

อัตราส่วนสูงสุดของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบ ต่อลิปิดในอาหารปลาอุกผสม

The Maximum Carbohydrate from Raw Broken Rice to Lipid Ratio in Hybrid *Clarias* Catfish Diet

วิมล จันทรโรทัย¹ ประเสริฐ สิตะสิทธิ์ และศิริพร ราชภักดี

Wimol Jantrarotai Prasert Sitasit and Siriporn Rajchapakdee

ABSTRACT

Five semipurified pelletized diets, diets 1, 2, 3, 4 and 5, contained raw broken rice as a carbohydrate source at the inclusion rate of 30.0, 37.0, 45.0, 52.5 and 60.0%, respectively. The diets were used to determine the maximum dietary level of raw broken rice for hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*). All diets were isonitrogenous with 33% protein and were isocaloric with gross energy (GE) of 428-439 Kcal/100g. The GE of each diet was adjusted isocalorically by balancing the broken rice and squid liver oil-lard mix so that the diets provided carbohydrate to lipid ratios (CHO:L) of 2.54:1, 3.38:1, 6.61:1, 11.23:1, and 20.24:1, respectively. The diets were fed *Ad libitum* twice daily for 60 days to 22.0 g hybrid *Clarias* catfish housed within 200-L indoor circular fiberglass tanks. Total dry feed and protein consumption of the fish fed diet 1 was less than those of fish fed diets 2, 3, 4 and 5 ($P<0.05$). Weight gain of fish fed diets 2, 3, 4 and 5 was not different ($P>0.05$) but they were superior to that of fish fed diet 1 ($P<0.05$). Feed efficiency ratio (FE) was poorest for diet 1 and was highest for diet 2 which was also higher than the FE for diet 5 ($P<0.05$) but not for diets 3 and 4 ($P>0.05$). Protein efficiency ratio and protein retention showed the same statistical finding as did FE. The body energy retention of fish fed diets 2, 3, and 4 was higher than that of fish fed diets 1 and 5 ($P<0.05$). Hepatosomatic index of fish fed diet 1 was lower than that of fish fed diet 5, but the inverse finding was observed for liver lipid deposition. The study suggested that a diet for hybrid *Clarias* catfish with the indicated protein and energy levels could contain up to 50% of native carbohydrate from raw broken rice which is equivalent to 52.5% of raw broken rice by weight. However, the lipid level in such diet should not be less than 4.4% to maintain CHO:L of 11.23:1

Key words : hybrid *Clarias* catfish, broken rice, carbohydrate to lipid ratios

¹ กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กรุงเทพฯ 10900

Div. of Feed Quality and Development, Dept. of Fisheries, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

การศึกษาเพื่อหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบที่มีได้สูงสุดในอาหารปลาคุณภาพผสมโดยไม่ก่อผลระงับการเจริญเติบโตของปลา ด้วยอาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่งมีโปรตีนเท่ากันคือ 33% และมีพลังงานรวมของอาหารใกล้เคียงกันระหว่าง 428–439 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม อาหารทั้ง 5 สูตร มีปลายข้าวดิบในส่วนประกอบเท่ากับ 30.0 (สูตรที่ 1) 37.5 (สูตรที่ 2) 45.0 (สูตรที่ 3) 52.5 (สูตรที่ 4) และ 60.0% (สูตรที่ 5) ทำให้อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อลิปิดซึ่งได้จากน้ำมันหมัผสมกับน้ำมันตับปลาหมักในอาหารเท่ากับ 2.54:1 3.38:1 6.61:1 11.23:1 และ 20.24:1 ตามลำดับ อาหารทั้ง 5 สูตรใช้เลี้ยงปลาดุกคุณภาพขนาดเฉลี่ย 22 กรัม ซึ่งเลี้ยงไว้ในถังไฟเบอร์กลาสทรงกรวยขนาดความจุ 200 ลิตร ในอัตราถังละ 20 ตัว โดยให้ปลากินอย่างเต็มที่วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 60 วัน ปรากฏว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 กินอาหารและโปรตีนได้น้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 3 4 และ 5 ($P<0.05$) ทำให้ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 เจริญเติบโตช้ากว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ($P<0.05$) อาหารสูตรที่ 1 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4 ($P<0.05$) ส่วนอาหารสูตรที่ 5 มีประสิทธิภาพต่ำเช่นเดียวกับอาหารสูตรที่ 1 และต่ำกว่าอาหารสูตรที่ 2 ($P<0.05$) ค่าประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารและโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลาให้ผลทางสถิติเช่นเดียวกับค่าประสิทธิภาพอาหาร ส่วนพลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4 มีค่าสูงกว่าของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 5 ($P<0.05$) ค่าดัชนีจับต่อตัวของปลาที่เลี้ยงด้วย อาหารสูตรที่ 1 น้อยกว่าของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 ($P<0.05$) ในทางกลับกันลิปิดในตัวของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 สูงกว่าของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 ($P<0.05$) การศึกษาครั้งนี้พบว่าอาหารปลาดุกคุณภาพซึ่งมีโปรตีน 33% และมีพลังงานรวมระหว่าง 428–439 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม สามารถมีคาร์โบไฮเดรตในอาหารได้สูง

