นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของวัตถุดิบพืช 5 ชนิด ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.)

วุฒิพร พรหมขุนทอง[1] วรรณชัย พรหมเกิด[2] และ ดุสิต นาคะชาต[3]

Abstract

Phromkunthong, W., Phromkerd, W. and Nakachart, D.

Effect of plant from 5 sources on digestibility coefficient and growth performance in the sex-reversed red tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.)

Songklanakarin J. Sci. Technol., 2005, 27(Suppl. 1) : 101-113

The effect of plant from 5 sources i.e. palm kernel cake, copra meal, corn, rice bran and cassava were studied in sex-reversed red tilapia for digestibility coefficient and growth performance. For each feed formula, 30% of each plant material was mixed with 70% basal feed. The feeds were given to sex-reversed red tilapia, with weight ranging from 3.14-3.20 g stocked in 200-l glass aquaria with a closed recirculating system. Each treatment comprised 4 replications. The experimental period was 6 weeks. The best results on average body weight, weight gain, specific growth rate and digestibility coefficient were noted for the fish group given the feed containing palm kernel cake, while the poorest result was obtained from the group fed with rice bran. Fish groups given the feed with copra meal, corn and cassava showed results in descending order.

Key words : palm kernel cake, copra meal, corn, rice bran, cassava, sex-reversed red tilapia, *Oreochromis niloticus*

Department of Aquatic Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112 Thailand.

[1]Dr. rer. nat. (Aquatic Animal Nutrition) รองศาสตราจารย์ [2]วท.ม.(วาริชศาสตร์) [3]กศ.บ.(ชีววิทยา) ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail : wutiporn.p@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 9 สิงหาคม 2547 รับลงพิมพ์ 25 พฤศจิกายน 2547

บทคัดย่อ

วุฒิพร พรหมขุนทอง วรรณชัย พรหมเกิด และ ดุสิต นาคะชาต

ผลของวัตถุดิบพืช 5 ชนิด ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.)

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2548 27(ฉบับพิเศษ 1) : 101-113

ทำการศึกษาผลของวัตถุดิบพืช 5 ชนิด ได้แก่ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลานิลแดงแปลงเพศ (*Oreochromis niloticus* Linn.) โดยใช้วัตถุดิบพืชดังกล่าวเป็นวัตถุดิบทดสอบในปริมาณ 30% ผสมกับอาหารสูตรพื้นฐาน 70% ลูกปลานิลแดงแปลงเพศที่ใช้มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้นตัวละ 3.14-3.20 กรัม ทำการเลี้ยงในตู้กระจกความจุน้ำ 200 ลิตร ระบบน้ำเป็นแบบไหลเวียนแบบปิด แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ ระยะเวลาทดลอง 6 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโต (น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว, น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น, อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) และสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีค่าสูงที่สุด ส่วนปลาที่ได้รับวัตถุดิบทดสอบอีก 3 ชนิด คือ กากมะพร้าว ข้าวโพดและมันสำปะหลัง ให้ผลรองลงมา ในขณะที่รำละเอียดให้ผลต่ำที่สุด

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ กินอาหารได้ทั้งพืชและสัตว์และยังสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานได้ดีอีกด้วย (กรมประมง, 2541) Shiau และ Peng (1993) รายงานว่าปลาที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าความต้องการจะนำเอาโปรตีนหรือไขมันที่สะสมในร่างกายไปเผาผลาญให้เกิดเป็นพลังงาน ทำให้ปลาผอม หรืออาจนำเอาโปรตีนในอาหารมาเผาผลาญให้เกิดพลังงานแทนที่จะใช้เพื่อการเจริญเติบโตอย่างเดียว ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตช้าลง ดังนั้นบทบาทและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรตต่อการผลิตอาหารปลาจึงมีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกที่สุด จึงมีการศึกษาการทดแทนโปรตีนบางส่วนด้วยคาร์โบไฮเดรต (protein sparing action) โดยการลดโปรตีนในสูตรอาหารลงบางส่วน แล้วเพิ่มคาร์โบไฮเดรตเข้าไป โดยทำให้การเจริญเติบโตของปลาดีขึ้น แต่การใช้วัตถุดิบพืชเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์น้ำอาจมีข้อจำกัด เนื่องจากโปรตีนจากพืชมีคุณค่าทางอาหารต่ำ และอาจมีความไม่สมดุลของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น มีเมทไทโอนีนและไลซีนต่ำ มีสารต้านโภชนาการ (anti-nutritional factor) เช่น สารยับยั้งทริพซิน โกสสิโพล (gossypol) กรดไขมันไซโคโพรพีน (cyclopropene fatty acid) และไมโมซีน (mimosine) นอกจากนั้นแหล่งวัตถุดิบพืชยังมีเยื่อใยสูง หากใช้ปริมาณสูงจะลดความน่ากินของอาหาร และมีผลต่อคุณภาพเม็ดอาหาร ถึงแม้วัตถุดิบพืชที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์น้ำจะส่งผลด้านลบต่อสัตว์น้ำบ้าง แต่ก็มีราคาถูก และหาได้ง่าย จึงมีการพยายามใช้วัตถุดิบพืชเป็นส่วนผสมร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในอาหารสัตว์น้ำ เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้นการศึกษาถึงชนิดและระดับของวัตถุดิบพืชที่นำมาใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพื่อทดแทนโปรตีนจากสัตว์ เพื่อที่จะให้ทราบถึงชนิดของวัตถุดิบพืชที่เหมาะสมและปริมาณสูงสุดที่สามารถเสริมในอาหารปลานิล โดยทำให้การเจริญเติบโตของปลาอยู่ในเกณฑ์ดี และสามารถลดต้นทุนในการผลิตอาหารปลาจึงเป็นสิ่งจำเป็น

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของวัตถุดิบพืชที่หาได้ง่าย และมีราคาถูก 5 ชนิด คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง โดยต้องการหาแหล่งที่ดีที่สุด ผลที่ได้รับจากการทดลองนี้ ทำให้สามารถทราบถึงชนิดของวัตถุดิบพืชที่เหมาะสมที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารปลานิลได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมอุปกรณ์และปลาทดลอง

