
tion of Official Analytical Chemists, Thirteenth  
edition, Washington, D.C.
- AOCS. 1989. Official and Tentative Methods of  
the American Oil Chemist Society. Vol 1.  
Champaign, Illinois.
- Arason, S. 1994. Production of fish silage. **In** A.M.  
Martin (ed.) Fisheries Processing: Biotechnological  
Applications. Chapman and Hall, London.
- Ariyawansa, S. 2000. The evaluation of functional  
properties of fish meal. The United Nations  
University Fisheries Training Programme.  
Iceland. [http://www.unuftp.is/proj2000/  
Sujeewa3.pdf](http://www.unuftp.is/proj2000/Sujeewa3.pdf) [Access date 6 October 2003]
- Aubourg, S.P. 1999. Lipid damage detection during  
the frozen storage of an underutilized fish  
species. Food Res. Int. 32 : 497-502.
- Aubourg, S.P., Medina, T. and Gallardo, J. 1998. Qual-  
ity assessment of blue whiting (*Micromesistius  
poutassou*) during chilled storage by monitoring  
lipid damages. J. Agric. Food Chem. 46: 3662-  
3666.
- Bates, L.S., Akiyama, D.M. and Shing, L.R. 1995.  
Aquaculture Feed Microscopy Manual. Ameri-  
can Soybean Association. Singapore.
- Botta, J.R. 1995. Evaluation of Seafood Freshness  
Quality. VCH Publishers, Inc. New York. USA.  
180 p.
- Davis, D.A. 2000. Replacement of fishmeal in practical  
diet for the Pacific white shrimp. Int. Aqua Feed  
3: 35-37.
- Flicker, J. 2002. Fish meal: High protein does not stand  
for high quality. Feed Int. 23: 13-16.
- G.C. Luckmate Trading Ltd. 2004. Fishmeal Quality  
Glossary. G.C. Luckmate Trading Ltd. NO. 9  
Desvoeux Road West, Hong Kong.
- Gray, J.I., Pearson, A.M. and Monahan, F.J. 1994.  
Flavor and aroma problems and their measure-  
ment in meat, poultry and fish products. **In**  
A.M. Pearson and T.R. Dutson (eds.). Quality  
Attributes and their Measurement in Meat,  
Poultry and Fish Products. Advances in Meat  
Research-Volume 9. Blackie Academic and  
Professional. Glasgow.
- Huss, H.H. 1995. Quality and Quality Changes in  
Fresh Fish. FAO Fisheries Technical Paper  
No. 348, Food and Agriculture Organization of  
the United Nations. Rome.
- IUPAC. 1979. Standard Methods for the Analysis of  
Oil, Fat and Derivative, 6<sup>th</sup> Ed. Part I. Pergamon  
Press. Paris.
- Lall, S.P. 2000. Nutrition and health of fish. **In** Cruz-  
Sciavez, L.E., Rique-Marie, S., Tapia-Salazar,  
M., Olvera-Novoca, M.A., Civera-Cerecedo, R.  
(eds.). Advances on Nutricion Acuicola V.  
Memorias del V Simposium Internacional de  
Nutricion de Nutricion Acuicola. 19-22  
November, 2000. Merida, Yucatan, Mexico.
- Mackie, I. 1993. The effects of freezing on flesh pro-  
teins. Food Rev. Int. 9: 575 - 610.
- National Research Council (NRC). 1993. Nutrient  
Requirement of Fish. National Academic Press.  
Washington D.C.
- Pike, I.H. and Hardy, R.W. 1997. Standards for  
assessing quality of feed ingredients. **In** L.R.D.  
D'Abramo, D.E. Conklin and D.M. Akiyama  
(eds.). Crustacean Nutrition: Advances in World  
Aquaculture Volume 6. World Aquaculture  
Society, Louisiana.

- Ricque-Marie, D., Ma. Isabel Abdo-de La Parra., Cruz-Suarez, L.E., Cuzon, G., Cousin, M., Aquacop and Pike, I.H. 1998. Raw material freshness, a criterion for fish meal fed to shrimp. *Aquaculture* 165: 95-109.
- Sarma, J., Vidya. Sagar Reddy, G. and Srikar, L.N. 2000. Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (*Sardinella longice*). *Food Res. Int.* 33 : 815-820.
- Smith, P. and Kilpatrick, J.S. 1991. Fish meal – a limited resource? **In:** R.H. Cook and W. Pennell (eds.) Proceedings of the Special Session on Salmonid Aquaculture, World Aquaculture Society, February 16 1989, Los Angeles, USA. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquatic Sci.* 1831. 125-132.
- Sofos, J.N. 1994. Microbial growth and its control in meat, poultry and fish. **In** A.M. Pearson and T.R. Dutson (eds.). *Quality Attributes and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*, Advances in Meat Research-Volume 9. Blackie Academic and Professional. Glasgow.
- Stelo, C., Pificico, C. and Perez-Martin, R. 1995. Review denaturation of fish proteins during frozen storage: Role of formaldehyde. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 200, 14-23.
- Toyama, K., Okuzumi, M, Yokoi, T. and Aoe, H. 1981. Histamine content of fish meal. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 47: 415-419.
- Uchiyama, H. 1973. Analytical Methods for Estimating Freshness of Fish. SEAFDEC Training Dept. Text/Reference Book. Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Verma, J.K., Srikar, L.N., Sudhakara, N.S. and Sarma, J. 1995. Effects of frozen storage on lipid freshness parameters and some functional properties of oil sardine (*Sardinella longiceps*) mince. *Food Res. Int.* 28: 87-90.
- Wood, C.D. and Bostock, T. 1985. Toxic amines in fish. **In:** A. Reilly (ed.) Spoilage of Tropical Fish and Product Development. Proceedings of a Symposium Held in Conjunction with the Sixth Session of the Indo-Pacific Fishery Commission Working Party on Fish Technology and Marketing, Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne, Australia, 2-3 October 1984.
- Yamanaka, H., Shimakura, K., Shiomi, K. and Kikuchi, T. 1986. Changes in non-volatile amine contents of the meats of sardine and saury pike during storage. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Nissuishi.* 52: 127-130.