ถึง 50% หรือเทียบเป็นปริมาณปลายข้าวดิบได้ 52.5% แต่อาหารนั้นควรมีลิปิดไม่น้อยกว่า 4.4% ซึ่งทำให้อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อลิปิดสูงสุดเท่ากับ 11.24:1

คำนำ

ลิปิดและคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารซึ่งให้พลังงานและควรใช้เป็นส่วนผสมของอาหารปลาเพื่อสำรองโปรตีนไว้สำหรับการเจริญเติบโต ปลาส่วนใหญ่ย่อยลิปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (80–95%) แต่ถ้าอาหารปลามีลิปิดมากเกินไปจะทำให้ปลาเจริญเติบโตช้าลง Garling and Wilson, 1977; El-Sayed and Garling, 1988; Ellis and Reigh, 1991) ปลาย่อยคาร์โบไฮเดรตได้น้อยกว่าลิปิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลากินเนื้อย่อยคาร์โบไฮเดรตได้น้อยกว่าปลากินพืช และปลาที่กินทั้งพืชและเนื้อ (Furuichi and Yone, 1981; Hofer and Sturmbauer, 1985) อย่างไรก็ตามคาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่มีอยู่แพร่หลายที่สุดตามธรรมชาติและราคาถูกกว่าลิปิดเมื่อเทียบหน่วยน้ำหนักที่เท่ากัน ดังนั้นคาร์โบไฮเดรตจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอาหารปลานิล และปลาดุก ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (New, 1987)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่สามารถผลิตข้าวได้มากที่สุดประเทศหนึ่งของโลกในทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้มากถึง 20 ล้านตันต่อปี (RAPA, 1992) เนื่องจากมีการปลูกข้าวในทุกภาคของประเทศ ดังนั้น ข้าวจึงมีมากพอสำหรับการบริโภคของคนและสัตว์ ซึ่งโดยปกติผลพลอยได้จากการสีข้าวและข้าวที่มีคุณภาพต่ำเท่านั้นที่จะถูกนำมาเลี้ยงสัตว์

ปลายข้าว ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารปลาได้อย่างดี เพราะหาง่าย และราคาถูก ในยุคที่การเลี้ยงปลาดุกกำลังเฟื่องฟู อาหารที่ใช้เลี้ยงประกอบด้วยปลาเบ็ด 50–90% และรำข้าวและปลายข้าวอีก 10–50% (Chuapochuk and Boonyaratpalin, 1981) ในปัจจุบันการเลี้ยงปลาดุกด้วยปลาเบ็ดกำลังจะหมดไปเพราะปลาเบ็ดมีราคาสูงขึ้น

ในขณะที่ราคาปลาดุกยังต่ำอยู่ อย่างไรก็ตามก็คิดจะมีการใช้การให้ปลายข้าวสุกและคิบเป็นอาหารปลาดุกอย่างแพร่หลาย แม้ว่าจะยังไม่มีเป็นที่ทราบแน่นอนว่าปลาดุกสามารถใช้ประโยชน์จากปลายข้าวได้มากน้อยเท่าใด Luguët and Moreau (1990) รายงานว่า African catfish สามารถย่อยแบ่งได้ดีและช่วยสำรองโปรตีนในอาหาร ทำให้ปลา มีโปรตีนสะสมมากขึ้น การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของปลา channel catfish พบว่าปลาชนิดนี้ย่อยแบ่งจากเมล็ดธัญพืชได้ถึง 50-80% (Strange, 1984) และแบ่งที่ทำให้สุกแล้วถูกย่อยได้ดีกว่าแบ่งดิบ (Bergot and Bereque, 1983; Strange, 1984). Lovell (1984) พบว่า channel catfish ย่อยพลังงานจากข้าวโพดคิบได้เพียง 26% แต่ย่อยข้าวโพดสุกได้ถึง 58%