การทดลองดำเนินการโดยใช้ตู้กระจกขนาด 45x95 x45 ซม. ความจุน้ำ 200 ลิตร ปิดด้านข้างและด้านหลังตู้

ด้วยผ้าพลาสติกสีเขียวทึบ 3 ด้าน เพื่อป้องกันการรบกวนจากภายนอก ระบบน้ำที่ใช้เป็นระบบปิด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ระบบกรอง ประกอบด้วย แผ่นผ้ากรอง ถ่านทราย และเปลือกหอย และบ่อพักน้ำ โดยมีอัตราการไหลเวียนของน้ำ 0.8 ลิตร/นาที นำลูกปลานิลแดงแปลงเพศที่มีน้ำหนักเฉลี่ยตัวละ 0.3-0.6 กรัม จำนวน 2,500 ตัว จากสถานีประมงน้ำจืดจังหวัดนครศรีธรรมราช มาอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาส กลม ขนาดความจุ 1 ลบ.ม. เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้ปลาปรับสภาพให้เหมาะสมต่อสภาพของการทดลอง โดยใช้อาหารลูกปลาดุกขนาดเล็กยี่ห้อไฮเกรด เบอร์ 9961 ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการคือ โปรตีน 40% ไขมัน 6% ความชื้น 12% และเยื่อใย 5% โดยให้วันละครั้ง เช้า-เย็น เวลา 9.00 น. และ 16.30 น. สังเกตพฤติกรรมการยอมรับอาหารจนปลาทดลองมีขนาดน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วงตัวละ 3.14-3.20 กรัม ก่อนเริ่มทำการทดลองนำลูกปลาไปตรวจสอบการติดเชื้อแบคทีเรีย และปรสิตภายนอก ลูกปลาที่ใช้ทดลองต้องมีสุขภาพดีไม่มีโรคใดๆ ปรับสภาพปลาให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมของตู้และอาหารทดลองเป็นเวลา 7 วัน ก่อนเริ่มทำการทดลอง

2. การเตรียมอาหารทดลอง

เตรียมวัตถุดิบอาหารที่ใช้ทดลองโดยนำกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด มันสำปะหลัง และปลายข้าว ไปบดให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาดช่องตา 30 ไมโครเมตร จากนั้นจึงนำไปตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการ (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) (Table 1) จากนั้นทำการเตรียมอาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่ง 70% ของส่วนผสมในแต่ละสูตรเหมือนกัน ต่างกันเพียงวัตถุดิบพืชที่ต้องการทดสอบ 30% คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง (Table 2) โดยชั่งวัสดุอาหารตามสูตร และทำการผสมส่วนประกอบวัสดุอาหารให้เข้ากันดี โดยใช้เครื่องผสมอาหาร (Hobart mixer รุ่น A200T) เติมน้ำลงไป 40% นำไปเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหาร ผ่านหน้าแว่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม. นำอาหารที่ได้ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60ºC นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงบรรจุในถุงพลาสติกสีดำ แล้วเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4ºC และตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร (ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า) ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1990) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกซ์, Nitrogen free extract, NFE) ได้จากการคำนวณตามสูตร 100- (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + เยื่อใย + ความชื้น) (Table 3)

3. แผนการทดลอง

การทดลองนี้ เป็นการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยของวัตถุดิบพืช 5 ชนิด คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง เพื่อทดสอบถึงวัตถุดิบที่ให้ผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิลแปลงเพศดีที่สุด แบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง (treatment) แต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย 4 ซ้ำ (replication) วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design; CRD) และทำการ

Table 1. Proximate analysis of feed ingredients (% as fed basis).

Feed ingredients	Moisture	Protein	Fat	Ash	Crude fiber	NFE
Fish meal	6.77±0.02	69.77±0.33	13.17±0.53	16.40±0.14	0	0.86±0.76
Broken rice	8.29±0.11	6.77±0.21	1.62±0.05	0.75±0.03	0.40±0.02	82.17±0.45
Palm kernel cake	5.05±0.02	15.16±0.12	13.29±0.51	3.90±0.00	18.75±0.66	43.85±1.26
Copra meal	4.10±0.14	19.44±0.28	13.39±0.33	7.71±0.05	11.48±0.45	43.96±0.71
Corn	8.69±0.22	7.38±0.24	6.63±0.18	1.61±0.03	2.58±0.12	73.10±0.49
Rice bran	6.15±0.09	11.54±0.21	20.35±0.22	13.42±0.24	8.50±0.19	40.07±0.41
Cassava	10.43±0.01	2.69±0.15	2.87±0.10	5.39±0.09	4.76±0.08	73.86±0.16

[1] Mean ± standard deviation of three replications.
NFE : Nitrogen free extract

Table 2. Composition of experimental diets.

Ingredients (g/kg feed)	Diet formulae				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Fish meal	441	441	441	441	441
Broken rice	144.2	144.2	144.2	144.2	144.2
Alfa-starch	70	70	70	70	70
Soybean oil	16.8	16.8	16.8	16.8	16.8
Vitamin and mineral mixtures[1]	21	21	21	21	21
Chromic oxide	7	7	7	7	7
Palm kernel cake	300	-	-	-	-
Copra meal	-	300	-	-	-
Corn	-	-	300	-	-
Rice bran	-	-	-	300	-
Cassava	-	-	-	-	300
total	**1,000**	**1,000**	**1,000**	**1,000**	**1,000**

[1] Vitamin and mineral mixture supplemented per kilogram feed: Thiamine (B_1) 10 mg; Riboflavin (B_2) 20 mg; Pyridoxine (B_6) 10 mg; Cyanocobalamin (B_{12}) 2 mg; Retinal (A) 4,000 IU, Cholecalciferol (D_3) 2,000 IU; Menadione sodium bisulfite (K_3) 80 mg; Folic acid 5 mg; Calcium pantothenate 40 mg; Inositol 400 mg; Niacin 150 mg; DL-alpha-tocopherol (E) 50 IU; Choline chloride 6,000 mg; Ascorbic acid (C) 500 mg; Biotin 1 mg; NaCl 0.25 g; $MgCO_3$ 3.75 g; $FeSO_4$ 0.72 g; $(CH_3COO)_2$ $Ca.5H_2O$ 0.88 g; $ZnSO_4.7H_2O$ 0.088 g; $MnSO_4.4H_2O$ 0.040 g; $CuSO_4.5H_2O$ 0.008 g; $CoCl_2.6H_2O$ 0.00025 g; $KIO_3.6H_2O$ 0.00075 g

