

ระดับที่เหมาะสมของกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และการแลกเปลี่ยนของปลาอุกลูกผสม

Optimum Levels of Essential Fatty Acids for Growth and Feed Conversion of Hybrid *Clarias* Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*)

วิมล จันทรโรทัย¹ และ พิศมัย สมสืบ

Wimol Jantrarotai and Pisamai Somsueb

ABSTRACT

Hybrid *Clarias* catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) with individual weight of 0.47 g were kept in 18, 80L glass aquaria at a stocking rate of 20 fish per aquarium. Three replicates of fish were fed each of six isonitrogenous (40%) and isocaloric diets (3.2 kcal/g) containing $\omega 6$ and $\omega 3$ essential fatty acids (EFA) at inclusion levels of 0/0, 0/2.0, 0.5/1.5, 1.0/1.0, 1.5/0.5 and 2.0/0 g/g (diets 1-6, respectively). The diets were fed to satiation twice daily for 12 weeks to the fish for the determination of optimum levels of EFA for growth and feed conversion of hybrid *Clarias* catfish.

It was shown that hybrid *Clarias* catfish require both $\omega 6$ and $\omega 3$ EFA for growth and efficient feed conversion (FCR). The optimum levels of EFA in the diet are ranged from 1.0-1.6% for $\omega 6$ and 0.8-0.9% for $\omega 3$ (diets 4 and 5). At these levels, the fish gained 4,000-4,400% of the initial weight with FCR of 1.6-1.7. Fish fed diets 1, 2, 3 and 6 gained less weight (2,900-3,160%) and had poorer FCR (1.9-2.1) than those fed diets 4 and 5 ($P < 0.05$). EFA had no effect on mortality of fish fed various diets within the period of the study.

Key words : hybrid *Clarias* catfish, essential fatty acids

¹ สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง

National Inland Fisheries Institute, Dept. of Fisheries, Bangkok, 10900, Thailand

บทคัดย่อ

ปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) น้ำหนักเฉลี่ย 0.47 กรัม ซึ่งเลี้ยงในตู้กระจกขนาดความจุ 80 ลิตร จำนวน 18 ตู้ๆละ 20 ตัว ถูกสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม เพื่อใช้ทดลองกับอาหารจำนวน 6 สูตร ที่มีโปรตีนและพลังงานคงที่ (40% โปรตีน, 3.2 กิโลแคลอรี/กรัม) แต่มีสัดส่วนของกรดไขมันที่จำเป็น (EFA) $\omega 6/\omega 3$ ปริมาณ 0/0, 0/2.0, 0.5/1.5, 1.0/1.0, 1.5/0.5 และ 2.0/0 กรัม/กรัมในอาหารสูตรที่ 1-6 ตามลำดับ โดยให้อาหารอย่างเต็มที่วันละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 12 สัปดาห์เพื่อศึกษาาระดับที่เหมาะสมของ EFA $\omega 6$ และ $\omega 3$ ต่อการเจริญเติบโตและการแลกเปลี่ยนของปลา

การศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปลาดุกลูกผสมต้องการ EFA $\omega 6$ และ $\omega 3$ ในอาหาร เพื่อการเจริญเติบโตและแลกเปลี่ยนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระดับที่เหมาะสมของ EFA $\omega 6$ และ $\omega 3$ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.0-1.6% และ 0.8-0.9% ของน้ำหนักอาหารตามลำดับ (อาหารสูตร 4 และ 5) ที่ระดับดังกล่าวปลาดุกลูกผสมมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4,000-4,400% และมีอัตราแลกเปลี่ยน 1.6-1.7 ซึ่งดีกว่า ($P < 0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารสูตร 1, 2, 3 และ 6 ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2,900-3,160% และมีอัตราแลกเปลี่ยนระหว่าง 1.9-2.1 EFA ในอาหารสูตรต่างๆไม่มีผลต่อการตายของปลาในช่วงระยะเวลาของการทดลอง

คำนำ

ไขมันเป็นสารอาหารหลักสำหรับสัตว์น้ำ เป็นแหล่งพลังงานและกรดไขมันที่จำเป็น (Essential fatty acids; EFA) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต อันเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์และเป็นสารต้นกำเนิดของฮอร์โมนที่สำคัญหลายชนิด สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาไม่สามารถสังเคราะห์ EFA ได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจาก

อาหาร EFA เป็นกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 ($\omega 3$) ซึ่งมีมากในน้ำมันปลาทะเลและ กลุ่มโอเมก้า 6 ($\omega 6$) ซึ่งมีมากในน้ำมันพืช (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม) EFA ที่สำคัญได้แก่ linoleic (18:2 $\omega 6$), linolenic (18:3 $\omega 3$), eicosapentaenoic (20:5 $\omega 3$) และ docosahexaenoic (22:6 $\omega 3$)

สัตว์น้ำแต่ละชนิดต้องการ EFA ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณที่แตกต่างกัน ปลา rainbow trout (*Salmo gairdneri*) ต้องการ EFA ในกลุ่ม $\omega 3$ เพื่อการเจริญเติบโต และใช้ประโยชน์จากอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่า ปลา rainbow trout ต้องการกรด 18:3 $\omega 3$ ระหว่าง 0.8-1.6% ในอาหารที่มีไขมัน 2-5% (Watanabe et al., 1974 a,b) และความต้องการจะสูงขึ้นเป็น 2% หรือมากกว่าในอาหารที่มีไขมันสูงขึ้นเป็น 9-14% (Takeuchi and Watanabe, 1977 a) ปลานิล (*Tilapia zillii*) เจริญเติบโตได้ดีเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารที่มี EFA กลุ่ม $\omega 6$ Kanazawa et al. (1980) พบว่า ปลานิลต้องการกรด linoleic หรือ arachidonic ประมาณ 1% ของอาหาร และ EFA ในกลุ่ม $\omega 3$ ให้ผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลน้อยกว่า EFA กลุ่ม $\omega 6$ ปลาไน (*Cyprinus carpio*) ต้องการ EFA ทั้งกลุ่ม $\omega 3$ และ $\omega 6$ เพื่อการเจริญเติบโต อาหารปลาไนที่เหมาะสมควรมีกรด linoleic และ linolenic หรือ eicosapentaenoic หรือ docosahexaenoic ประมาณ 0.5-1% (Watanabe et al., 1975 ; Takeuchi and Watanabe, 1977 b) ปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ต้องการ EFA ในปริมาณต่ำกว่าความต้องการของปลา rainbow trout โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรด linoleic และ linolenic ที่มีมากในน้ำมัน safflower และ linseed หากมีมากเกินไป 1% ในอาหารจะทำให้ปลาไม่เจริญเติบโต ส่วน eicosapentaenoic หรือ docosahexaenoic แม้จะมีมากถึง 4% ก็ยังทำให้ปลาเจริญเติบโตได้ดี (Stickney et al., 1983) อย่างไรก็ตามเชื่อกันว่าปลา channel catfish ต้องการ EFA ทั้ง $\omega 6$ และ $\omega 3$ แต่ในปริมาณไม่มากกว่า 1-2% (NRC,

1983) ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณที่เหมาะสมและความสำคัญของ EFA ในอาหารของปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) Tacon and Beveridge (1981) สันนิษฐานว่า ปลาดุกค้ำ (*Clarias batrachus*) ต้องการ EFA ทั้งชนิดและปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการของปลา channel catfish อย่างไรก็ตามข้อสันนิษฐานดังกล่าวยังไม่ได้รับการยืนยัน

อาหารปลาดุกสำเร็จรูปมักมี ปลาป่น กากถั่วเหลือง กากถั่วลิสง รำ ข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลัก อาหารนั้นจึงมี EFA กลุ่ม $\omega 3$ จากน้ำมันปลา (ในวัตถุดิบปลาป่น) และกลุ่ม $\omega 6$ จากน้ำมันพืช (ในวัตถุดิบพืช) ระดับของ EFA ทั้งสองกลุ่มขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ อย่างไรก็ตามระดับดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการแลกเปลี่ยนของปลา เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการ EFA ของปลาดุกลูกผสมเพื่อประกอบการสร้างสูตรอาหาร การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับของ EFA ในกลุ่ม $\omega 3$ และกลุ่ม $\omega 6$ ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเปลี่ยนของปลาดุกลูกผสม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพอาหารปลาดุกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลาทดลอง นำปลาดุกลูกผสมวัยอ่อนระยะถุงไข่ (yolk-sac stage) มาอนุบาลด้วยอาหารผสมชนิดผงโปรตีน 40% และไม่มีกรดไขมันที่จำเป็น (EFA) $\omega 3$ และ $\omega 6$ เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อลดระดับ EFA ที่อาจมีในตัวปลาให้น้อยที่สุดก่อนการทดลอง จากนั้นทำการคัดลูกปลาจำนวน 360 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.47 กรัม เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

