

## การใช้เศษปลาจากการแปรรูปเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*)

นพวรรณ จิมสังข์<sup>1</sup> อารีรัตน์ บุญมณี<sup>2</sup> วัชรีย์ ส่งศรีอ่อน<sup>2</sup> สตรี ไทยท่าบาก<sup>2</sup>  
และ ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์<sup>3</sup>

### Abstract

Chimsung, N., Boonmanee, A., Songsrion, W., Thaitabak, S. and Chotipuntu, P.  
Use of fish processing waste as protein source in diet for Nile tilapia  
(*Oreochromis niloticus*)

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(Suppl. 1) : 141-149

Five diets were prepared using fish processing waste meal (FMFP) to replace fish meal (FM) at inclusion levels of 0, 25, 50, 75 and 100%. Frog diet was used as a control diet. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) were reared in laboratory conditions for 8 weeks. It was found that substitution levels of protein from FMFP in the tested diets reduced growth and feed efficiency of tilapia ( $p < 0.05$ ). However, the differences looks like significant trend especially that between the 100% substitution level and the frog diet. Substitution of FM by FMFD at 75% reduced cost of feed by 15.35%. It was concluded that up to 75% inclusion of FMFD in the diet of tilapia could support normal growth of Nile tilapia with the potential for substitution of FM.

Key words : fish processing waste, protein source, diet, Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

School of Agricultural Technology, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, 80160 Thailand

<sup>1</sup>วท.ม. (วาริชศาสตร์) <sup>2</sup>นักศึกษาลัทธิสุตร วท.บ. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ <sup>3</sup>Ph.D. (Applied Science) สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160  
Corresponding e-mail : cnoppawa@wu.ac.th

รับต้นฉบับ 15 พฤศจิกายน 2547      รับลงพิมพ์ 4 มีนาคม 2548

### บทคัดย่อ

นพวรรณ ฉิมสังข์ อาริรัตน์ บุญมณี วัชรวิทย์ ส่องศรีอ่อน สตรี ไทยท่าบก และ ปิยะพงศ์ โชติพันธุ์  
การใช้เศษปลาจากการแปรรูปเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*)  
ว.สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(ฉบับพิเศษ 1) : 141-149

ทดลองเลี้ยงปลานิลน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น  $1.07 \pm 0.02$  กรัม ด้วยอาหาร 6 สูตร ที่มีเศษปลาจากการแปรรูปอาหารกระป๋องเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่น 0, 25, 50, 75 และ 100% ของระดับโปรตีนจากปลาป่น และอาหารสำเร็จรูปสำหรับกบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า การใช้เศษปลาจากการแปรรูปอาหารกระป๋องทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในระดับต่างๆ ส่งผลให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลานิลลดลง แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากที่ระดับทดแทน 100% เช่นเดียวกับเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปสำหรับกบ และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตอาหาร พบว่า การใช้เศษปลาทดแทนปลาป่น 75% ของระดับโปรตีนจากปลาป่น สามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบได้ถึงร้อยละ 3.49 บาท หรือ 15.35% ของอาหารที่ใช้ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนเพียงอย่างเดียว การศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า โปรตีนจากเศษปลาจากการแปรรูปอาหารกระป๋องสามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ไม่เกิน 75%

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) เป็นปลาน้ำจืดที่มีรสชาดี ประชาชนส่วนใหญ่นิยมบริโภค ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจึงนิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายทั้งเป็นอาชีพหลักและเสริมรายได้ ต้นทุนการเลี้ยงปลานิลมากกว่า 60% ของต้นทุน ทั้งหมดมาจากค่าอาหาร (พรรณศรี และ อภิรัตน์, 2528 พินิจ และคณะ, 2543) ซึ่งในปัจจุบันราคาอาหารสำเร็จรูปสำหรับปลานิลมีราคาแพง ทั้งนี้เนื่องจากปลาป่นซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารมีราคาสูงขึ้น (FAO, 1994) มีรายงานการศึกษาวิจัยภายในประเทศเกี่ยวกับการนำวัตถุดิบต่างๆ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ทั้งที่เป็นผลผลิตพลอยได้ (by product) จากการเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ มาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลานิล เช่น การใช้ถั่วเหลืองแทนปลาป่นในอาหารปลานิล (มะลิ และ วิจิตร, 2530) การใช้ดักแด้ใหม่ทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิล (ธราพันธ์, 2540) การศึกษาระดับภาคเหนือเมล็ดในปาล์ม น้ำมันต่อการใช้เจริญเติบโตของปลานิล (นิรุทธิ์, 2544 วุฒิพร และคณะ, 2547) การใช้เนื้อหอยเชอร์รี่ทดแทนปลาป่น (จุฑามาศ และคณะ, 2545) เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลจากงานวิจัยเหล่านี้เป็นแนวทางในการผลิตอาหารปลานิลต้นทุนต่ำเพื่อเพิ่มกำไรในการผลิตปลานิลของเกษตรกรให้มากขึ้น