Table 3. Proximate analysis of experimental diets (% on dry matter basis)[1]

Experimental group	Moisture	Protein	Fat	Ash	Crude fiber	NFE
Palm kernel cake	3.10±0.05	35.72±0.19	10.68±0.34	9.47±0.02	15.87±0.62	25.16±0.74
Copra meal	2.10±0.13	37.49±0.44	11.25±0.20	10.60±0.04	10.37±0.17	28.19±0.76
Corn	5.65±0.16	33.47±0.24	7.59±0.36	8.83±0.03	1.42±0.06	43.04±0.22
Rice bran	3.10±0.04	35.21±0.35	13.60±0.21	11.67±0.03	3.08±0.01	33.34±0.17
Cassava	9.63±0.12	31.29±0.35	7.75±0.22	9.88±0.06	2.41±0.01	39.04±0.48

[1] Mean ± standard deviation of three replications.
NFE : Nitrogen free extract

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955) ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 6 สัปดาห์ ดำเนินการทดลองโดยเติมน้ำลงในตู้ที่เตรียมไว้ประมาณ 180 ลิตร/ตู้ ระบบน้ำเป็นแบบไหลเวียนแบบปิด มีเครื่องพ่นอากาศตลอดเวลาในตู้ เมื่อเริ่มต้นการทดลองทำการสุ่มปลาที่เตรียมไว้ (น้ำหนักเฉลี่ย 3.14-3.20 กรัม/ตัว) ลงเลี้ยงในตู้ทดลองตู้ละ 20 ตัว ก่อนเริ่มทำการทดลอง สุ่มนำปลาจำนวน 20 ตัว ไปวิเคราะห์หาความชื้น และองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) ให้อาหารปลาทดลองวันละ 2 ครั้งคือ ช่วงเช้า เวลา 09.00 น. และช่วงเย็น เวลา 16.00 น. โดยให้ปลากินจนอิ่ม บันทึกน้ำหนักอาหารที่ให้ทุก 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักปลาทุกๆ 2 สัปดาห์ และตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนการเลี้ยงและทุกๆ 2 สัปดาห์ตลอดการทดลอง ตามวิธีการของ Boyd และ Tucker (1992) ได้แก่ ความเป็น

กรด-ด่าง (pH) ออกซิเจน (dissolved oxygen, DO) อุณหภูมิน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ความเป็นด่าง (total alkalinity) ความกระด้าง (total hardness) แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท เพื่อปรับคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการดำรงชีพของปลา

4. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การตรวจสอบพฤติกรรมและลักษณะภายนอกของปลา

ในระหว่างการทดลองสังเกตลักษณะภายนอกของปลาทุกชุดการทดลอง ได้แก่ สีของลำตัว การตกเลือดและการเกิดบาดแผลที่ครีบ ผิวหนัง และอวัยวะภายนอกอื่นๆ ใช้ยาและสารเคมีเพื่อป้องกันโรคตามสภาพของปลา ทำการดูดตะกอน ทำความสะอาดตู้ปลา และเปลี่ยนถ่ายน้ำประมาณ 30% ทุกๆ 2 วัน เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมตลอดการทดลอง

4.2 การตรวจสอบการเจริญเติบโตของปลา

ชั่งน้ำหนักปลาทุก 2 สัปดาห์ โดยการชั่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละตู้ด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ในวันที่ชั่งน้ำหนักปลา งดให้อาหารเป็นเวลา 1 วัน) นับจำนวนปลาที่เหลืออยู่ สังเกตลักษณะอาการปลาตลอดการทดลองพร้อมทั้งจดบันทึกไว้จนสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแต่ละตัว อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ตามวิธีของ Dupree และ Sneed (1966) อัตราการกินอาหาร ตามวิธีของ Yone และ Fujii (1975) และค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีน (PER, protein efficiency ratio) ตามวิธีการของ Zeitoun และคณะ (1973)

4.3 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของปลา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มตัวอย่างปลาจากแต่ละตู้ๆ ละ 2 ตัว นำไปวิเคราะห์ความชื้น และองค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) จากนั้นจึงนำมาคำนวณการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ (ANPU, apparent net protein utilization) ตามวิธีของ Robinson และ Wilson (1985)

4.4 การศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิล

ในการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหารของปลานิล โดยเติมโครมิกซ์ออกไซด์ 0.7% ของน้ำหนักอาหารเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ (เตรียมจากโครมิกออกไซด์ที่มี active ingredient 98%) ทำการเก็บรวบรวมมูลปลาโดยวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2000) โดยเก็บรวบรวมมูลปลาวันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น หลังจากให้อาหาร 1 ชั่วโมง หลังการให้อาหารทำความสะอาดตู้เพื่อกำจัดเศษอาหารและมูลปลาที่ตกค้างในตู้ วิธีการเก็บมูลปลาโดยใช้สายพลาสติกขนาดเล็กดูดมูลปลาออกจากตู้แล้วกรองด้วยถุงกรองที่ผูกติดไว้กับสายยางอีกด้านหนึ่งแล้วนำไปแช่แข็ง เก็บรวบรวมมูลในสัปดาห์ที่ 4-6 เป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้ได้ตัวอย่างเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ อบมูลปลาให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 60°C นาน 48 ชั่วโมง นำตัวอย่างนั้นไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์ปริมาณโครมิกซ์-ออกไซด์ในอาหารและในมูล ตามวิธีของ Furukawa และ Tsukahara (1966) คำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารและโภชนาการในอาหารโดยวิธีของ De Silva และ Anderson (1995) จากสมการ

สัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง (dry matter digestibility)

$$= 100\text{-}100 \left\{ \frac{\%Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}}{\%Cr_2O_3 \text{ ในมูล}} \right\}$$

สัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหาร (nutrient digestibility)

$$= 100\text{-}100 \left\{ \frac{\%Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร} \times \% \text{ สารอาหารในมูล}}{\%Cr_2O_3 \text{ ในมูล} \times \% \text{ สารอาหารในอาหาร}} \right\}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 10.0 วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA แบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Duncan, 1955)