การดำเนินการทดลอง สุ่มปลาที่คัดไว้ใส่ในตู้กระจกขนาด $18.5 \times 36 \times 18.5$ นิ้ว จำนวนตู้ละ 20 ตัว

รวม 18 ตู้ แต่ละตู้ใส่น้ำจากบ่อบาดาล ประมาณ 80 ลิตร ติดตั้งท่ออากาศและท่อน้ำล้นทุกตู้เพื่อระบายนํ้าให้ไหลผ่านในอัตราานที่ละ 0.5 ลิตร ปิดฝาตู้ด้วยลวดตาข่าย เพื่อป้องกันปลากระโดด เมื่อเริ่มการทดลองทำการสุ่มตู้ ออกเป็น 6 ชุดละ 3 ตู้ เพื่อใช้ทดลองกับอาหาร จำนวน 6 สูตร

อาหารทดลอง อาหารทดลองมีองค์ประกอบตามที่แสดงไว้ใน Table1 อาหารทุกสูตรมีสารอาหารคงที่ (โปรตีน 40% พลังงาน 3.2 กิโลแคลอรี/กรัม) แต่มีสัดส่วนของน้ำมันชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันหมู น้ำมันปลาทะเล และน้ำมันถั่วลิสง แตกต่างกันไป เพื่อให้อาหารสูตรที่ 1-6 ตามลำดับต่อไปนี้ มีปริมาณ EFA $\omega 6 / \omega 3$ ใกล้เคียงกับ 0 / 0, 0 / 2, 0.5 / 1.5, 1.0 / 1.0, 1.5 / 0.5, 2.0 / 0 กรัม/กรัม มากที่สุด ชนิดและปริมาณของ EFA ในน้ำมันแต่ละชนิดที่ใช้ในการคำนวณสูตรอาหารได้จากการวิเคราะห์ โดยวิธีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ EFA ในอาหาร

นำส่วนประกอบของอาหารแต่ละสูตรไปบดอย่างละเอียดด้วยเครื่อง Hammer mill และร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาดช่องตา 800 ไมครอน จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Twin-shell blender เติมนํ้าลงไปประมาณ 30% แล้วอัดเม็ดด้วยเครื่อง Mincer ผ่านรูหน้าแวนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 มม. จากนั้นหักเป็นท่อนเล็กๆให้เหมาะสมกับขนาดของปลา เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -45 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เลี้ยงปลาต่อไป

อาหารทุกสูตรจะถูกนำไปวิเคราะห์ เพื่อหาความชื้น โปรตีน และไขมัน ตามวิธีมาตรฐาน (AOAC, 1984) ทำการแยกชนิดและปริมาณของ EFA $\omega 6$ และ $\omega 3$ โดยเครื่อง Gas Chromatography ตามวิธีของ Kates (1986) ส่วนค่าพลังงานของอาหารประเมินเป็นค่าพลังงานที่ย่อยได้โดยใช้ค่าจาก NRC (1983) ซึ่งกำหนดให้ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีพลังงานที่ย่อยได้เท่ากับ 3.5, 8.1 และ 2.5 กิโลแคลอรี/

กรัม ตามลำดับ

การจัดการ เลี้ยงปลาในแต่ละตู้ด้วยอาหารอย่างเต็มวันละ 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ระหว่างการทดลองทำการชั่งน้ำหนักรวมของปลาและนับจำนวนปลาทุกๆ 2 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตและอัตราการรอด ทำความสะอาดและถ่ายเปลี่ยนน้ำใหม่ทั้งตู้ทุกครั้งพร้อมการชั่งน้ำหนักปลา