ในกระบวนการแปรรูปอาหารทะเลจะมีของเหลือใช้จากการผลิต เช่น หัวปลา เครื่องในปลา เศษเนื้อปลา ที่

สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์น้ำได้ ซึ่งมีรายงานการศึกษานำของเหลือจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลเหล่านี้ไปผลิตเป็นไซเลสปลา (fish silage) ก่อนใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารปลาเรนโบว์เทรา (Hardy et al., 1984) ปลาแอตแลนติกแซลมอน (Atlantic salmon) (Espe et al., 1999) Li และคณะ (2004) รายงานว่าสามารถใช้หัวปลาแซลมอนแดง (red salmon) ซึ่งเป็นของเหลือจากการแปรรูป โดยนำมาอบแห้งและบดละเอียดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของปลาจวด (red drum, *Sciaenops ocellatus*) ร่วมกับปลาป่นคุณภาพดีได้

ในท้องถิ่นภาคใต้ของประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลจำนวนมาก ได้แก่ โรงงานปลาแช่เยือกแข็ง โรงงานปลากระป๋อง เป็นต้น หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้วจะมีของเหลือใช้จากการผลิตจำนวนมาก วรรณ และคณะ (2543) รายงานว่า การผลิตปลาแช่เยือกแข็งในปี 2541 จากตัวเลขประมาณการพบว่า เศษเนื้อปลาที่เป็นของเหลือใช้มีประมาณ 3% ของน้ำหนักวัตถุดิบ หรือคิดเป็น 4,983 ตัน ซึ่งนับว่ามีปริมาณมาก โดยทั่วไปโรงงานผลิตปลาป่นจะรับซื้อเศษเนื้อปลาจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเหล่านี้เพื่อนำไปผลิตเป็นปลาป่น ปลาป่นที่ผลิตได้จากวัตถุดิบนี้มีระดับโปรตีนอยู่ในช่วง 52-58% ของน้ำหนัก (จูอะดีและมะลิ, 2539) สำหรับเศษเนื้อปลาที่ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตปลากระป๋อง

นั้นโรงงานแปรรูปจำหน่ายในราคาถูกเพียงกิโลกรัมละ 3-5 บาท การนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนร่วมกับปลาป่นจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาปริมาณของปลาป่นที่ผลิตจากเศษเนื้อปลาทูนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นที่ผลิตจากโรงงานในอาหารปลานิล เพื่อจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำเศษเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปอาหารทะเลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการผลิตอาหารปลานิลต้นทุนต่ำด้วย

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การเตรียมอุปกรณ์การทดลอง

ใช้ตู้กระจกขนาด 75x40x41 ซม. ความจุน้ำ 123 ลิตร ทำความสะอาดติดตั้งอุปกรณ์ให้อากาศ ปิดตู้กระจกด้วยพลาสติกสีดำทึบ 3 ด้าน เพื่อป้องกันปลาถูกรบกวนขณะทำการทดลอง นำน้ำประปาที่พักไว้ในถังพักน้ำและเติมอากาศเป็นเวลา 2 วัน เพื่อกำจัดคลอรีน เดิมในตู้กระจก 70 ลิตร/ตู้

#### 2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลานิลพันธุ์จิตรลดา 3 น้ำหนักเฉลี่ย 0.5 กรัม จำนวน 500 ตัว จากฟาร์มของมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มาอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาส ขนาดความจุ 1 ตัน เป็นเวลา 10 วัน เพื่อปรับปลาให้คุ้นกับสภาพของการทดลอง ระหว่างอนุบาลฝึกให้ปลากินอาหารเม็ดจมสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นเอง ซึ่งมีคุณค่าอาหารใกล้เคียงกับอาหารทดลอง วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 7.00 น. และ 17.00 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหาร ก่อนเริ่มการทดลองตรวจสอบการติดเชื้อ

แบคทีเรียและปรสิตภายนอก ลูกปลาที่ตัดเพื่อใช้ทดลองต้องมีสุขภาพดี ไม่มีโรคใดๆ ทำการคัดปลาใส่ตู้ทดลองจำนวน 18 ตัว/ตู้ ปรับสภาพปลาให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมของตู้และอาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน โดยระหว่างนี้ อาหารที่ให้ปลากิน คือ อาหารสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นอาหารสูตรควบคุม หลังจากปลาคุ้นเคยกับสภาพตู้และอาหารทดลองแล้ว ทำการคัดขนาดปลา จำนวน 15 ตัว/ตู้ คิดเป็นความหนาแน่น 1 ตัว/น้ำ 4 ลิตร (นิรุทธิ, 2544) ซึ่งนำหน้าปลาเริ่มต้น โดยวิธีการแทนที่น้ำ

