

ผลของใยอาหารและระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ของปลาดุกลูกผสม

Effects of Dietary Fiber and Its Optimum Levels for Growth of Hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

วิมล จันทรโรทัย¹ และ นฤมล ตี๋พานิช²

Wimol Jantrarotai and Naruemon Tewpanich

ABSTRACT

Six isonitrogenous (37.0% protein) and isocaloric (2.8 Kcal digestible energy/g) diets were formulated to contain 0, 3.0, 6.0, 9.0 and 12.0% rice hull (diets 1 - 5) and 12.0% cellulose (diet 6). The formulated diets were used for determination the effects of dietary fiber and its optimum levels for growth and diet utilization of hybrid *Clarias* catfish. The diets were fully fed to juvenile (2.5 g) and young (58.0 g) hybrid *Clarias* catfish held in 120 - L glass aquaria twice daily for eight weeks. The study showed that dietary fiber up to 12.0% (10% crude fiber) had no adverse effect on growth, survival and diet utilization of juvenile and young fish. However, there was trend for maximum growth and diet utilization in juvenile fish fed diets containing 6.0 - 12.0% rice hull (3.5 - 6.5% crude fiber) and in young catfish fed 9.0 - 12.0% rice hull (5.0 - 6.5% crude fiber). The dietary fiber at the levels used in this study had no effect on intestinal length, stomach weight and hepatosomatic index of the experimental fish. However, juvenile fish fed diet containing 12.0% cellulose defecated more fecal materials than that of fish fed the other diets.

Key words : hybrid *Clarias* catfish, dietary fiber levels, growth performance

1 กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ กรมประมง กรุงเทพฯ 10900

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

2 สถาบันราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช

Nakornsithmarat Rajchapat Institute, Nakorn Si Thammarat, Thailand.

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของใยอาหารและระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์โภชนะของปลาคูกลูกผสม โดยใช้อาหารทดลอง 6 สูตร ที่มีโปรตีนและพลังงานที่ย่อยได้คงที่ 37.0% และ 2.8 กิโลแคลอรี/ก. ตามลำดับ อาหารสูตรที่ 1 เป็นสูตรควบคุม มีใยอาหารของเดิม 0.6% อาหารสูตรที่ 2 - 5 ใช้เกลบบดผสมในอาหารในปริมาณ 3.0, 6.0, 9.0 และ 12.0% ทำให้มีใยอาหารเท่ากับ 2.0, 3.5, 5.0 และ 6.5% ตามลำดับ อาหารสูตรที่ 6 ใช้เซลลูโลสผสมใยอาหารในอัตรา 12.0% (ใยอาหารเท่ากับ 10%) นำอาหารไปเลี้ยงปลาคูกลูกผสมสองขนาด คือ ขนาดเล็ก (2.5 ก.) และขนาดกลาง (58.0 ก.) ในตู้กระจกขนาด 120 ลิตร โดยให้ปลากินอาหารอย่างเต็มที่วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ระดับใยอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของปลาทั้งสองขนาด อย่างไรก็ตามใยอาหารมีผลต่อการใช้ประโยชน์โภชนะปลาทดลองขนาดเล็กและขนาดกลาง มีแนวโน้มการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์โภชนะในอาหารได้สูงสุด เมื่ออาหารนั้นมีระดับของใยอาหาร 3.5 - 6.5% และ 5.0 - 6.5% ตามลำดับ นอกจากนี้ระดับของใยอาหารไม่มีผลต่อความยาวลำไส้ น้ำหนักกระเพาะอาหาร ดัชนีตับ และองค์ประกอบทางเคมี ของปลาทดลองทั้งสองขนาด แต่ปลาขนาดเล็ก ที่ได้รับอาหารสูตรที่ 6 มีปริมาณมูลปลาด่อน้ำหนักอาหารที่กินสูงกว่า ปลาที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ

คำนำ

วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพดและรำข้าวซึ่งนิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารปลา มีใยอาหารสูงถึง 5-13% (NRC, 1993) อาหารปลาที่มีใยอาหารมากเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา

เนื่องจากใยอาหารไปเจือจางโภชนะที่มีประโยชน์ และทำให้ปลาได้รับโภชนะน้อยลง (Leary and Lovell, 1975) อาหารที่มีใยอาหารพอเหมาะ จะเคลื่อนที่ผ่านทางเดินอาหารช้าลง ทำให้ปลาสามารถดูดซึมโภชนะมากขึ้น ส่งผลให้ปลาเจริญเติบโตดีขึ้น (Davies, 1985)