การวัดอิทธิพลของอาหาร การตอบสนองของปลาต่ออาหารทดลองแต่ละสูตรพิจารณาจาก

น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (Weight gain, %) =

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

อัตราการรอด (Survival rate, %) =

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

อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio) =

$$\text{นน.อาหารที่ปลากิน} / \text{นน.ปลาที่เพิ่มขึ้น}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลของน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น อัตราแลกเนื้อและอัตราการรอด ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของอาหารทดลองจะถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธี Analysis of variance หากพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ตัดสินความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการตอบสนองต่างๆ โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Zar, 1984)

Table 1 Composition (%) of the experimental diets with various ratios of $\omega 6$ and $\omega 3$ fatty acids.

Diet	1	2	3	4	5	6
$\omega 6 : \omega 3$	0/0	0/2.0	0.5/1.5	1.0/1.0	1.5/0.5	2.0/0
Casein&gelatin (4:1)	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
Dextrin	42.25	42.25	42.25	42.25	42.25	42.25
Vitamin & mineral ¹	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
Vitamin C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
KH ₂ PO ₄	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Lard	9.5	0	1.14	1.48	1.79	2.09
Fish oil	0	9.5	7.14	4.76	2.38	0
Peanut oil	0	0	1.22	3.26	5.33	7.4
Proximate Composition						
Crude protein (%)	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Crude lipid (%)	8.63	7.51	8.23	8.47	9.95	7.03
$\omega 6$ fatty acids (%)	1.02	0.35	1.33	1.01	1.56	1.86
$\omega 3$ fatty acids (%)	0.08	1.44	1.25	0.77	0.85	0
Digestible energy (Kcal/g)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2

- 1 Vitamin mixture provided the following 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 ; choline chloride, 2000 mg ; vitamin B₁₂, 0.2 mg ; biotin, 2 mg ; and inositol, 400 mg

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

ผลและวิจารณ์

การศึกษาแสดงให้เห็นว่า ชนิดและปริมาณของ EFA มีผลต่อการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์จากอาหารของปลาดุกผสม เช่นเดียวกับปลา rainbow trout ปลานิล ปลาไน และปลา channel catfish ปลาดุกผสมต้องการ EFA ในอาหารทั้งชนิด $\omega 6$ และ $\omega 3$ ถ้าขาดหรือตัวหนึ่งตัวมีน้อย(อาหารสูตร 1, 2 และ 6) การเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อจะเลวลง (Table 2) นอกจากนี้ระดับของ EFA ทั้งสองชนิดต้องอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมจึงทำให้การเจริญเติบโตและการแลกเนื้อมีประสิทธิภาพ อาหารสูตร 4 และ 5 ซึ่งมีระดับ $\omega 6 / \omega 3$ ระหว่าง 1.0 / 1.0 และ 1.5 / 0.5 กรัม/กรัม (หรือจากการวิเคราะห์ที่ระดับ 1.0 / 0.8 และ 1.6/0.9) ทำให้ปลาดุกผสมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 4,000 ถึง 4,400% ของน้ำหนักเริ่มต้น และมีอัตราแลกเนื้อระหว่าง 1.6-1.7 ซึ่งดีกว่า ($P < 0.05$) การตอบสนองของปลาที่ได้รับ EFA ในระดับอื่นๆ (Table 2) การเจริญเติบโตของปลาที่ได้รับอาหารแต่ละสูตรเริ่มเห็นผลแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 8 และ ความแตกต่างเริ่มชัดเจนมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 (Figure 1)

ในเชิงเศรษฐศาสตร์อาหารปลาดุกผสมควรมี EFA ในปริมาณต่ำที่สุดแต่เพียงพอสำหรับการเจริญ

เติบโตและการแลกเนื้ออย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ควรมี EFA $\omega 6$ และ $\omega 3$ ในปริมาณ 1.0 และ 0.8 % ตามลำดับ (อาหารสูตร 4) ปริมาณดังกล่าวใกล้เคียงกับความต้องการ EFA ของปลาไน (Watanabe *et al.*, 1975, Takeuchi and Watanabe, 1977 b) และปลา channel catfish (NRC, 1983) แต่น้อยกว่าความต้องการ EFA ของปลา rainbow trout ซึ่งต้องการ $\omega 3$ มากกว่า 2% ของอาหาร (Takeuchi and Watanabe, 1977 a) ความแตกต่างของความต้องการ EFA ดังกล่าว เนื่องมาจากปลา rainbow trout เป็นปลาในเขตนาว จึงต้องการ $\omega 3$ ในปริมาณสูงเพื่อคงสภาพของเซลล์ร่างกายไม่ให้แข็งตัว (Castell, 1978)