#### 3. การเตรียมปลาป่นจากเศษปลา

นำเศษปลาท่อนำจากการแปรรูปอาหารกระป๋องของโรงงานวิวอน อินเตอร์เทรดดิ้ง จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี มาผลิตเป็นปลาป่น โดยนำมาอบแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (tray dryer) อบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บดเศษปลาที่อบแห้งแล้วด้วยเครื่องบด hammer mill ทำการร่อนเพื่อแยกเถ้าและสุมตัวอย่างปลาป่นจากเศษปลาและวัตถุดิบอื่นที่จะใช้ในการผลิตอาหารเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ (วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย) โดยวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ดังแสดงใน Table 1

#### 4. การผลิตอาหารปลานิล

อาหารที่ใช้ในการทดลองมีด้วยกันทั้งหมด 6 สูตร โดยอาหารสูตรที่ 1 เป็นอาหารสูตรควบคุม ใช้ปลาป่นจากโรงงานผลิตปลาป่น เป็นแหล่งโปรตีน สูตรที่ 2-5 ใช้ปลาป่นจากเศษปลาเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนปลาป่นจากโรงงานในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น (Table 2) ส่วนอาหารสูตรที่ 6 เป็น

Table 1. Proximate analysis of feed ingredients (% dry matter basis)<sup>1</sup>

Feed ingredient	Dry matter	Protein	Lipid	Ash	Fiber
Fish meal (FMFP) (by product from fish processing)	97.47±0.14	78.05±1.04	6.52±0.13	6.53±0.36	-
Fish meal (FM)	97.43±0.14	60.39±0.15	5.15±0.05	26.28±0.05	-
Rice bran	98.24±0.04	13.46±0.19	19.83±0.19	8.94±1.57	14.25±0.09
Soybean meal	97.22±0.03	37.46±0.73	19.85±0.29	5.81±0.04	7.50±0.06
Rice flour	97.31±0.06	7.04±0.09	0.38±0.13	0.35±0.04	10.62±0.10

<sup>1</sup>Mean±standard deviation of three replications

**Table 2. Ratio of FM protein : FMFP protein in experimental diets**

Diet	Ratio of FM protein : FMFP protein in experimental diets
Diet 1	100 : 0
Diet 2	75 : 25
Diet 3	50 : 50
Diet 4	25 : 75
Diet 5	0 : 100

อาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกบที่จำหน่ายในท้องตลาดซึ่งเกษตรกรนิยมนำมาใช้เลี้ยงลูกปลานิล โดยอาหารทดลองมีส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารอื่นๆ ดังแสดงใน Table 3 ขั้นตอนการผลิตอาหารทดลองทำโดยผสมวัตถุดิบอาหาร (ยกเว้นแป้งมัน) ให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมอาหาร Hobart เมื่อวัตถุดิบอาหารเข้ากันดีแล้ว เติมแป้งมันที่ละลายน้ำในสัดส่วน แป้งมัน 30 กรัม/น้ำ 500 มล. และต้มให้สุกจนเหนียว เพื่อใช้เป็นสารเหนียวในอาหาร ผสมจนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน อัดเม็ดอาหารผ่านหน้าแว่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มม. อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C โดยใช้ตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุอาหารแต่ละสูตรในถุงสีดำ เก็บในตู้แช่ 20 °C เพื่อรอการใช้งาน สุ่มเก็บ

อาหารแต่ละสูตรเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย โดยวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) (Table 4)

### 5. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test มี 6 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ อาหารสูตรที่ 1-5 ใช้โปรตีนจากปลาป่นที่ผลิตจากเศษปลา 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100% ของโปรตีนจากปลาป่นโรงงาน และอาหารสูตรที่ 6 เป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปสำหรับกบที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารระบุไว้ข้างล่างคือ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 40% ไขมันไม่ต่ำกว่า 3% ความชื้นไม่มากกว่า 12% และกากไม่มากกว่า 4% จำนวนปลาเริ่มต้น 15 ตัว/ตู้ จำนวนทั้งหมด 18 ตู้ ให้อาหารทดลองแก่ปลา 2 ครั้ง/วัน คือ เวลา 07.00 น. และ 17.00 น. โดยให้ปลากินอาหารจนอิ่ม ระยะเวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ ซึ่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละตู้ทุก 2 สัปดาห์ และนับจำนวนปลาที่เหลือรอด ตรวจวัดคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำโดยใช้เครื่องวัดยี่ห้อ WTW รุ่น Oxi 330i/SET ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง โดย