อาหารปลาที่มีใยอาหารโดยเฉลี่ยไม่มากกว่า 3-5% (NRC, 1993) ขึ้นอยู่กับชนิดของปลา ปลากินพืชสามารถย่อยใยอาหารได้ระดับหนึ่ง และย่อยได้มากกว่าปลากินพืชและเนื้อ และปลากินเนื้อ ตามลำดับ (Halver, 1989) ความสามารถในการย่อยใยอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณเอนไซม์ เซลลูเลส (cellulase) ซึ่งสร้างขึ้นโดยจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร ปลา rainbow trout ไม่สามารถย่อยใยอาหารเซลลูโลสในอาหารได้ เนื่องจากขาดเอนไซม์เซลลูเลส ปลาไม่สามารถย่อยใยอาหารได้บางส่วนเนื่องจากมีจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารซึ่งสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสได้

อาหารที่ใช้เลี้ยงปลาคูกลูกผสมโดยทั่วไปได้แก่อาหารผสมสำเร็จรูป ซึ่งเป็นต้นทุนผันแปรที่สูงถึง 60% ของต้นทุนการเลี้ยงปลา อาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรายได้ของเกษตรกรผู้เลี้ยง อาหารปลาคูกประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก ได้แก่ ปลาป่น กากถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากเมล็ดธัญพืช การลดต้นทุนอาหารสามารถทำได้โดยการลดปริมาณปลาป่นซึ่งเป็นโปรตีนราคาแพงและทดแทนด้วยโปรตีนจากพืช ซึ่งมีราคาต่ำกว่า โดยไม่ให้มีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของปลา อย่างไรก็ตาม การใช้โปรตีนจากพืชเพื่อทดแทนปลาป่น มีผลทำให้ในอาหารมีใยอาหารสูงขึ้นด้วย การศึกษาในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบผลของใยอาหารและระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์โภชนะของปลาคูกลูกผสม เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดปริมาณใยอาหารในอาหารปลาคูกลูกผสม อันเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดมาตรฐานอาหารสัตว์น้ำ เพื่อคุ้มครองประโยชน์ของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษากับปลาคูกอุทกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) ขนาดเล็ก (น้ำหนักเฉลี่ย 1-2 ก.) และปลานขนาดกลาง (น้ำหนักเฉลี่ย 50 ก.) โดยเลี้ยงปลาคูกอุทกผสมทั้งสองขนาดในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมความผันแปรและฝึกให้ปลากินอาหารเม็ดจมน้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อปรับให้ปลาคู่คุ้นเคยกับสภาพของการทดลอง จากนั้นสุ่มปลานขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 2.5 ก. และปลานขนาดกลางที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 58 ก. ไปเลี้ยงในตู้กระจกจำนวน 36 ตู้ โดยใส่ปลานขนาดเล็กจำนวน 18 ตู้ ละ 20 ตัว และใส่ปลานขนาดกลางจำนวน 18 ตู้ ละ 10 ตัว ตู้กระจกมีขนาด 46 × 91 × 46 ซม. บรรจุน้ำ 120 ลิตร มีสายพ่นอากาศและท่อลึกลงน้ำติดตั้งอยู่ เพื่อถ่ายน้ำได้ทันทีละ 1 ลิตร ทำการสุ่มตัวของปลาแต่ละขนาดออกเป็น 6 ชุดๆ ละ 3 ชั่วโมง เพื่อจัดสรรให้กับอาหารทดลอง 6 สูตร

อาหารทดลอง ประกอบด้วยวัตถุดิบและส่วนผสมตาม Table 1 อาหารทดลองทั้ง 6 สูตร มีโปรตีนเท่ากับ 37.0% พลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy) เกือบเคียงกันคือ 2.8 กิโลแคลอรี / ก. อาหารสูตรที่ 1 ไม่เติมใยอาหาร อาหารสูตรที่ 2 - 5 ใช้เกลือบดเป็นแหล่งใยอาหารธรรมชาติ ในอัตรา 3.0, 6.0, 9.0 และ 12.0% ทำให้มีเส้นใยอาหารเท่ากับ 2.0, 3.5, 5.0 และ 6.5% (Table 1) ตามลำดับ อาหารสูตรที่ 6 ใช้เซลลูโลสเป็นแหล่งใยอาหารสังเคราะห์ ในอัตรา 12.0% นำวัตถุดิบที่เป็นของแห้ง มาผสมกันด้วยเครื่องผสมอาหารแบบใบพัด (twin-shell blender) ประมาณ 15 นาที เมื่อวัตถุดิบผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงเติมน้ำมันผสมให้เข้ากันเติมน้ำประมาณ 30% เพื่อช่วยให้อาหารเกาะตัวกันดี จากนั้นนำไปอัดเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดอาหารแบบมินเซอร์ (mincer) ผ่านหน้าแว่นที่มีรูขนาด 3 มม. นำอาหารที่ได้ไปอบ