ผลการทดลอง

1. ความผิดปกติและพฤติกรรมของปลานิลแปลงเพศ

ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปลานิลแปลงเพศที่ได้

รับอาหารที่มีวัตถุดิบพืชเป็นวัสดุอาหารทดสอบทั้ง 5 ชนิด คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง เป็นส่วนประกอบ ไม่พบความผิดปกติของลักษณะภายนอก และปลาทุกตัวมีพฤติกรรมปกติ สุขภาพแข็งแรงตลอดการทดลอง

2. การเจริญเติบโต

2.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลอง ทั้ง 5 สูตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง 6 สัปดาห์ แสดงใน Table 4 โดยน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เลี้ยง และเริ่มมีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) และ 2 (กากมะพร้าว) มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) และ 5 (มันสำปะหลัง) ($p<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่แตกต่างจากทั้ง 2 กลุ่ม ($p>0.05$) ในสัปดาห์ที่ 4-6 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 สูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 5 ($p<0.05$) ขณะที่ไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 ($p>0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 มีน้ำหนักเฉลี่ยไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และ 5 ($p>0.05$) แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 ($p<0.05$)

2.2 น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ อัตราการกินอาหาร และอัตราการรอดตาย

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) มีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) และ 5 (มันสำปะหลัง) ($p<0.05$) แต่ไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) ($p>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 มีค่าสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด), 4 (รำละเอียด) และ 5 (มันสำปะหลัง) ($p<0.05$) แต่ไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) ($p>0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 มีค่าไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ($p>0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำที่สุด ($p<0.05$) (Table 5)

อัตราการกินอาหารของปลาที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตรมีค่าอยู่ในช่วง 3.3±0.16 - 4.38±0.33% / ตัว/วัน โดยปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลัง (สูตรที่ 5) มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือปลากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีข้าวโพด (สูตรที่ 3) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 1) กากมะพร้าว (สูตรที่ 2) ส่วนปลาที่ได้รับรำละเอียด (สูตรที่ 4) มีค่าต่ำที่สุด ($p<0.05$) (Table 5)

อัตราการรอดตายของปลาที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่า

Table 4. Average body weight (g) of sex-reversed tilapia fed the experimental diets for 6 weeks

Experimental group	Rearing period (week)			
	0	2	4	6
Palm kernel cake	3.14±0.03[a]	9.76±0.53[b]	28.35±0.87[c]	64.58±4.19[c]
Copra meal	3.20±0.04[a]	9.79±0.43[b]	27.14±1.89[bc]	60.41±2.41[bc]
Corn	3.19±0.05[a]	9.26±0.31[ab]	25.32±1.51[b]	56.68±5.51[b]
Rice bran	3.18±0.04[a]	8.73±0.52[a]	20.58±1.81[a]	42.01±3.81[a]
Cassava	3.17±0.04[a]	8.92±0.26[a]	24.75±1.70[b]	53.91±4.09[b]

[1]Mean ± standard deviation of four replications.
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different ($p<0.05$)

Table 5. Weight gain, specific growth rate, rate of feed intake and survival rate of sex-reversed tilapia fed the experimental diets

Experimental group	Weight gain (%)	Specific growth rate (% / day)	Rate of feed intake (% / body weight / day)	Survival rate (%)
Palm kernel cake	1,957.71±116.23^{d}	4.32±0.08^{d}	3.83±0.03^{b}	98.75±2.50^{a}
Copra meal	1,788.76±54.69^{c}	4.20±0.04^{cd}	3.78±0.12^{b}	98.75±2.50^{a}
Corn	1,674.51±162.08^{bc}	4.11±0.13^{bc}	3.86±0.05^{b}	95.00±5.77^{a}
Rice bran	1,219.65±111.96^{a}	3.68±0.12^{a}	3.37±0.16^{a}	92.50±6.45^{a}
Cassava	1,523.85±86.36^{b}	3.98±0.08^{b}	4.38±0.33^{c}	98.75±2.50^{a}

[1]Mean ± standard deviation of four replications.
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

Table 6. Feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER) and apparent net protein utilization (ANPU) of sex-reversed tilapia fed the experimental diets for 6 weeks[1]

Experimental group	FCR	PER	ANPU (%)
Palm kernel cake	0.90±0.02^{ab}	3.14±0.08^{ab}	45.47±1.07^{a}
Copra meal	0.89±0.04^{ab}	3.01±0.14^{a}	45.88±2.03^{a}
Corn	0.93±0.01^{b}	3.22±0.05^{ab}	48.91±0.58^{a}
Rice bran	0.87±0.05^{a}	3.32±0.24^{b}	47.37±1.11^{a}
Cassava	1.00±0.01^{c}	3.21±0.04^{ab}	47.43±4.16^{a}

[1] Mean ± standard deviation of four replications.
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

อยู่ในช่วง 92.50±6.45 - 98.75±2.50% (Table 5)

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน และการใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิของปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร แสดงใน Table 6 โดยพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) สูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) และสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) มีค่าไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) และ 2 ($p>0.05$) ส่วนประสิทธิภาพการใช้โปรตีน มีค่าอยู่ในช่วง 3.01±0.14 - 3.32±0.24% โดยพบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) มีค่าประสิทธิภาพการใช้โปรตีนต่ำที่สุด และแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) ($p< 0.05$) ขณะที่ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน), 3 (ข้าวโพด) และ 5 (มันสำปะหลัง) มีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 6) การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 45.47±1.07 - 48.91±0.58% (Table 6)

4. สัมประสิทธิ์การย่อยอาหารทดลองของปลานิล

สัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิลแปลงเพศที่

ได้รับอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แสดงใน Table 7 โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้งของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) ($p>0.05$) และแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด), 4 (รำละเอียด) และ 5 (มันสำปะหลัง) ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 มีค่าไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 ($p>0.05$) แต่ทั้ง 2 สูตรมีค่าแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 และ 5 ($p<0.05$) (Table 7) ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) สูตรที่ 3 (ข้าวโพด) และสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) ตามลำดับ ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนต่ำที่สุด สัมประสิทธิ์การย่อยไขมัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) ($p<0.05$), 4 (รำละเอียด) และ 5 (มันสำปะหลัง) ซึ่งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) มีค่าดังกล่าวต่ำที่สุด ($p<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยคาร์โบไฮเดรตของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว), สูตรที่ 3 (ข้าวโพด) และสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) โดยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) มีค่าต่ำที่สุด ($p<0.05$) (Table 7)