**Table 3. Composition of experimental diets (g/kg diet)**

Ingredient	Diet1	Diet2	Diet3	Diet4	Diet5
FM	250	187.5	125	62.5	0
FMFP	0	53.7	107.4	161.1	214.8
Soybean meal	360	360	360	360	360
Rice bran	100	100	100	100	100
Rice flour	240	248.8	257.6	266.4	275.2
Mineral premix*	10	10	10	10	10
Vitamin premix**	10	10	10	10	10
Cassava flour	30	30	30	30	30
<b>Total</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>

\* Mineral premix (mg/kg feed) : Calcium 500 mg, Iron 20 mg, Copper 25 mg, Manganese 20 mg, Zinc 20 mg, Cobalt 10 mg, Phosphorus 400 mg, Selenium 0.3 mg

\*\* Vitamin premix (mg/kg feed) : Retinol 5,000 IU, Cholecalciferol 1,000 mg, Tocopherol 50 IU, Thiamine (B<sub>1</sub>) 10 mg, Riboflavin (B<sub>2</sub>) 5 mg, Pyridoxine (B<sub>6</sub>) 30 mg, Cyanocobalamin (B<sub>12</sub>) 0.1 mg, Folic acid 1 mg, Choline Chloride 250 mg, Menadione 20 mg, Pantothenic acid 20 mg, Nicotinic acid 15 mg, Inositol 20 mg, Ascorbic acid 500 mg

**Table 4. Proximate analysis of experimental diets (% dry matter basis)<sup>1</sup>**

Diet	Dry matter	Protein	Lipid	Ash	Fiber
Diet 1	97.47±0.14	31.88±0.32	10.03±0.01	9.98±0.01	7.15±0.47
Diet 2	97.43±0.14	31.12±1.41	9.64±0.58	8.83±0.05	6.79±0.38
Diet 3	98.24±0.04	33.04±0.15	9.82±0.22	7.42±0.02	7.84±0.96
Diet 4	97.22±0.03	33.32±0.13	10.29±0.27	6.37±0.02	6.73±0.13
Diet 5	97.31±0.06	34.63±0.74	10.44±0.06	5.15±0.05	7.63±0.12
Diet 6	91.87±0.05	47.63±0.36	6.61±0.03	13.13±0.06	9.54±1.33

<sup>1</sup>Mean±standard deviation of three replications

**Table 5. Initial weight, final weight, weight gain, specific growth rate and survival rate of Nile tilapia fed the experimental diets**

Diet	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g)	Specific growth rate (%/day)	Survival rate (%)
Diet 1	1.11±0.02 <sup>a</sup>	25.12±4.11 <sup>d</sup>	21.73±3.95 <sup>bc</sup>	5.02±0.29 <sup>c</sup>	68.89±21.43 <sup>ab</sup>
Diet 2	1.06±0.06 <sup>a</sup>	22.30±1.38 <sup>bcd</sup>	20.15±2.15 <sup>bc</sup>	4.92±0.16 <sup>bc</sup>	77.78±3.85 <sup>ab</sup>
Diet 3	1.07±0.03 <sup>a</sup>	18.62±1.57 <sup>ab</sup>	16.41±1.20 <sup>ab</sup>	4.61±0.11 <sup>b</sup>	82.22±7.70 <sup>b</sup>
Diet 4	1.07±0.06 <sup>a</sup>	19.59±1.40 <sup>bc</sup>	17.36±2.20 <sup>abc</sup>	4.69±0.20 <sup>bc</sup>	51.11±16.78 <sup>a</sup>
Diet 5	1.04±0.02 <sup>a</sup>	13.54±0.47 <sup>a</sup>	12.11±0.16 <sup>a</sup>	4.15±0.02 <sup>a</sup>	53.33±9.43 <sup>a</sup>
Diet 6	1.05±0.02 <sup>a</sup>	24.54±4.15 <sup>cd</sup>	22.43±3.76 <sup>c</sup>	5.07±0.27 <sup>c</sup>	71.11±10.18 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Mean±standard deviation of three replications

Means within each column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

ใช้เครื่องวัดยี่ห้อ HACH รุ่น Sension3 และแอมโมเนียตามวิธีการของ Boyd และ Tucker (1992)

### ผลการทดลอง

#### 1. ความผิดปกติและพฤติกรรมของปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรต่าง ๆ

ปลานิลที่ได้รับอาหารทุกสูตร ไม่แสดงอาการผิดปกติของลักษณะภายนอกอย่างไรก็ตามปลาทุกตัวแสดงพฤติกรรมก้าวร้าว มีการกัดกันเอง เกิดบาดแผลและตาย จึงส่งผลให้อัตรารอดตายเมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีค่าในช่วง 51.11±16.78 ถึง 82.22±7.70% (Table 5)

#### 2. การเจริญเติบโต

##### 2.1 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

ปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้โปรตีนจากปลาป่นที่ผลิตจากเศษปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร มี