แห้งในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60°C แล้วเก็บไว้ใช้ทดลองต่อไป

นำอาหารที่ผสมแล้ว ไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและใยอาหาร ตามวิธี oven drying, macro-Kjeldahl, ether extraction, muffle furnace combustion และ acid-alkali digestion ตามลำดับ (AOAC, 1984) ค่า nitrogen free extract (NFE) ได้จากการคำนวณจากสูตร $NFE (\%) = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{ใยอาหาร} + \% \text{เถ้า})$ ระดับพลังงานที่ย่อยได้ของอาหารคำนวณโดยใช้ค่าพลังงานที่ย่อยได้ของโปรตีน ไขมัน และ NFE เท่ากับ 3.5 8.1 และ 2.5 กิโลแคลอรี/ก. ตามลำดับ (NRC, 1993) ผลวิเคราะห์ได้แสดงไว้ใน Table 1

นำอาหารทดลองส่วนหนึ่งไปทดสอบความแตกต่างทางกายภาพ โดยการวัดความหนาแน่น (density) และการดูดซับน้ำ (water absorption) ตามวิธีของ Lovell (1981) และ Hilton *et al.* (1981)

เลี้ยงปลาในแต่ละชุดทดลองด้วยอาหารสูตรใดสูตรหนึ่งอย่างเต็มที่ (satiation) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ วันละ 2 ครั้ง เวลา 8.00 น. และ 16.00 น. ภายหลังการให้อาหาร 1 ชม. หากมีอาหารเหลือในตู้ ทำการดูดอาหารออกแล้วนำไปทำให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักเพื่อทราบจำนวนอาหารที่ปลากินที่แน่นอน นับจำนวนและชั่งน้ำหนักปลารวมในแต่ละตู้ทดลอง เพื่อตรวจสอบอัตราการรอดและการเจริญเติบโต ทุกๆ 2 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างปลาทดลองตู้ละ 5 ตัว เพื่อนำไปวัดความยาวลำไส้ ชั่งน้ำหนักกระเพาะและตับ และนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลาพร้อมกับปลาทดลองเริ่มต้นที่เก็บแช่แข็งไว้เมื่อเริ่มการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณการตอบสนองของปลาต่ออาหารทดลอง (AOAC, 1984)

นำปลา 5 ตัวจากแต่ละตู้ ภายหลังการชั่งวัดปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลองไปเลี้ยงต่อในถังศึกษาการ

ย่อยอาหารทรงกรวยซึ่งทำด้วยไฟเบอร์กลาส และงค
ให้อาหาร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงเริ่มให้อาหาร
ทดลองแต่ละสูตรอย่างเต็มที่ ทำการรวบรวมอาหารที่
เหลือออก และเก็บรวบรวมมูลปลา จากแต่ละถัง
ภายในเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดปริมาณมูลปลาที่

ขับถ่ายออกมา

การตอบสนองของปลาต่ออาหารทดลองแต่ละ
สูตรพิจารณาจาก น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลา (weight
gain) อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวัน (specific
growth rate) อัตราแลกเนื้อ (feed conversion ratio)

Table 1 Composition (%) of the experimental diets containing various levels of fiber.

Ingredient	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Rice hull	-	3.0	6.0	9.0	12.0	-
Cellulose	-	-	-	-	-	12
Fishmeal	48	48	48	48	48	48
Fish oil	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Soybean oil	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Dextrin	47.5	43.2	38.8	34.5	30.1	30.1
Lard	-	1.3	2.7	4.0	5.4	5.4
Vitamin mixture ¹	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitamin C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mineral mixture ²	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Proximate Composition (%)						
Moisture	9.2	8.2	7.6	7.2	7.4	7.2
Protein	36.8	37.1	37	37.1	36.7	36.8
Lipid	5.9	6.6	8.3	9.5	11.1	11.2
Fiber	0.6	2.0	3.5	5.0	6.5	10
Ash	8.7	9.2	10	10.6	11.2	9.0
NFE	38.8	36.8	33.6	30.7	27.2	25.9
Digestible energy (Kcal/g)	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

¹ Vitamin mixture provided the followings per Kg diet : vitamin A, 4000 IU ; D₃ 2000 IU ; vitamin E, 50 IU ; menadione sodium bisulfite, 10 mg ; thiamin, 20 mg ; riboflavin, 20 mg ; niacin, 150 mg ; calcium panthothenate, 200 mg ; folic acid, 5 mg ; pyridoxine, 20 mg ; vitamin B₁₂, 0.2 mg ; biotin, 2 mg ; and inositol, 400 mg

² Mineral mixture provided the followings 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

ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหาร (protein efficiency ratio) โปรตีนสะสมในตัวปลา (apparent net protein retention) พลังงานสะสมในตัวปลา (apparent net energy retention) อัตรารอดตาย (survival rate) ความยาวลำไส้ (intestinal length) น้ำหนักกระเพาะ (stomach weight) ดัชนีตับ (hepatosomatic index) และ น้ำหนักมูลปลา (defecation) ตามวิธีของ Jantrarotai *et al.* (1994)

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของอาหารทดลอง (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการตอบสนองของปลาโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยโปรแกรม SAS version 6.03

ผล

ความหนาแน่นของอาหารทดลองที่มีเกลบเป็นส่วนผสม (สูตรที่ 2, 3, 4 และ 5) ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสูตรที่ 1 หรือสูตรควบคุม อาหารดังกล่าวมีความหนาแน่นระหว่าง 1.20 - 1.25 ก./ลบ.ซม. สำหรับอาหารที่มีเซลลูโลสเป็นใยอาหาร (สูตรที่ 6) มีความหนาแน่นน้อยกว่า ($p<0.05$) อาหารสูตรที่ 1, 2 และ 3 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับอาหารสูตรที่ 4 และ 5 (Table 2)

อาหารทดลองที่มีเกลบบดหรือเซลลูโลสเป็น

ใยอาหาร (สูตร 2, 3, 4, 5 และ 6) มีแนวโน้มการดูดซับน้ำมากกว่าอาหารสูตรควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 2)

ปลาคุกกุผสมทั้งสองขนาดที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ มีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 5 สำหรับปลาเล็กและเมื่อได้รับอาหารสูตรที่ 4 และ 5 สำหรับปลาขนาดกลาง (Table 3) ปลาทั้งสองขนาดที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีใยอาหารในระดับต่างกัน มีอัตราการรอดใกล้เคียงกัน และสูงกว่า 90% อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่าง ($p>0.05$) ของอัตราการรอดของปลาแต่ละขนาดที่ได้รับอาหารต่างๆ (Table 3)

ปลาขนาดเล็กมีอัตราการกินอาหารสูตรต่างๆ ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) คืออัตราเฉลี่ยระหว่าง 5.93 - 6.79% ของน้ำหนักตัวต่อวัน แต่มีแนวโน้มว่าปลากินอาหารได้น้อยลงเมื่ออาหารมีใยอาหารมากขึ้น (Table 4) ปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีอัตราแลกเนื้อต่ำกว่า ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1 และ 2 และอาหารสูตรที่ 4 มีอัตราแลกเนื้อดีกว่า ($p<0.05$) อาหารสูตรที่ 3 (Table 4) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารและโปรตีนสะสมในปลาขนาดเล็กที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) อาหารสูตรที่ 1 และ 2 และประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารสูตรที่ 4, 5 และ 6 และโปรตีนสะสมในปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4, 5

Table 2 Physical characteristics of the experimental diets containing various levels of fiber.

Characteristic	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Density (g/cm ³)	1.23 ^{ab}	1.24 ^{ab}	1.25 ^{ab}	1.20 ^{bc}	1.21 ^{bc}	1.19 ^c
Water absorbtion (%)	59.47 ^a	64.15 ^a	63.41 ^a	64.05 ^a	63.68 ^a	64.81 ^a

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

Table 3 Growth performances of fish fed diets containing various levels of fiber.

Performance	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Small fish						
Initial weight (g)	2.58	2.57	2.62	2.56	2.60	2.58
Final weight (g)	100.63	107.75	133.07	135.16	131.64	114.97
Weight gain (g/fish)	98.1 ^a	105.2 ^a	130.5 ^a	132.6 ^a	129.07 ^a	112.38 ^a
Specific growth rate (%/d)	6.54 ^a	6.43 ^a	6.78 ^a	7.06 ^a	6.80 ^a	6.77 ^a
Survival rate (%)	96.67 ^a	96.67 ^a	91.67 ^a	95.00 ^a	98.33 ^a	95.00 ^a
Medium fish						
Initial weight (g)	57.68	58.10	58.07	57.56	58.53	57.85
Final weight (g)	136.76	132.15	132.03	168.48	167.40	132.62
Weight gain (g/fish)	79.08 ^a	73.05 ^a	73.96 ^a	110.93 ^a	108.87 ^a	68.11 ^a
Specific growth rate (%/d)	1.53 ^a	1.36 ^a	1.44 ^a	1.91 ^a	1.86 ^a	1.48 ^a
Survival rate (%)	93.33 ^a	93.33 ^a	100.0 ^a	96.67 ^a	96.67 ^a	96.67 ^a

^a Means within the same row followed by the same letter are not significantly different ($p>0.05$).