ถึงแม้ว่าเมล็ดธัญพืชสุก ให้คุณค่าอาหารมากกว่าเมล็ดธัญพืชดิบก็ตาม แต่มีผู้เลี้ยงปลาดุกอีกจำนวนมากยังคงใช้ปลายข้าวดิบเพื่อเลี้ยงปลา เพราะไม่ต้องการเสียค่าใช้จ่ายและเวลากับการต้มปลายข้าว แต่เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาว่าในอาหารปลาดุกควรมีปลายข้าวดิบมากที่สุดในสุดเป็นอัตราส่วนของลิกปิดเท่าใดและปลายข้าวดิบในปริมาณสูงมีผลกระทบต่อองค์ประกอบของปลาหรือไม่ การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราส่วนสูงสุดของคาร์โบไฮเดรต จากปลายข้าวดิบต่อลิกปิดที่มีได้ในอาหารปลาดุกลูกผสม โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา

อุปกรณ์และวิธีการ

นำปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) มาฝึกให้คุ้นเคยกับการกินอาหารจมน้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นสุมปลาที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 22 กรัมไปเลี้ยงในถังทดลอง จำนวน 15 ถึงๆ ละ 20 ตัว ถังทดลองทำด้วยไฟเบอร์กลาสทรงกรวยขนาดความจุ 200 ลิตร และตั้งแต่ละใบมีท่อพ่นอากาศและท่อน้ำล้นติดตั้งอยู่เพื่อให้ถ่ายเทได้น้ำที่ละ 1 ลิตรจากนั้นสุม

แบ่งถังออกเป็น 5 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ เพื่อจัดสรรให้กับอาหารทดลองอาหารทดลอง 5 สูตร เป็นอาหารเม็ดจมน้ำมีองค์ประกอบตาม Table 1 ทุกสูตรอาหารมี casein และ gelatin เป็นแหล่งโปรตีน เพื่อให้คุณภาพของโปรตีนในอาหารคงที่ ปริมาณโปรตีนและพลังงาน (Gross energy, GE) ของอาหารทั้ง 5 สูตรเท่ากัน คือ 33% และ 428-439 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม ตามลำดับ พลังงานในอาหารในปริมาณ 57% ได้จากลิกปิดและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งใช้น้ำมันหมูผสมน้ำมันตับปลาหมักและปลายข้าวคิบเป็นแหล่งพลังงาน ส่วนผสมของน้ำมันในอาหารมีปริมาณจากมากไปหาน้อยตั้งแต่ 12-3% ปลายข้าวคิบจากน้อยไปหามากตั้งแต่ 30-60% เพื่อให้อาหารทุกสูตรมีพลังงานคงที่และทำให้อาหารทดลองมีอัตราส่วนคาร์โบไฮเดรต:ลิกปิด (CHO:L) อัตราส่วนตั้งแต่ 2.54:1-20.25:1 นำอาหารที่อัดเม็ดแล้วไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีมาตรฐาน (AOAC, 1984) องค์ประกอบที่วิเคราะห์ ได้แก่ โปรตีน (Kjeldahl nitrogen; Kjeldatherm Digestion and Vapodest Distilling Systems, Bonn, West Germany) ลิกปิด (Ether extraction; Soxtec System HT, Tecator AB, Haganas, Sweden) เถ้า (Muffle furnace combustion; Laboratory Box Furnace, Linberg, Wisconsin, USA) และเยื่อใย (Weende method; Fibertec System M, Tecator AB, Haganas, Sweden) ส่วนคาร์โบไฮเดรต หรือ NFE ได้จากการคำนวณ

$$\text{NFE} = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{ลิกปิด} + \% \text{เถ้า} + \% \text{เยื่อใย})$$

นำอาหารทดลองไปเลี้ยงปลาในถังทดลองโดยใช้ปลาเกินที่ วันละ 2 ครั้ง คือเช้าและเย็น เป็นเวลา 60 วัน ระหว่างการทดลองทำการชั่งน้ำหนักรวมของปลาและนับจำนวนปลาที่เหลือ ทุกๆ 10 วัน เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตและอัตราการรอด เมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง ปลาจำนวนหนึ่งถูกสุ่มเก็บเพื่อนำไปแช่แข็งและทำให้แห้งโดยวิธี Freeze-dry แล้วนำไปวิเคราะห์

Table 1 Composition of the experimental diets (% dry matter).