แนวโน้มของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น มีค่าลดลงตามปริมาณของปลาป่นจากเศษปลาที่เพิ่มขึ้นในอาหาร โดยปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 6 ซึ่งเป็นอาหารสูตรควบคุม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และ 4 อย่างไรก็ตามปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 4 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≥0.05) กับอาหารสูตรที่ 4 และ 6 (Table 5)

##### 2.2 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

เช่นเดียวกับค่าน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีการใช้โปรตีนจากปลาป่นที่ผลิตจากเศษปลาทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหาร มีแนวโน้มของค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะลดลงตามปริมาณของปลาป่นจากเศษปลาที่เพิ่มขึ้น โดยอาหารสูตรที่ 5 มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นต่ำสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กับปลาที่ได้รับอาหาร

สูตรอื่นๆ สูตร สำหรับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 4 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) กับอาหารสูตรที่ 1 และ 6 (Table 5)

### 3. ประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลา

จากข้อมูลใน Table 6 พบว่า อัตราแลกเปลี่ยน (Feed conversion ratio) ของปลาที่ได้รับอาหารสูตร 5 มีค่าสูงสุด คือ  $2.32 \pm 0.64$  และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ทั้งนี้ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1-4 และ 6 มีค่าอัตราแลกเปลี่ยนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) โดยมีค่าอยู่ในช่วง  $1.24 \pm 0.06$  ถึง  $1.69 \pm 0.27$  ในขณะที่ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนในอาหารของปลาที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ มีความแตกต่างกัน โดยแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก คือ ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4, 5 และ 6 แต่ไม่มีความแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ( $p \geq 0.05$ ) สำหรับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำสุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ทุกสูตร ( $p < 0.05$ )

จากการคำนวณราคาต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารและต้นทุนการผลิตปลาที่ใช้อาหารสูตรต่างๆ ในการเลี้ยง พบว่า ราคาอาหารลดลงตามปริมาณการใช้ปลาปนจากเศษปลาที่เพิ่มขึ้น โดยอาหารสูตรที่ 5 ซึ่งใช้ปลาปนจากเศษปลา

ทดแทนปลาปน โรงงานทั้งหมดในอาหารมีราคาต่ออาหารต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตปลาด้วยอาหารสูตรที่ 5 พบว่า มีค่าสูงสุด ในขณะที่ต้นทุนการเลี้ยงปลาด้วยอาหารสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 และ 6 (Table 7) อย่างไรก็ตาม อัตรารอดของปลาจะมีผลต่อต้นทุนการผลิตมากกว่าต้นทุนค่าอาหาร

### 4. คุณภาพน้ำ

จากข้อมูลคุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดการทดลองพบว่า อุณหภูมิมีค่าในช่วง  $25.20 \pm 0.00$ - $25.83 \pm 0.61$  °C ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) มีค่า  $6.30 \pm 0.17$ - $6.74 \pm 0.17$  ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละตู้ คือ  $7.90 \pm 0.08$ - $8.07 \pm 0.05$  มก./ลิตร สำหรับปริมาณแอมโมเนียในตู้ปลา มีค่าในช่วง  $0.17 \pm 0.06$ - $0.25 \pm 0.12$  มก./ลิตร โดยมีค่าสูงสุดในตู้ที่ปลาได้รับอาหารสูตรที่ 6 อย่างไรก็ตาม คุณภาพน้ำตลอดการทดลองมีความเหมาะสมต่อดำรงชีวิตของปลา (วิรัช, 2544)

### วิจารณ์ผลการศึกษา

จوزهดีและมะลิ (2539) รายงานว่า ปลาปนที่ผลิตจากส่วนเหลือของอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำมีค่าโปรตีนและเถ้า 52-58% และ 20-30% ของน้ำหนักอาหารตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Hardy (1995) ที่

**Table 6. Feed conversion ratio and protein efficiency ratio of Nile tilapia fed the experimental diets**

Diet	Feed conversion ratio	Protein efficiency ratio
Diet 1	$1.49 \pm 0.13^a$	$2.12 \pm 0.20^{cd}$
Diet 2	$1.32 \pm 0.07^a$	$2.45 \pm 0.15^d$
Diet 3	$1.24 \pm 0.06^a$	$2.45 \pm 0.12^d$
Diet 4	$1.69 \pm 0.27^a$	$1.80 \pm 0.26^{bc}$
Diet 5	$2.32 \pm 0.64^b$	$1.26 \pm 0.35^a$
Diet 6	$1.25 \pm 0.03^a$	$1.68 \pm 0.03^b$

<sup>1</sup>Mean  $\pm$  standard deviation of three replications  
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different ( $p < 0.05$ )