5. ส่วนประกอบทางโภชนาการของซากปลานิลแปลงเพศ

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาการของซากปลานิลแปลงเพศเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุด การทดลองแสดงไว้ใน Table 8 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความชื้นของปลาที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน(สูตรที่ 1) มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) รองลงมาคือปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) ซึ่งไม่แตกต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) ($p>0.05$) ส่วนปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) และ 5 (มันสำปะหลัง) มีค่าต่ำและไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) ($p>0.05$) (Table 8)

โปรตีนในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) มีค่าต่ำที่สุด และแตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) และ 2 (กากมะพร้าว) ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) และ 4 (รำละเอียด) ($p>0.05$) (Table 8)

ไขมันในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าต่ำที่สุดและแตกต่างจากปลาในชุดการทดลองอื่นๆ ทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) มีค่าไขมันในซากไม่แตกต่างกับปลาในชุดการทดลองที่ 4 (รำละเอียด) ($p>$

Table 7. Apparent digestibility coefficients of dry matter, protein, fat and carbohydrate of experimental diets in sex-reversed tilapia[1]

Experimental group	Digestibility coefficient (%)			
	Dry matter	Protein	Fat	Carbohydrate
Palm kernel cake	77.87±1.33^{d}	93.19±0.12^{e}	92.92±0.80^{d}	63.32±1.00^{c}
Copra meal	67.68±5.91^{cd}	88.96±0.19^{d}	89.17±0.44^{c}	55.41±2.57^{b}
Corn	61.79±6.02^{bc}	85.86±0.04^{c}	76.28±1.88^{a}	56.68±0.66^{b}
Rice bran	17.35±10.39^{a}	63.00±0.43^{a}	85.04±3.04^{b}	35.43±0.99^{a}
Cassava	55.92±1.88^{b}	80.17±0.18^{b}	84.26±2.47^{b}	53.43±0.92^{b}

[1]Mean ± standard deviation of four replications.
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different ($p>0.05$)

0.05) แต่แตกต่างและสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน), 2 (กากมะพร้าว) และ 3 (ข้าวโพด) ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (ข้าวโพด) และ 4 (รำละเอียด) มีค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

เถ้าในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 (กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน) มีค่าต่ำที่สุด และแตกต่างจากเถ้าในซากปลาอื่นๆ ทุกชุดการทดลอง ($p<0.05$) ขณะที่เถ้าในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 (รำละเอียด) มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) เถ้าในซากปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (มันสำปะหลัง) และ 3 (ข้าวโพด) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และต่ำกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 (กากมะพร้าว) (Table 8)

วิจารณ์

จากการศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตจากวัตถุดิบพืช 5 ชนิด คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน กากมะพร้าว ข้าวโพด รำละเอียด และมันสำปะหลัง พบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ดี โดยพบว่ามีผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยอาหาร (วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต) สูงที่สุด สอดคล้องกับการทดลองของนิรุทธิ์ (2544) ที่พบว่าสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลแปลงเพศได้ และเมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารจากการทดลองนี้กับของนิรุทธิ์ (2544) ในสูตรที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันผสมในอาหาร 30% พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง โปรตีน และไขมัน จากการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าการทดลองของนิรุทธิ์ (2544) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารจากทั้ง 2 การทดลอง มีความแตกต่างกัน ซึ่งนิรุทธิ์ (2544) พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ ให้ผลแตกต่างกันเมื่ออาหารปลามีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารด้วย โดยหากสูตรอาหารมีปลาป่นเป็นองค์ประกอบสูง และมีส่วนผสมของวัตถุดิบพืชต่ำ จะทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยอาหารสูงตามไปด้วย เช่น จากการทดลองของ Serna และคณะ (1996) พบว่าในสูตรอาหารที่มีปลาป่นเป็นส่วนผสม 63.17% ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนสูงถึง 95.78% นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบพืชที่ใช้ด้วย เช่น จากการทดลองของ Phromkunthong และคณะ (2002) พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลานิลแดงแปลงเพศที่เลี้ยงจากน้ำหนักเริ่มต้น 4 กรัม จนได้น้ำหนักสุดท้าย 72 กรัม โดยใช้เวลา 10 สัปดาห์ เมื่อปลาได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากถั่วเหลือง จะมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารสูงกว่าเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน แสดงให้เห็นว่าปลานิลมีความสามารถในการย่อย และนำกากถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

จากการรายงานของ El-Sayed (1999) กล่าวถึงแหล่งของพืชที่เป็นเมล็ดที่ให้น้ำมัน (oilseed plant) ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่ดีที่สุดคือ ถั่วเหลือง โดยมีองค์ประกอบ

Table 8. Body composition (% on dry matter basis) of sex-reversed tilapia fed the experimental diets for 6 weeks[1]

Experimental group	Moisture	Protein	Fat	Ash
Initial fish	74.77±1.99	56.36±0.30	28.36±0.29	12.70±0.03
Palm kernel cake	74.77±0.23^{c}	57.40±0.11^{ab}	22.99±0.34^{a}	14.65±0.17^{a}
Copra meal	73.57±0.25^{a}	57.61±0.25^{b}	24.56±0.14^{b}	15.16±0.11^{c}
Corn	73.68±0.93^{ab}	57.56±0.04^{b}	25.62±0.30^{c}	15.03±0.09^{bc}
Rice bran	74.50±0.23^{c}	57.41±0.23^{ab}	26.37±0.25^{cd}	15.89±0.13^{d}
Cassava	73.09±0.34^{a}	57.13±0.27^{a}	26.89±0.53^{d}	14.91±0.08^{b}

[1] Mean ± standard deviation of four replications.
Means within each column not sharing a common superscript are significantly different ($p<0.05$)