	Diet				
	1	2	3	4	5
Casein	26.50	25.95	25.40	24.85	24.30
Gelatin	7.00	6.85	6.76	6.55	6.40
Ground broken rice	30.00	37.50	45.00	52.50	60.00
Squid liver oil	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Lard	10.00	7.79	5.50	3.33	1.10
Cellulose	19.00	14.41	9.84	5.27	0.70
Dicalcium phosphate	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Carboxyl methyl-cellulose	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Vitamin mixture ¹	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Vitamin C	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral mixture ²	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Proximate Composition					
Crude protein	33.24	33.03	32.95	32.85	33.14
Crude lipid (L)	11.98	9.56	6.76	4.42	2.69
Nitrogen-free-extract (CHO)	30.45	36.63	44.69	49.68	54.46
Crude fiber	18.33	14.42	10.03	8.08	4.61
Total ash	6.00	6.09	5.57	4.97	5.50
Gross energy ³ (kcal/100g)	428.00	431.00	436.00	434.00	439.00
CHO:L	2.54	3.83	6.61	11.24	20.25

¹ Vitamin mixture provided the following per kg diet: vitamin A, 4000 IU; vitamin D3, 2,000IU; vitamin E, 50IU; menadione sodium bisulfite, 10 mg; thiamin, 20 mg; riboflavin, 20 mg; niacin, 150 mg; calcium pantothenate, 200 mg; folic acid, 5 mg; pyridoxine, 20 mg; choline chloride, 2,000 mg; vitamin B12, 0.2 mg; biotin, 2 mg; and inositol, 400 mg.

² Mineral mixture provided the following per kg diet: manganese, 25 mg; zinc, 20 mg; copper, 5 mg; iodine, 5 mg; cobalt 0.05 mg; selenium, 0.3 mg; and iron, 30 mg.

³ GE= (%protein x 5.65) x (%lipid x 9.45) + (%NFE x 4.15)

องค์ประกอบตามวิธีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหาร

นำข้อมูลที่ได้จากการเลี้ยงและการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาหารและปลามาคำนวณค่าต่างๆดังนี้ น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (Weight gain)

$$= [(\text{นน.ปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้น}) / \text{นน.ปลาเมื่อเริ่มต้น}] \times 100$$

อัตราการรอด (Survival rate)

$$= (\text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} / \text{จำนวนปลาเมื่อเริ่มต้น}) \times 100$$

น้ำหนักอาหารที่ปลากิน (Feed consumption)

$$= \text{นน.อาหารที่ปลากินทั้งหมด} / \text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}$$

โปรตีนที่ปลากิน (Protein consumption)

$$= \text{นน.โปรตีนที่ปลากินทั้งหมด} / \text{จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง}$$

ประสิทธิภาพของอาหาร (Feed efficiency)

$$= (\text{นน.ปลาที่เพิ่มขึ้น} / \text{นน.อาหารที่ปลากิน}) \times 100$$

ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (Protein efficiency)

$$= \text{นน.ปลาที่เพิ่มขึ้น} / \text{นน.โปรตีนที่ปลากิน}$$

โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (Protein retention)

$$= [(\text{โปรตีนในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง} - \text{โปรตีนในตัวปลาเมื่อเริ่มต้น}) / \text{โปรตีนที่ปลา}$$

$$\text{กิน}] \times 100$$

พลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวปลา (Energy retention)

$$= [(\text{พลังงานในตัวปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองพลังงานในตัวปลาเมื่อเริ่มต้น}) / \text{พลังงานที่ปลากิน}] \times 100$$

ดัชนีตับต่อตัว (Hepatosomatic index)

$$= (\text{นน.ตับปลา} / \text{นน.ตัวปลา}) \times 100$$

นำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณไปทดสอบทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยต่างๆ โดยวิธี Analysis of variance และ Duncan multiple range test (Duncan, 1955) ที่ระดับความมั่นใจ 95%

ผล

ปลาคุกกุผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 เจริญเติบโตช้ากว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ ในขณะที่ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 3 4 และ 5 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน (Table 2) อาหารทดลองทั้ง 5 สูตรไม่มีผลต่อการตายของปลาทดลองทำให้ปลาในทุกกลุ่มทดลองเหลือรอด 100% (Table 2)

ตลอดการทดลองปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 กินอาหารต่อตัวในปริมาณน้อยกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ และทำให้ปริมาณโปรตีนที่ปลาได้รับน้อยตามไปด้วย

Table 2 Weight gain and survival rate of hybrid *Clarias* catfish fed diets with five different carbohydrate to lipid ratios.