**Table 7. Feed cost and fish production cost**

Diet	Feed cost (Baht/kg)*	Fish production cost (Baht/kg fish)**
Diet 1	22.73	$31.51 \pm 2.86^{bcd}$
Diet 2	21.56	$26.65 \pm 1.66^{ab}$
Diet 3	20.40	$23.44 \pm 0.92^a$
Diet 4	19.24	$28.70 \pm 3.13^{abc}$
Diet 5	18.08	$35.74 \pm 8.83^d$
Diet 6	30.00***	$35.16 \pm 0.50^{cd}$

\* sum of ingredient cost as per kilogram of diets  
\*\* calculation of total feed intake (kg) x feed cost (baht)/ total fish production (kg)  
\*\*\* marketable price



รายงานว่ามีระดับโปรตีน 55-60% ของน้ำหนักอาหาร และไขมัน 18-24% ของน้ำหนักอาหาร ผลการศึกษาคุณภาพของปลาปนจากเศษเนื้อปลาที่ไดจากโรงงานแปรรูปอาหารกระป๋องในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาของนักวิจัยที่ได้กล่าวถึงข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจากก่อนนำมาใช้ผสมในอาหารได้ร่อนวัตถุดิบเพื่อแยกกระดูกและก้างของปลาออก จึงส่งผลให้มีระดับโปรตีนและไขมัน 78.05% และ 6.53% ของน้ำหนัก ตามลำดับ ในขณะที่ปลาปนที่ผลิตจากโรงงานมีระดับโปรตีนต่ำกว่าและไขมันสูงกว่า โดยมีค่า 60.39% และ 6.28% ของน้ำหนักตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการใช้ปลาปนจากเศษเนื้อปลาทดแทนปลาปนจากโรงงานในอาหารปลานิล พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารที่มีการทดแทนโปรตีนจากปลาปนโรงงาน 75% ของโปรตีนจากปลาปนหรือ 16.11% ของน้ำหนักอาหาร จะมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับปลาปนจากโรงงานเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อปริมาณของปลาปนจากเศษปลาสูงขึ้น มีแนวโน้มว่าการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาจะลดลงเรื่อยๆ และมีค่าต่ำสุดในปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้ปลาปนจากเศษปลาทดแทนปลาปนจากโรงงานทั้งหมด โดยอาหารสูตรนี้จะมีอัตราการแลกเนื้อ (FCR) สูงสุด ในขณะที่ค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER) ต่ำสุดแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของโปรตีนจากเศษเนื้อปลาที่ต่ำกว่าปลาปนจากโรงงาน โดยในกระบวนการผลิตปลาปนกระป๋องนั้นจะนำปลาที่เป็นวัตถุดิบตัดหัว ควักไส้ และนึ่งเพื่อให้สุก จากนั้นตัดแต่งและแยกก้าง แล้วจึงได้เศษเนื้อปลาซึ่งเป็นของเหลือจากกระบวนการผลิต และเนื่องจากเนื้อปลาเหล่านี้เป็นเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูป ดังนั้นส่วนใหญ่โรงงานผู้ผลิตจะไม่เก็บรักษาที่ห้องเย็นแต่จะเก็บที่อุณหภูมิปกติเพื่อรอส่งให้โรงงานผลิตปลาปนหรือผลิตอาหารสัตว์รับซื้อไปแปรรูปต่อ ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนโดยการย่อยด้วยจุลินทรีย์ที่มีการปนเปื้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาของน้ำย่อยต่างๆ จากเชื้อแบคทีเรียที่ปะปนในวัตถุดิบ เมื่อปลาเสื่อมสภาพปริมาณสารระเหยไนโตรเจน (total volatile nitrogen) ในปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่อการเสื่อมสภาพมากขึ้น (จูอะดีและมะลิ, 2539; Hardy, 1995) ดังนั้นถึงแม้ว่าระดับโปรตีนในปลาปนจากเศษปลาจะสูงแต่คุณภาพของโปรตีนต่ำ จึงส่งผลให้ปลาที่ได้รับ

อาหารที่มีการใช้ปลาปนจากเศษปลาที่มีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้ปลาปนจากโรงงานซึ่งผลิตจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับผลการศึกษาของ Li และคณะ (2004) ใช้หัวปลาแซลมอนแดง (red salmon) ซึ่งเป็นของเหลือจากการแปรรูปนำมาอบแห้งและบดละเอียดเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของปลาจวด (red drum, *Sciaenops ocellatus*) ร่วมกับปลาปนคุณภาพดีได้ถึง 25% ของน้ำหนักอาหาร ในขณะที่เศษปลาปนสามารถใช้ในอาหารปลานิลได้ไม่เกิน 16.11% ของน้ำหนักอาหาร หรือ 75% ของโปรตีนจากปลาปนโรงงาน