ของกรดอะมิโนค่อนข้างสูง แต่ยังขาดกรดอะมิโนจำเป็นที่ปลาต้องการบางชนิด โดยเฉพาะพวกที่มีกำมะถัน (sulfur) เป็นองค์ประกอบคือ เมทไทโอนีน (methionine) และซีสตีน (cystein) และยังมีสารบางชนิดที่ทำลายคุณค่าของสารอาหารบางตัว เช่น สารยับยั้งเอนไซม์โปรตีเอส (protease) โดยเฉพาะทริปซิน (trypsin) ไฟโตฮีมาแอกกลูตินิน (phyto-haemagglutinin) และสารที่ทำลายวิตามิน (anti-vitamins) แต่สารเหล่านี้จะถูกทำลายเมื่อนำไปผ่านกระบวนการที่ใช้ความร้อน (Tacon, 1993) และจากหลายการทดลองสรุปว่าสามารถใช้ถั่วเหลืองทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีข้อจำกัดปริมาณของการใช้ (Shiau *et al*., 1989; Sadiku and Jauncey, 1995a,b) นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้เศษวัตถุดิบเหลือใช้อื่นๆ ที่เป็นพืชมีเมล็ดที่ให้น้ำมัน (oilseed by-products) เสริมในอาหารปลา ได้แก่ ถั่วลิสง เมล็ดทานตะวัน เรฟสีด (rapeseeds) งา และแมคคาเดเมีย (macadamia) โดยพบว่าสามารถใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดเสริมในอาหารได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน (El - Sayed, 1999) นอกจากนี้ Hossain และคณะ (1998) ศึกษาสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลายี่สก (*Labeo rohita*) โดยใช้วัตถุดิบพืช ได้แก่ มัสตาด (mastard) ลินสีดป่น (linseed meal) งาป่น และถั่วเหลืองป่น พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนและไขมัน เมื่อปลาได้รับถั่วเหลืองป่นมีค่าสูงที่สุด จากการทดลองของ Omoregie (2001) เปรียบเทียบการใช้เมล็ดมะม่วงกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในปลายี่สก (*Labeo senegalensis*) พบว่าปลาที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ให้ผลในด้านการเจริญเติบโต และสัมประสิทธิ์การย่อยอาหาร ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารผสมเมล็ดมะม่วง จึงกล่าวได้ว่าปลาจะนำวัตถุดิบไปใช้ประโยชน์ได้เพียงไร ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปแบบของวัตถุดิบที่ใช้ โดย Booth และคณะ (2001) พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารของปลาซิลเวอร์เพิร์ด (Silver perch, *Bidyanus bidyanus*) สูงขึ้นเมื่อใช้วัตถุดิบที่กระเทาะเปลือกนอกออก เช่นเดียวกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นส่วนที่แยกเปลือกและกะลาออกแล้ว จึงทำให้ปลาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูง Omoregie และ Ogbemudia (1993) พบว่าการเจริญเติบโตของปลานิลขนาดปลานิ้ว (น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 กรัม) เป็นปกติถึงแม้ว่าจะได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสูงถึง 60% เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารที่ใช้ปลาป่นเป็นอาหารสูตรพื้นฐาน เช่นเดียวกับ Deoliveira และคณะ (1997) ที่พบว่าการเสริมกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันพันธุ์แอฟริกันตั้งแต่ 0-35% เป็นเวลา 120 วัน ไม่ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลลดลง

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่ใช้กากมะพร้าวเป็นวัตถุดิบทดสอบ ให้ผลดีรองลงมาจากการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้จากรายงานการทดลองของ Jackson และคณะ (1982) พบว่าสามารถใช้กากมะพร้าวแทนที่ปลาป่นได้ถึง 50% ในอาหารทดลองสำหรับเลี้ยงปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) โดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตของปลาลดลง ซึ่งในน้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบเด่นของกรดไขมันอิ่มตัวที่มีพันธะสั้น (50% C 12 : 0 ; 15% C 14 : 0) ที่ปลานิลอาจสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย ส่วนกรดอะมิโนในกากมะพร้าวพบว่าขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น ไลซีน เมทไทโอนีน ทรีโอนีน (threonine) และฮีสทิดีน (histidine) แต่มีอาจินีน (arginine) สูง (McDonald *et al*., 1981; Hasan *et al*., 1997) เป็นที่น่าสังเกตว่า แม้ระดับโปรตีนในอาหารทดลองในสูตรที่ใช้กากมะพร้าว (สูตรที่ 2) จะสูงกว่าสูตรที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (สูตรที่ 1) อีกทั้งระดับของเยื่อใยในกากมะพร้าวยังต่ำกว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน แต่การที่ปลานิลที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุทดสอบให้ผลดีกว่า อาจเนื่องมาจากส่วนของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันยังมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่จำเป็นอยู่มากพอที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโต จากรายงาน Boeckner (2003) กล่าวถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันและน้ำมันมะพร้าว โดยพบว่าในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบของกรดไขมันกลุ่ม n-6 สูงกว่าในน้ำมันมะพร้าว ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้เป็นกรดไขมันที่จำเป็นของปลานิล ดังนั้นปลานิลจึงมีแนวโน้มที่จะใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน เพื่อการเจริญเติบโตและทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสูงกว่ากากมะพร้าว ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบทดสอบอีกชนิดหนึ่งที่ให้ผลในแง่การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับกากมะพร้าว แต่ให้ผลของสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารด้อยกว่า เมื่อพิจารณาในแง่องค์ประกอบทางโภชนาการของ