	Diet				
	1	2	3	4	5
Initial weight (g/ fish)	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
Final weight (g/ fish)	46.4	62.4	60.9	60.2	57.9
Weight gain (g/ fish)	24.4	40.4	38.9	38.2	35.9
Weight gain (%)	110.8 ^b	183.8 ^a	176.7 ^a	173.8 ^a	163.2 ^a
Survival rate (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

^{ab} Means within the same row followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$)

ไปด้วย (Table 3) ส่วนปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 แม้ว่าจะกินอาหารและโปรตีนในปริมาณไม่แตกต่างกับปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 3 และ 4 แต่ก็มีความโน้มว่ากินอาหารและโปรตีนได้มากกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ โดยเฉพาะปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 2

ประสิทธิภาพของอาหารและประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารทดลองทั้ง 5 สูตร ให้ผลทางสถิติที่เหมือนกัน (Table 3) คือ ประสิทธิภาพของอาหารสูตร

ที่ 1 จะต่ำที่สุด ส่วนของอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4 ไม่แตกต่างกัน และของอาหารสูตรที่ 5 มีค่าต่ำกว่าของอาหารสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ

โปรตีนที่เพิ่มขึ้นในตัวปลาที่มีค่าต่ำสุดในปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 และ 5 ส่วนของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (Table 3) พลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวปลาที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ มีผลสอดคล้องกับโปรตีนที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ พลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 5 มีค่าไม่แตกต่าง

Table 3 Feed consumption, protein consumption, feed efficiency, protein efficiency, protein retention and energy retention of hybrid *Clarias* catfish fed diets with five different carbohydrate to lipid ratios.

	Diet				
	1	2	3	4	5
Feed consumption (g/ fish)	41.6 ^c	47.7 ^b	50.1 ^{ab}	48.5 ^{ab}	53.0 ^a
Protein consumption (g/ fish)	13.8 ^c	15.8 ^b	16.5 ^{ab}	15.9 ^{ab}	17.6 ^a
Feed efficiency (%)	58.3 ^c	84.5 ^a	77.4 ^{ab}	78.8 ^{ab}	67.5 ^{bc}
Protein efficiency (g/g)	1.8 ^c	2.6 ^a	2.4 ^{ab}	2.4 ^{ab}	2.0 ^{bc}
Protein retention (%)	33.2 ^c	45.4 ^a	41.3 ^{ab}	43.6 ^{ab}	37.5 ^{bc}
Energy retention (%)	41.7 ^b	50.5 ^a	45.9 ^a	47.2 ^a	38.5 ^b

^{abc} Means within the same row followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$)

Table 4 Hepatosomatic index, liver lipid and whole body compositions of hybrid *Clarias* catfish fed diets with five different carbohydrate to lipid ratios.

	Diet				
	1	2	3	4	5
Liver					
Hepatosomatic index (%)	0.82 ^b	0.99 ^{ab}	0.94 ^{ab}	0.98 ^{ab}	1.12 ^a
Lipid (%)	25.0 ^a	23.4 ^{ab}	22.7 ^{ab}	22.2 ^{ab}	20.0 ^b
Whole body					
Protein (%)	55.6	53.7	54.8	57.9	56.8
Lipid (%)	31.0 ^a	31.2 ^a	31.3 ^a	28.4 ^b	26.1 ^b
Ash (%)	11.8	11.7	12.8	11.8	13.8

^{ab} Means within the same row followed by the same letter are not significantly different ($P>0.05$).