และ 6 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ตามระดับใยอาหารที่เพิ่มขึ้น ปลาทดลองขนาดเล็กที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 5 มีพลังงานสะสมเฉลี่ย 50.0 - 56.0% ค่าพลังงานสะสมของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) ของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 1, 2 และ 6 (Table 4)

ปลาขนาดกลางมีอัตราการกินอาหารสูตรต่างๆ และอัตราแลกเนื้อไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารมีแนวโน้มสูงสำหรับอาหารสูตรที่ 4 และ 5 อย่างไรก็ตามค่าของประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารแต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 4) โปรตีนสะสมในปลาทดลองขนาดกลาง มีค่าผันแปรมากกว่าปลาทดลองขนาดเล็ก คือมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 37.37 - 54.73% ปลาทดลองที่ได้รับอาหารสูตรที่ 4 มีโปรตีนสะสม

ในตัวปลาสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับโปรตีนสะสมของปลากลุ่มอื่นๆ ($p>0.05$) (Table 4) ปลาทดลองขนาดกลางที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 และ 4 มีพลังงานสะสม 53.22 - 54.74% ซึ่งค่าดังกล่าวสูงกว่า ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 และ 2 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากอาหารสูตรที่ 5 และ 6 (Table 4)

ระดับใยอาหารไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อความยาวของลำไส้ของปลาทั้งสองขนาด ลำไส้ของปลาขนาดเล็กที่ได้รับอาหารที่มีใยอาหารสูงกว่ามีแนวโน้มยาวกว่าลำไส้ของปลาที่ได้รับใยอาหารต่ำกว่า (Table 5) กระเพาะอาหารของปลาขนาดเล็กที่ได้รับอาหารสูตรควบคุมมีน้ำหนักมากกว่า ($p<0.05$) กระเพาะอาหารของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 2 และ 5 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากกระเพาะอาหารของปลาที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3, 4 และ 6 (Table 5) น้ำหนักกระเพาะ

Table 4 Feed intake, feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), apparent net protein retention (ANPR) and apparent net energy retention (ANER) of fish fed diets containing various levels of fiber.

Feed utilization	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Small fish						
Feed intake(%/d)	6.79 ^a	6.56 ^a	6.39 ^a	6.17 ^a	6.15 ^a	5.93 ^a
FCR	1.12 ^a	1.11 ^a	1.01 ^b	0.91 ^c	0.96 ^{bc}	0.96 ^{bc}
PER	2.43 ^c	2.44 ^c	2.69 ^b	2.97 ^a	2.83 ^{ab}	2.84 ^{ab}
ANPR (%)	40.33 ^b	39.49 ^b	45.86 ^a	50.62 ^a	46.35 ^a	46.58 ^a
ANER (%)	36.36 ^d	43.23 ^{cd}	53.26 ^{ab}	55.70 ^a	49.72 ^{abc}	46.03 ^{bc}
Medium fish						
Feed intake (%/d)	2.64 ^a	2.87 ^a	2.47 ^a	2.77 ^a	2.69 ^a	2.38 ^a
FCR	1.62 ^a	2.18 ^a	1.62 ^a	1.34 ^a	1.32 ^a	1.45 ^a
PER	1.73 ^a	1.35 ^a	1.69 ^a	2.07 ^a	2.10 ^a	1.87 ^a
ANPR (%)	38.89 ^a	37.37 ^a	40.27 ^a	54.73 ^a	43.43 ^a	48.41 ^a
ANER (%)	34.64 ^b	31.45 ^b	53.22 ^a	54.74 ^a	39.41 ^{ab}	44.13 ^{ab}

^a Means within the same row followed by same letter are not significantly different ($p>0.05$).

อาหารของปลาขนาดกลาง มีค่าเฉลี่ย 0.6 - 0.7% ของน้ำหนักตัว และไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 5)

ค่าดัชนีตัวของปลาขนาดเล็กมีค่าระหว่าง 1.33 - 1.51% และของปลาขนาดกลาง มีค่าระหว่าง 1.29 - 1.48% ค่าดังกล่าวของปลาแต่ละขนาดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 5)

มีแนวโน้มว่าระดับใยอาหารมีความสัมพันธ์กับปริมาณมูลที่ปลาขนาดเล็กขับถ่ายออกมา ซึ่งปลาที่ได้รับอาหารที่มีใยอาหารมากขึ้นปริมาณการขับถ่ายจะมากขึ้นด้วย (Table 5) ปลาที่ได้รับอาหารที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนผสม (สูตรที่ 6) ขับถ่ายมูลมากกว่า ($p<0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตร 1, 2, 3, 4 และ 5

สำหรับปลาทดลองขนาดกลาง ปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมาไม่แตกต่างกันมากพอที่จะทำให้ความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) (Table 5)