ข้าวโพด พบว่ามีโปรตีนต่ำกว่ากากมะพร้าวอยู่มาก มีรายงานการทดลองการเปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ อีก 4 ชนิดคือ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวเจ้า และข้าวฟ่าง ในปลานิลที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 11 กรัม โดย Al-Ogaily และคณะ (1996) พบว่าสามารถใช้ข้าวโพดเสริมในอาหารได้ 25% โดยช่วยเสริมการเจริญเติบโตและการใช้อาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์โบไฮเดรตจากแหล่งอื่นๆ แต่ถ้าหากเพิ่มปริมาณการใช้เป็น 43% จะทำให้การเจริญเติบโตของปลานิลลดลง (Al-Ogaily *et al*., 1994) Viola และ Arieli (1983) รายงานถึงผลการเจริญเติบโตของปลาคาร์พ (carp) และปลานิล ลดลงเมื่อปลาได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของเมล็ดธัญพืชชนิดต่างๆ ในปริมาณที่สูง (65-75 %) เนื่องจากในเมล็ดธัญพืชหลายชนิดรวมทั้งข้าวสาลี พบว่ามีสารอัลบูมิน (albu-mins) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลส (α-amylase) ในปลา (Sturmbauer and Hofer, 1986)

จากการใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบทดสอบในอาหารสูตรที่ 5 พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหาร (โปรตีนและไขมัน) ของปลานิลที่ได้รับอาหารสูตรนี้อยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ได้รับอาหารที่ผสมวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ยกเว้นรำ (อาหารสูตรที่ 4) (แต่สัมประสิทธิ์การย่อยคาร์โบไฮเดรตไม่ต่างจากปลาที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของกากมะพร้าวและข้าวโพด) มีรายงานการทดลองใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์น้ำ เช่น ในอาหารปลานิล (Vuthiphandchai, 1986) ปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) (Bureau *et al*., 1995; Fagbenro and Bello, 1997) ปลาดุก (*Clarias isheriensis*) (Fagbenro, 1996) ปลาไน (*Cyprinus carpio*) (Schwarz and Kirchgessner, 1993) ปลาดุกพันธุ์ผสม (*Clarias macrocephalus X C. gariepinns*) และปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus* Gunther) (Jintasataporn and Kanto, 2001) ซึ่งพบว่าอาหารมันสำปะหลังให้การเจริญเติบโตแก่สัตว์น้ำได้ดีเมื่อใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในอาหารสัตว์น้ำ แต่การใช้มันสำปะหลังก็มีข้อควรคำนึงคือ มีโปรตีนต่ำ (ประมาณ 2%) บางครั้งอาจมีสารไฮโดรไซยานิคในระดับต่ำ การใช้มันสำปะหลังในอาหารสัตว์จึงแนะนำให้เพิ่มระดับโปรตีนรวมในสูตรอาหาร 1-2% หรือเพิ่มกรดอะมิโนเมทไทโอนีนสังเคราะห์ 0.5% (อุทัย, 2529)

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า การเจริญเติบโตของปลามีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารในวัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ทดสอบ โดยปลาที่ได้รับอาหารที่มีรำละเอียดเป็นวัตถุดิบทดสอบ (สูตรที่ 4) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารต่ำที่สุด และมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดด้วย จากการศึกษาของ Laining และคณะ (2003) พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยอาหาร (วัตถุแห้ง, โปรตีน และพลังงานรวม) ของปลา *Cromileptes altivelis* มีค่าค่อนข้างต่ำมาก เมื่อปลาได้รับวัตถุดิบทดสอบคือ รำ โดยเปรียบเทียบกับวัตถุดิบอื่นๆ อีก 9 ชนิด สอดคล้องกับการทดลองของนิรุทธิ์ (2544) ที่พบว่าในสูตรอาหารที่มีส่วนผสมของรำละเอียดสูง จะทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยอาหาร และการเจริญเติบโตของปลานิลต่ำลง ซึ่งโดยปกติในสูตรอาหารปลาแทบทุกชนิดจะใช้รำเป็นส่วนประกอบอยู่แล้ว แต่ต้องจำกัดปริมาณที่ใช้ เนื่องจากพบว่าในรำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารหืนได้ง่าย ทำให้ขาดรสชาติและความน่ากิน สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าอัตราการกินอาหารของปลาที่ได้รับอาหารสูตรนี้ต่ำที่สุด

จากการทดลองนี้จึงสรุปได้ว่า กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดที่แนะนำให้ใช้เสริมในอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิล เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งของคาร์โบไฮเดรตจากวัตถุดิบพืชอีก 4 ชนิดที่ทดสอบ โดยจำเป็นที่จะต้องศึกษาในแง่ปริมาณ เพื่อทราบถึงระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลานิลต่อไป

สรุปผลการทดลอง

1. กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เสริมอาหารสำหรับเลี้ยงปลานิลน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 3 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับคาร์โบไฮเดรตจากอีก 4 แหล่ง คือ กากมะพร้าว, ข้าวโพด, รำละเอียด และมันสำปะหลังป่น โดยให้ผลต่อการเจริญเติบโต และสัมประสิทธิ์การย่อยสารอาหารของปลานิลสูงที่สุด

2. กากมะพร้าว, ข้าวโพด และมันสำปะหลังป่น

เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ให้ผลดีรองลงมาจากกาก เนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารปลานิลได้ ส่วนรำละเอียดให้ผลด้านต่างๆ ต่ำที่สุด ดังนั้นการใช้รำละเอียดเป็นวัตถุดิบอาหารปลาควรจำกัดปริมาณการใช้ ซึ่งต้องมีการศึกษาระดับที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2541. คู่มือการเพาะเลี้ยงปลานิลเพศผู้ สายพันธุ์จิตรลดา 2 สถาบันวิจัยและพัฒนา พันธุกรรมสัตว์น้ำ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นิรุทธิ์ สุขเกษม. 2544. ผลของระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันต่อการเจริญเติบโตของปลานิล *Oreochromis niloticus* Linn.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและการฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 297 น.

Al-Ogaily, S.M., Al-Asgah, N.A. and Ali, A. 1994. Growth performance and body composition of *Oreochromis niloticus* fed different levels of maize grain. Pakistan Veter J 14: 242-249.

Al-Ogaily, S.M., Al-Asgah, N.A. and Ali, A. 1996. Effect of feeding different grain sources on the performance and body composition of tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquacult. Res. 27: 523-529.

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC: AOAC.

Boeckner, L. 2003. Sources and composition of oil and fats. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln.

Boonyaratpalin, M. and Phromkunthong, W. 2000. Effects of Ronozyme treated rice bran and oil palm meal on growth of sex reversed *Tilapia niloticus*. The sixth Roche Aquaculture Conference Asia Pacific (ed. B. Hunter) Bangkok, Thailand, September 29, 2000 pp. 50-63.