กัน แต่จะมีค่าต่ำกว่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นในตัวของปลาที่ได้
รับอาหารสูตร 2 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ (Table 3)

ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 มีค่าดัชนีค้ำต่อตัว
สูงกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 แต่มีค่าไม่แตกต่าง
กับค่าดัชนีค้ำต่อตัวของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2
3 และ 4 (Table 4) ส่วนลิปิดในตับปลาทดลองมีค่า
ตรงข้ามกับค่าดัชนีค้ำต่อตัว ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1
มีลิปิดในตับสูงกว่าปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 แต่ไม่แตกต่าง
กับค่าของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4
(Table 4)

องค์ประกอบของตัวปลาทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง
5 สูตรไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติยกเว้นปริมาณลิปิดซึ่ง
มีในตัวของปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 1 2 และ 3 มากกว่า
ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 4 และ 5 (Table 4)

วิจารณ์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีอัตราส่วน
ของ CHO:L ระหว่าง 3.83-11.24 (สูตร 2 3 และ
4) มีความเหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงปลาดุกลูกผสมเนื่องจาก
มีส่วนประกอบของลิปิดและคาร์โบไฮเดรต ในระดับ
พอเหมาะ ส่วนอาหารสูตรที่ 1 ถึงแม้ว่ามีคาร์โบไฮเดรต
ในปริมาณไม่สูงนัก แต่มีลิปิดสูงถึง 12% ซึ่งอาจมีมาก
เกินความต้องการ จึงทำให้ปลากินอาหารได้น้อย เจริญ
เติบโตช้าผลจากการมีลิปิดในอาหารสูงเกินความต้องการ
ทำให้ปลาเจริญเติบโตช้าสามารถเกิดขึ้นกับปลา chan-
nel catfish (Garling and Wilson, 1977) และ *Tilapia zillii* (El-Sayed and Garling, 1988) ถ้าในอา
หารนั้นมีลิปิดในระดับที่สูงกว่า 12.5% และ 15% ตาม
ลำดับ

แม้ว่า ทางสถิติปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 5 ซึ่ง
มีคาร์โบไฮเดรตสูง 55% และลิปิดเพียง 2.7% มีการ
เจริญเติบโตไม่ต่างจากปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 2 3
และ 4 แต่จากตัวเลขทดลองก็มีแนวโน้มว่าเจริญเติบโต
ช้าและที่สำคัญ การใช้ประโยชน์จากอาหารโดยเฉพาะการ

ใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน (Energy retention) ต่ำกว่า
ของอาหารสูตรที่ 2 3 และ 4 มาก จึงไม่จัดว่าเป็นสูตร
อาหารที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ El-Sayed and
Garling (1988) รายงานว่าปลา *Tilapia zillii* ที่เลี้ยง
ด้วยอาหารที่มีลิปิดน้อยแต่คาร์โบไฮเดรตมาก มีการเจริญ
เติบโตช้า เพราะร่างกายมีการสูญเสียความร้อน (Heat
increment) เนื่องจากการสันดาปโปรตีนเพื่อนำมาใช้เป็น
พลังงานทำให้ประสิทธิภาพของโปรตีนเพื่อการเจริญโตลด
ลง ดังนั้นการที่ปลาดุกลูกผสมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่
5 มีแนวโน้มว่าเจริญเติบโตช้า จึงสันนิษฐานว่าอาจจะ
เนื่องจากสาเหตุดังกล่าว

น้ำหนักของตับและปริมาณลิปิดในตับปลา ขึ้นอยู่
กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตและลิปิดในอาหาร อาหารที่มี
คาร์โบไฮเดรตและลิปิดสูงทำให้ปลามีน้ำหนักตับและลิปิด
ในตับสูงไปด้วย เหตุการณ์เช่นนี้สามารถพบได้กับปลา
salmo-nids (Buhler and Halver, 1961) และปลา
channel catfish (Garling and Wilson, 1977)

อัตราส่วนของ CHO:L ในอาหารไม่มีผลต่อ
โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในตัวปลาดุกทดลอง
อย่างไรก็ตามอาหารที่มีลิปิดสูงทำให้ลิปิดในตัวปลาสูงขึ้น
ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองกับปลา rainbow
trout (Lee and Putnam, 1973) red drum
(Williams and Robinson, 1988; Ellis and Reigh,
1991) striped bass (Millikin, 1983) channel cat-
fish (Garling and Wilson, 1977) *Tilapia zillii*
(El-Sayed and Garling, 1988) และปลาใน
(Takeuchi et al., 1979)