การใช้ผลพลอยได้จากการแปรรูปปลาเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำนั้นมิจำจกัดหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น องค์ประกอบและความสมดุลของกรดอะมิโน มีรายงานว่าหัวปลาแซลมอนแดงอบแห้งบดละเอียดจะมีกรดอะมิโนจำเป็นบางตัว ได้แก่ กรดอะมิโนไลซีนและเมทไธโอนีนในปริมาณที่ต่ำกว่าปลาปนคุณภาพดี และปลามีประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนต่ำกว่าปลาปนคุณภาพดีด้วยเช่นเดียวกัน (Li และคณะ, 2004) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลพลอยได้จากการแปรรูปไม่ตีส่งผลต่อคุณภาพ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของวัตถุดิบและปริมาณสารระเหยไนโตรเจน (total volatile nitrogen) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการย่อยสลายของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อการเสื่อมสภาพมากขึ้น (จูอะดีและมะลิ, 2539) ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ทดแทนปลาปนซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาแพงในอาหารสัตว์น้ำได้ในทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตามวัตถุดิบเหล่านี้มีราคาถูกหากนำมาปรับปรุงคุณภาพ เช่น การใช้ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเพื่อปรับสมดุลของกรดอะมิโนในอาหาร น่าจะช่วยให้เพิ่มปริมาณการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานแปรรูปอาหารเป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์น้ำได้มากขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป อีกทั้งควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพการย่อยสลายอาหารที่มีการใช้วัตถุดิบที่เป็นผลพลอยได้เหล่านี้เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารในวัตถุดิบโดยสัตว์น้ำ

ในส่วนของการเกษตรกรที่นิยมใช้อาหารโปรตีนสูง เช่น อาหารสำเร็จรูปสำหรับบหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับปลาดุกในการเลี้ยงปลานิลเนื่องจากเหตุผลที่พบว่า เมื่อให้อาหารเหล่านี้ปลานิลจะเจริญเติบโตได้เร็วกว่าการให้อาหาร

ปลาชนิดนั้น ผลจากการทดลองครั้งนี้ซึ่งใช้อาหารกบมาเลี้ยงเปรียบเทียบกับอาหารทดลองซึ่งมีระดับโปรตีนไม่เกิน 35% ของน้ำหนักอาหารแห้ง ในขณะที่ระดับโปรตีนในอาหารกบ มีค่า 47% ของน้ำหนักอาหารแห้ง ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งมีปลาปนคุณภาพดีจากโรงงานและสูตร 2 และ 4 ซึ่งมีเศษปลาปนทดแทนโปรตีนจากปลาปน 25% และ 75% นั้น มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับปลาที่ได้กินอาหารกบ แต่ปลาที่กินอาหารกบจะมีประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำ และมีการขับแอมโมเนียออกมาในน้ำสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์โปรตีนในอาหารมีค่าต่ำกว่า รวมทั้งต้นทุนในการผลิตปลาต่ออิกิโลกรัมก็ยังยังมีค่าสูงที่สุดอีกด้วย ดังนั้นอาหารสำเร็จรูปสำหรับกบจึงไม่เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงปลานิล

### สรุปผลการศึกษา

1. สามารถใช้ปลาปนที่ผลิตจากเศษเนื้อปลาทูน่าซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปอาหารกระป๋องทดแทนปลาปนคุณภาพดีจากโรงงานในระดับไม่เกิน 16% ของน้ำหนักอาหารหรือ 75% ของโปรตีนจากปลาปน และสามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารลงได้ประมาณ 3.49 บาท/กก. เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้ปลาปนจากโรงงานเป็นแหล่งโปรตีน หรือ 10.76 บาท/กก. เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูปสำหรับกบ โดยให้ผลการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน
2. การเพิ่มปริมาณปลาปนที่ผลิตจากเศษเนื้อปลาทูน่าในปริมาณที่สูงกว่า 75% ของโปรตีนจากปลาปน จะส่งผลให้ปลานิลมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำ

### ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ มีการเตรียมเศษปลาโดยนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง (tray dry) ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้โดยนำวัตถุดิบผสมสดโดยเปรียบเทียบกับค่าความชื้นที่มีอยู่ในเศษปลาก็จะทราบว่าใช้เศษปลาจำนวนเท่าไรเมื่อเทียบปริมาณเศษปลาที่