Booth, M.A., Allan, G.L., Franus, J. and Parkinson, S. 2001. Replacement of fish meal in diets for Australian Silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. Aquacult. 196: 67-85.

Boyd, C.E. and Tucker, C.S. 1992. Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Alabama: Auburn University.

Bureau. D.P., J.De- la. Now and Janrat jamorn, P. 1995. Effect of dietary incorporation of crop residues on growth, mortality and feed consumption ratio of the African catfish, *Clarias gariepinus*. Aquacult. Res. 26(5) : 351-360.

Deoliveira, A.C.B., Pezzato, L.E., Barros, M., Pezzato, A.C. and Silveira, A.C. 1997. African palm meal on Nile tilapia- production performance. Pesg. Agrop. Brasil. 32: 443-449.

De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. London: Chapman & Hall.

Dupree, H.K. and Sneed, K.P. 1966. Response of channel catfish fingerling to different levels of nutrients in purified diets. U.S. Bureau of Sports Fish and Wildlifte Tech. Pap. No. 9.

Duncan, D.B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. Biometrics 11: 1-42.

El-Sayed, A.F.M. 1999. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. Aquacult. 179: 149-168.

Fagbemro, O.A. 1996. Apparent digestibility of crude protein and gross energy on some plant and animal-based feedstuffs by Clarias. J. of Appl. Lchthy. 12(1): 67-68.

Fagbenro, D.A. and Olusoui-Bello, O.A. 1997. Preparation, nutrient composition and digestibility of femmented shrimp waste silage. Food Chem. 60(4): 489-493.

Furukawa, A. and Tsukahara, H. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxides as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 32: 502-506.

Hasan, M.R., Macintosh, D.J. and Jauncey, K. 1997. Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. Aquacult. 151: 55-70.

Hossain, M.A., Nahar, N. and Kamal, M. 1998. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for rohu (*Labeo rohita*). Aquacult. 151: 37-45.

Jackson, A.J., Capper, B.S. and Matty, A.J. 1982. Evaluation of some plant proteins in complete diets for tilapia (*Sarotherodon mossambicus*). Aquacult. 27: 97-109.

Jintasataporn, O. and Kanto, U. 2001. Thai trials show suitability of cassava meal for catfish diets. Aquaculture Magazine. January/February: 18-20.

Laining, A., Rachmansyah., Ahmad, T. and Williams, K. 2003.Apparent digestibility of selected feed ingredients for humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. Aquacult. 218: 529-538.

McDonald, P., Edward, R.A. and Greenhalgh, J.F.D. 1981. Animal Nutrition. London: Longman.

Omoregie, E. 2001. Utilization and nutrient digestibility of mango seeds and palm kernel meal by juvenile *Labeo senegalensis* (Antheriniformes: Cyprinidae). Aquacult. Res. 32: 681- 687.

Omoregie, E. and Ogbemudia, F.I. 1993. Effect of substituting fish meal with palm kernel meal on growth and food utilization of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Isr. J. Aquacult. -Bamidgeh 45: 113-119.

Phromkunthong, W., Vongyai, S., Nakachart, D., Chittiwan, V., Jangsutthivorawat, W. and Hunter, B. 2002. Digestibility uplifts of palm kernel cake and soybean meal confined by Ronozyme VP in Sex-Reversed Black Tilapia (*Oreochromis niloticus*) The Eight Roche Aquaculture Conference Asia Pacific. Bangkok, Thailand, November 28, 2002 pp. 20-55.

Robinson, E.H. and Wilson, R.P. 1985. Nutrition and feeding. **In** Channel Catfish Culture. (ed.C.S. Tucker) Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 15, pp.323- 404. Amsterdam: Elsevier.

Sadiku, S.O.E. and Jauncey, K. 1995a. Soybean flour-poultry meat meal blends as dietary protein source in practical diets of *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Asian fish. Sci. 8(2): 159-168.

Sadiku, S.O.E. and Jauncey, K. 1995b. Digestibility apparent amino acid availability and waste generation potential of soybean flour: poultry meal blend based diets for tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), fingerlings. Aquacult. Res. 26: 651-657.

Schwarz, F.J. and Kirchgessner, M. 1993. Digestibility, growth and carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) fed different starches. Arch of Anim Nutr. 43(3): 275-282.

Serna, M.R., Novoa, M.A.O. and Osalde, C.C. 1996. Nutritional value of animal by-product meal in practical diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fry. Aquacult. Res. 27: 67-73.

Shiau, S.Y., Kwoc, C.C., Hwang, J.Y., Chen, C.M. and Lee, S.-L. 1989. Replacement of fish meal with soybean meal in male tilapia (*Oreochromis niloticus X O. aureus*) fingerling diets at a sub-obtimal level. J. World Aquacult. Soc. 20(4): 230-235.

Shiau, S.Y. and Peng, C.Y. 1993. Protein-sparing effect by carbohydrates in diets for tilapia, *Oreochromis niloticus X O. auerus*. Aquacult. 117: 327-334.

Sturmbauer, C. and Hofer, R. 1986. Compensation for amylase inhibitors in the intestine of the carp (*Cyprinus carpio*). Aquacult. 52: 31-33.

Tacon, A.G.J. 1993. Feed ingredients for warmwater fish: Fish meal and other processed feedstuffs. FAO Fisheries Circular No. 856, FAO, Rome. 64 pp.

Viola, S. and Arieli, Y. 1983. Evaluation of different grains as basic ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. Isr. J. Aquacult. -Bamidgeh 35: 38-43.

Vuthiphandchai, V. 1986. Effect of dietary carbohydrate level on growth, feed convertion efficencies and body composition of nile tilapia. M.Sc. thesis, Asian Institute of Technology. 68 pp.

Yone, Y. and Fujii, M. 1975. Studies on nutrition of red sea bream-XI: Effect of w 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency. Bull. Jpn. Soc. Fish. 41: 73-77.

Zeitoun, I.H.,Tack, P.I., Halver, J.E. and Ullrey, D.E. 1973. Influence of salinity on protein requirements of rainbow trout, *Salmo gairdneri* fingerling. J. Fish. Res. Board Can. 30: 1867-1873.