วิจารณ์

ความหนาแน่นของอาหารทดลองขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัตถุดิบและปริมาณที่ใช้ในอาหารนั้นๆ เนื่องจากเซลลูโลส เป็นใยอาหารสังเคราะห์ที่มีความหนาแน่นน้อย (0.21 ก./ลบ.ซม.) ดังนั้น อาหารทดลองสูตรที่ 6 จึงมีความหนาแน่นน้อยด้วย สำหรับเกล็ดบดมีความหนาแน่น (0.74 ก./ลบ.ซม.) ใกล้เคียงกับวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในสูตรควบคุม ดังนั้น

Table 5 Biological characteristics as comparing to body length (BL) or body weight (BW) of fish fed diets containing various levels of fiber.

Characteristic	Diet					
	1	2	3	4	5	6
Small fish						
Intestine length						
(% BL)	69.04 ^a	78.24 ^a	82.74 ^a	90.97 ^a	98.40 ^a	99.49 ^a
Stomach weight						
(% BW)	1.11 ^a	0.80 ^b	0.95 ^{ab}	0.98 ^{ab}	0.88 ^b	0.94 ^{ab}
Hepatosomatic index						
(%BW)	1.33 ^a	1.46 ^a	1.43 ^a	1.51 ^a	1.37 ^a	1.43 ^a
Defecation						
(% feed intake)	3.26 ^b	2.10 ^b	4.62 ^b	6.22 ^b	6.22 ^b	12.57 ^a
Medium fish						
Intestine length						
(% BL)	48.58 ^a	58.24 ^a	55.40 ^a	51.89 ^a	50.25 ^a	52.67 ^a
Stomach weight						
(% BW)	0.63 ^a	0.65 ^a	0.61 ^a	0.63 ^a	0.73 ^a	0.73 ^a
Hepatosomatic index						
(%BW)	1.30 ^a	1.34 ^a	1.48 ^a	1.29 ^a	1.43 ^a	1.36 ^a
Defecation						
(% feed intake)	9.95 ^a	13.12 ^a	8.62 ^a	7.07 ^a	9.83 ^a	13.96 ^a

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

ความหนาแน่นของทดลองที่มีเกลือเป็นส่วนผสม จึงไม่แตกต่างจากความหนาแน่นของอาหารสูตรควบคุม อาหารทดลองที่มีใยอาหารในระดับต่างๆ มีแนวโน้มในการดูดซับน้ำได้มากกว่าอาหารสูตรควบคุม เพราะอาหารที่มีใยมีรูพรุนในเม็ดอาหารมากกว่า จึงดูดซับน้ำได้ดีกว่า คล้ายกับอาหารลอยน้ำที่มีรูพรุนของอากาศจำนวนมากจึงดูดซับน้ำได้มากกว่าอาหารจมน้ำ (Hilton *et al.*, 1981)

ในการทดลองครั้งนี้ ปลาขนาดเล็กที่ได้รับอาหารที่มีใยอาหารระหว่าง 5.0 - 6.5% มีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่ดีกว่าปลาที่ได้รับอาหารซึ่งมีระดับของใยอาหารต่ำหรือมากกว่า Dioundick and Stom (1990) พบว่า ลูกปลามอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีใยอาหาร 2.5 - 5% ปลา red sea bream และปลา yellow tail เจริญเติบโตดีกว่าเมื่อได้รับ

อาหารที่มีใยอาหาร 10% (Kono *et al.*, 1987) ระดับใยอาหารที่มีได้สูงสุดโดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลา channel catfish, rainbow trout ปลานิล และ chinook salmon เท่ากับ 8.0% (Leary and Lovell, 1975) 10% (Hilton *et al.*, 1983) 10% (Anderson *et al.*, 1984) และ 9.0% (Buhler and Halver, 1961) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับระดับใยอาหาร สูตรที่ 6 ที่ไม่มีผลทำให้ปลามีการเจริญเติบโตลดลง