แนะนำให้ใช้ในอาหารซึ่งเทียบต่อน้ำหนักแห้ง

2. ถึงแม้ว่าราคาอาหารในสูตรที่ใช้ปลาปนจากเศษปลาจะลดต้นทุนได้ไม่มากแต่สามารถนำของเหลือใช้จากการแปรรูปมาใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าอาหารได้โดยใช้วัตถุดิบชนิดอื่นร่วมด้วย เช่น ใช้มันเส้น หรือปลายข้าวบดละเอียดแทนแป้งข้าวเจ้า หรือกากเนื้อเมล็ดในปาล์มแทนกากถั่วเหลือง หรือลดปริมาณวิตามินและแร่ธาตุรวมซึ่งมีราคาแพงลง เพราะเมื่อเลี้ยงปลานิลในบ่อดินจะมีอาหารธรรมชาติซึ่งมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ อยู่แล้ว ดังนั้นจึงอาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเสริมวิตามินและแร่ธาตุลงไปในการอาหารก็ได้

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานวิวอน อินเตอร์เทรตติ้ง จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โรงงานพัฒนาปลาปนขนอม อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่อนุเคราะห์วัตถุดิบในการทดลอง ผศ.ดร.อนุชิต ชินาจริยวงศ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ นรชาญ ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ อรพินท์ จินตสถาพร และ สงศรี มหาสวัสดิ์. 2545. การใช้เนื้อหอยเชอร์รี่บดแห้งทดแทนปลาปนในอาหารปลานิล. ใน เรื่อง เติมการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 4-7 กุมภาพันธ์ 2545: 650-657.
- จู่ฉะดี พงศ์มณีรัตน์ และ มะลิ บุญยรัตผลิน. 2539. ศึกษาการจับการเก็บรักษาปลาเบ็ด และขบวนการผลิตปลาปน เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2539 สงขลา: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง
- ธราพันธ์ วัฒนะมหาตม์. 2540. การใช้ดักแด้ใหม่ทดแทนปลาปนในอาหารปลานิล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 22/2540 : กรุงเทพมหานคร: กองประมงน้ำจืด. กรมประมง
- นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์ม น้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล (*Oreochromis niloticus* Linn.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.



- พรณศรี จริโมภาส และ อภิรัตน์า คุ่มเนตร. 2528. การศึกษาผลผลิตของปลานิลแดงที่เลี้ยงในกระชังด้วยอัตราการใช้เลี้ยงต่างๆ กัน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 44 กรุงเทพมหานคร : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- พินิจ สีห์พิทักษ์เกียรติ บุญส่ง ศรีเจริญธรรม รัชฎาภรณ์ กิตติวรเชษฐ สุชาติ อิงธรรมจิตร และ ธนาภรณ์ จิตตपालพงศ์. 2543. การเติบโต แบบจำลองผลผลิต ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจการเลี้ยงปลานิลในกระชังเชิงพาณิชย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 204 กรุงเทพมหานคร : สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- มะลิ บุญยรัตผลิน และวิจิตรา กุลตั้งวัฒนา. 2530. การใช้กากถั่วเหลืองแทนปลาป่นในอาหารเลี้ยงปลานิลแดง. ในรายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2530 กรมประมง, กรุงเทพมหานคร, 15-17 กันยายน 2530: 286-291
- วรรณนา ชูฤทธิ์ จารุรัตน์ ชินาจริยวงศ์ ทิพย์วรรณ ปรพัฒน์ นนท์ สุปราณี มณูรักษ์ชินากร ศิริอุมา บำรุงวงษ์ ทวีวิทย์ ภักวินิตย์ และ โสภา ชาญโสภณ. 2543. รายงานการวิจัย เรื่อง การเพิ่มผลผลิตของโรงงานแปรรูปอาหารทะเลและแนวทางการใช้ผลพลอยได้เพื่ออุตสาหกรรมที่ครบวงจร. นครศรีธรรมราช : มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- วิรัช จีวแหยม. 2544. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วุฒิพร พรหมขุนทอง วรรณชัย พรหมเกิด กิจการ สุขมาตย์ วุฒิกรณ จิตติวรรณ และ ดุสิต นาคะชาติ. 2547. การแทนที่ปลาป่นในอาหารปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.) ด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์ม น้ำมัน. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 26(2): 167-179.
- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC : AOAC.
- Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water Quality and Pond Soid Analyses for Aquaculture. Alabama: Auburn University.
- Espe, M. Sveier, H., Hogoy, I. And Lied, H. 1999. Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed fish protein concentrate. Aquacult. 174: 119-137.
- FAO.1994. FAO. Yearbook : Fishery Statistic Catches and Handing. Fishery Statistic Bulletin for the South China Sea Area.
- Hardy, R.W. 1995. Current Issues in Salmonid Nutrition In Nutrition and Utilization Technology in Aquacult. (eds. C.E. Lim and D.J. Sessa) pp. 26-35. Illinois : AOCS Press.
- Hardy, R.W. Shearer, K.D. and Spinelli, J. 1984. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. Aquacult. 38: 35-44.
- Li, P. Wang, X. Hardy, R.W. and Gatlin III, D.M. 2004. Nutritional value of fisheries by-catch and by-product meals in the diet of red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquacult. 236: 485-496.