ในการทดลองครั้งนี้อัตราส่วนของ CHO:L ใน
อาหารปลาดุกลูกผสมที่มีได้สูงสุดเท่ากับ 11.24 ซึ่ง
สูงกว่าค่า 4.5 และ 8.7 ที่รายงานไว้กับปลา channel
catfish (Garling and Wilson, 1977) และ *Tilapia zillii*
(El-Sayed and Garling, 1988) ตามลำดับ ทั้งนี้
อาจเป็นเพราะว่าในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปลายาวดินเป็น
แหล่งคาร์โบไฮเดรต ส่วนการทดลองอื่นๆ ใช้แป้ง dex-
trin ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ถูกล่อยแล้วบางส่วน (Par-

และชนิดของปลาในการทดลองก็ไม่เหมือนกัน โดยสรุปอาหารปลาคุณภาพผสมที่มีโปรตีนเฉลี่ย 33% และพลังงานรวมระหว่าง 428-439 กิโลแคลอรี/อาหาร 100 กรัม สามารถมีคาร์โบไฮเดรตคิบัในอาหารได้สูงสุดถึง 50% หรือ เทียบเป็นปริมาณปลายข้าวคิบัได้ 52.5% แต่อาหารนั้นควรมีลึปิดไม่น้อยกว่า 4.4% ซึ่งทำให้อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อลึปิดสูงสุดเท่ากับ 11.24:1

เอกสารอ้างอิง

- AOAC (Association of Official Chemists). 1984 Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th edition.
- AOAC, Arlington, Virginia. 1298 P. Bergot, F. and J. Breque. 1983. Digestibility of starch by rainbow trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture* 34:203-212.
- Buhler, D.R. and J.E. Halver. 1961. Nutrition of salmonid fishes IX. Carbohydrate requirements of chinook salmon. *J.Nutr.* 74:307-318.
- Chuapoechuk, W. and M. Boonyaratpalin. 1981. Status of finfish nutrition and feeding in Thailand. *Thai Fish. Gaz.* 36:530-533
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F. tests. *Biometrics* 11:1-42
- Ellis, S.C. and R.C. Reigh. 1991. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*. 97:383-394.
- El-Sayed, A.M. and D.L. Garling, Jr. 1988. Carbohydrate-to-lipid ratios in diets for *Tilapia zillii* fingerlings. *Aquaculture* 73:157-764.
- Furuichi, M. and Y.Yone. 1981. Change of blood sugar and plasma insulin levels of fishes in glucose tolerance test. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 47:761-764.
- Garling, D.L., Jr. and R.P. Wilson. 1977. Effects of dietary carbohydrate to lipid ratios on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Prog. Fish-Cult.* 39:43-47.
- Hofer, R. and C. Sturmbauer. 1985. Inhibition of trout and carp amylases by wheat. *Aquaculture* 48:277-283.
- Lee, D.J. and G.B. Putnam. 1973. Response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. *J. Nutr.* 103:916-922.
- Lovell, R.T. 1984. Energy requirements. pp. 12-13. In E.H. Robinson and R.T. Lovell (eds.). *Nutrition and Feeding of Channel Catfish (Revised)*. South. Coop. Ser. Bull. 296.
- Luguet, P. and Y. Moreau. 1990. Energy-protein management by some warmwater finfishes. *Actes Colloq. Ifremer* pp. 751-755.
- Millikin, M.R. 1983. Interactive effects of dietary protein and lipid on growth and protein utilization of age-0-striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.* 122:185-193.
- New, M.B. 1987. Feed and Feeding of Fish and Shrimp. *Aquaculture Development and Coordination Programme*. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome. 275 p.
- Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA) 1992. Selected Indicators of Food and Agriculture Development in Asia-Pacific Region, 1980-91. RAPA publication 1992/15. Food and Agriculture Organization of the United

- and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok. 211 p.
- Strange, R.J. 1984. Carbohydrates. PP.15-16. In E.H. Robinson and R.T. Lovell (eds.), Nutrition and Feeding of Channel Catfish (Revised). South. Coop. Ser. Bull. 296.
- Takeuchi, T., T. Watanabe and C. Ogino. 1979. Availabiliuty of carbohycrate and lipid as dietary energy sources for carp. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 45:977-982.
- Williams, C.D. and E.H. Robinson.1988. Responses of red drum to various dietary levels of menhaden oil. Aquacultuer 70:107-120.
- Wilson, R.P. 1992. Utilization of dietary carbohydrate by fish. Paper persented at the V International Symposium on fish Nutrition and Feeding. Santiago, Chile, September 7-10, 1992. 15 p.