ระดับใยอาหารไม่มีผลต่ออัตราการกินอาหารของปลาคูกผสม Davies (1985) พบว่า อาหารที่มีเซลลูโลสที่ระดับ 0 ถึง 20.0% ไม่มีผลต่อการกินอาหารของปลา rainbow trout Hilton *et al.* (1983) พบว่าปลา rainbow trout กินอาหารที่มีใยอาหารสูงในปริมาณมากขึ้นเพื่อชดเชยโภชนาการที่ถูกเจือจางโดยใยอาหาร อย่างไรก็ตาม อัตราการกินอาหารจะมากขึ้นเมื่ออาหารมีใยสูงถึง 20.0% ปลาคูกผสมขนาดเล็กใช้ประโยชน์โภชนาการจากอาหารที่มีใยอาหาร 3.5, 5.0, 6.5 และ 10.0% (สูตรที่ 3, 4, 5 และ 6) ได้ดีกว่าอาหารที่มีใยอาหารต่ำ (สูตรที่ 1 และ 2) ซึ่งอาจเป็นเพราะใยอาหารทำให้อาหารเคลื่อนตัวในทางเดินอาหารช้าลงทำให้ปลาคูกซึมสารอาหารได้มากขึ้น (Davies, 1985; Dioundick and Stom, 1990) นอกจากนี้ใยอาหารมีผลทำให้ปริมาตรของอาหารในทางเดินอาหาร (intestinal bulk) เพิ่มขึ้น เพราะดูดซับน้ำได้ดีจึงช่วยเร่งการผลัดเปลี่ยน (turnover) ผนังเซลล์ลำไส้ (mucosa) และเหนี่ยวนำให้เกิดการหลั่งของเอนไซม์ในการย่อยอาหารมากขึ้น มีผลทำให้การดูดซึมโภชนาการ โดยเฉพาะโปรตีนได้ดีขึ้น (Nomani *et al.*, 1979) ทำให้ประสิทธิภาพของโปรตีนในอาหารและ โปรตีนสะสมในตัวปลา มีค่าสูงขึ้น (Leary and Lovell, 1975; Shiau *et al.*, 1989)

ใยอาหารที่เพิ่มขึ้นในอาหารทดลองเป็นผลให้ปริมาณของแป้ง (dextrin) ในสูตรอาหารลดลง จึง

จำเป็นต้องเพิ่มไขมันในสูตรอาหารที่มีใยอาหารเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับพลังงานของอาหารให้เท่ากันทุกสูตร การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของแป้งต่อไขมัน (CHO/L) จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปลาที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนนี้ต่ำใช้ประโยชน์โภชนาการจากอาหารได้ดีกว่าอาหารที่มีสัดส่วนดังกล่าวสูง (Jantrarotai *et al.*, 1994) ปลาคูกผสมขนาดเล็กจึงใช้ประโยชน์จากแป้งและไขมันในอาหารสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 (CHO/L ต่ำ) ได้ดีกว่าอาหารสูตรที่ 1 และ 2 (CHO/L สูง) ทำให้อาหารสูตรที่ 3, 4, 5 และ 6 มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่า และสำรองโปรตีนในอาหารไว้เพื่อการเจริญเติบโตของปลา ทำให้ค่าประสิทธิภาพของโปรตีน และ โปรตีนสะสมของปลาที่ได้รับอาหารดังกล่าวมีค่าสูงกว่า พลังงานสะสมของปลาคูกผสมขนาดเล็ก ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีใย 3.5 - 10.0% มีค่าสูงกว่าของอาหารสูตรควบคุม อาจเป็นเพราะการใช้ประโยชน์จากแป้งและระดับไขมันที่สูงกว่าในอาหารทดลอง เช่นเดียวกับเหตุผลข้างต้น

อัตราแลกเนื้อ ประสิทธิภาพของโปรตีน และ โปรตีนสะสมในตัวปลาของปลาคูกผสมขนาดกลางมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปลาขนาดเล็ก ถึงแม้ผลจะไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด สาเหตุดังกล่าวอาจเนื่องมาจากปลาทดลองขนาดกลางเป็นปลาในวัยที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าปลาขนาดเล็ก (NRC, 1993) อัตราการกินอาหารต่อน้ำหนักตัวจึงต่ำกว่าปลาทดลองขนาดเล็ก (Table 4) ทำให้ผลที่เกิดจากปัจจัยทดลองไม่เด่นชัดนัก เมื่อเทียบกับปลาขนาดเล็ก

ความยาวลำไส้ของปลาคูกผสมขนาดเล็กที่ได้รับอาหารที่มีใยอาหารมากขึ้นมีแนวโน้มยาวขึ้น ซึ่งต่างกับปลาทดลองขนาดกลาง ทั้งนี้เนื่องจากปลาขนาดเล็กมีพัฒนาการเพื่อเพิ่มพื้นที่ลำไส้ในการดูดซึมโภชนาการได้ดีกว่าปลาขนาดกลาง เช่นเดียวกับการเพิ่มความยาวของลำไส้หนู ที่ได้รับอาหารทดลองที่มีใยอาหารเพิ่มขึ้น (Farness and Schneeman,

1982)

อาหารที่มีใยอาหารในระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อการเพิ่มขนาดของกระเพาะของปลาดุกลูกผสมทั้งสองขนาด ปลา rainbow trout เมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มีเซลลูโลส 10.0 ถึง 20.0% มีผลทำให้ขนาดของกระเพาะใหญ่ขึ้น หรือมีปริมาตรมากขึ้นเพื่อกินอาหารได้มาก เพื่อเป็นการชดเชยโภชนาที่ถูกละเลยโดยเซลลูโลส (Hilton *et al.*, 1983) แต่การทดลองครั้งนี้ อาหารที่มีใยเพิ่มขึ้นมีโภชนาในปริมาณใกล้เคียงกันมากที่สุด ดังนั้น ใยอาหารจึงไม่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนน้ำหนักของกระเพาะอาหาร

ปริมาณมูลของปลาดุกลูกผสมทั้งสองขนาดที่ได้รับอาหารที่มีเซลลูโลสเป็นใยอาหารมีค่าสูงกว่าหรือมีแนวโน้มสูงกว่ามูลของปลาที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่า ปลาดุกลูกผสมไม่มีน้ำย่อยสำหรับเซลลูโลส จึงขับถ่ายออกมา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปลา rainbow trout (Davies, 1985) ปลา channel catfish (Leary and Lovell, 1975) ส่วนมูลของปลาที่ได้รับกลายเป็นใยอาหารมีค่าไม่คงที่อาจเนื่องจากใยอาหารในเกล็ดมีองค์ประกอบที่ซับซ้อน ซึ่งมีทั้งเซลลูโลสและเนื้อเซลล์ของข้าวสาลีเซลลูโลสอาจถูกย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียในทางเดินอาหาร (Davies, 1985) จึงมีผลทำให้เกล็ดถูกย่อยได้บางส่วนทำให้ปริมาณมูลไม่มากเท่ากับมูลปลาที่ได้รับอาหารทดลองที่มีส่วนผสมของเซลลูโลส

การทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าระดับใยอาหารตั้งแต่ 0.6% ถึง 10.0% ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตรารอดของปลาดุกลูกผสมขนาดเล็กและขนาดกลาง อย่างไรก็ตาม ใยอาหารมีผลต่อการใช้ประโยชน์โภชนาจากอาหาร ปลาขนาดเล็กและขนาดกลางมีแนวโน้มการเจริญเติบโตและใช้ประโยชน์โภชนาได้สูงสุด เมื่ออาหารนั้นมีระดับใยอาหาร 3.5 - 6.5% และ 5.0 - 6.5% ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- Anderson, J., A.J. Jackson, A.J. Matty, and B.S. Capper. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). *Aquaculture*. 37:303-314.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed., AOAC, Arlington, Virginia. 1018 p.
- Buhler, D.R. and J.E. Halver. 1961. Nutrition of salmon fishes IX. Carbohydrate requirement of chinook salmon. *J. Nutr.* 74:307-318.
- Davies, S.J. 1985. The role of dietary fibre in fish nutrition, pp. 219-249. In James, F. Muir and R.J. Roberts (eds.). *Recent Advances in Aquaculture*, Westview Press, Colorado.
- Dioundick, O.B. and D.I. Stom. 1990. Effect of dietary a-cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture* 91:311-315.
- Farness, P.L. and B.O. Schneeman. 1982. Effects of dietary cellulose, pectin and oat bran on the small intestine in the rat. *J. Nutr.* 112:1315-1319.
- Halver, J.E., 1989. *Fish Nutrition*. Academic press, Inc. London. 798 p.
- Hilton, J., L. Atkinson, and S.J. Slinger. 1983. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:81-85.
- Hilton, J.W., C.Y. Cho, and S.J. Slinger. 1981. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of rainbow trout

- (*Salmo gairdneri* R.). Aquaculture. 25:185-194.
- Jantrarotai, W., P. Sitasit, and S. Rajchapakdee. 1994. The optimum carbohydrate to lipid ratio in hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) diets containing raw broken rice. Aquaculture. 127:61-68.
- Kono, M., T. Matsui, and C. Shimizu. 1987. Effect of chitin, chitosen and cellulose diet supplements on the growth of cultured fish. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 53:125-129.
- Leary, D.F. and R.T. Lovell. 1975. Value of fiber in production type diets for channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 104:328-332.
- Lovell, R.T. 1981. Laboratory Manual for Fish Feed Analysis and Fish Nutrition Studies. Auburn University. 65 p.
- Nomani, M.Z.A., E.F. Fashandi, G.K. Davies, and C.J. Bradac. 1979. Influence of dietary fiber on the growth and protein metabolism of the rat. J. Food. Sci. 44:745-751.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington. 114 p.
- Shiau, S.Y., C.C. Kwok, C.J. Chen, H.T. Hong, and H.B. Hsieh. 1989. Effects of dietary fiber on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia, *Oreochromis x O. aureus*. J. Fish. Biol. 34:929-935.
-
- วันรับเรื่อง : 24/กค./40
- วันรับตีพิมพ์ : 9/ธค./40