อัตราการรอดของปลาดุกผสมที่ได้รับอาหารสูตรต่างๆ มีค่ามากกว่า 80% และไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่มต่างๆ (Table 2) การตายของปลาส่วนมากเกิดขึ้นในช่วง 4 สัปดาห์แรกของการทดลอง จึงไม่น่าเป็นผลจากการขาดหรือความไม่สมดุลของ EFA ในอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานว่าการตายของปลาไนที่เป็นผลจาก EFA จะเกิดขึ้นหลังจากสัปดาห์ที่ 11 ของการทดลอง (Takeuchi and Watanabe, 1977 b) และถ้าเป็นปลา rainbow trout ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 8 เดือน หลังจากได้รับอาหารที่ขาด EFA $\omega 3$ จึงจะปรากฏอาการผิดปกติของปลาให้

Table 2 Weight gain, feed conversion ratio and survival rate of hybrid *Clarias* catfish fed diets with various ratios of $\omega 6$ and $\omega 3$ fatty acids.

Diet	1	2	3	4	5	6
$\omega 6 : \omega 3$	0/0	0/2.0	0.5/1.5	1.0/1.0	1.5/0.5	2.0/0
Initial wt.(g/fish)	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Final wt.(g/fish)	15.27	13.97	15.12	20.95	19.00	15.32
Wt. gain(%)	3,149 ^b	2,872 ^b	3,013 ^b	4,357 ^a	3,945 ^a	3,160 ^b
Feed conversion ratio	1.90 ^{abc}	1.90 ^{ab}	2.04 ^a	1.69 ^{bc}	1.63 ^c	2.06 ^a
Survival rate(%)	83	85	88	88	85	80

abc Mean within same row followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$)

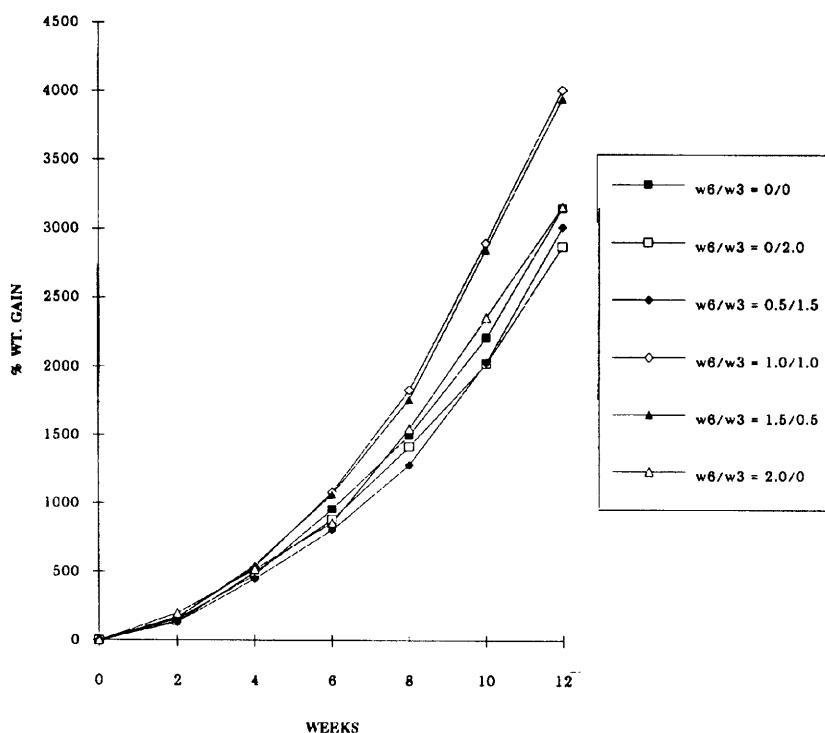


Figure 1 Biweekly weight gain of hybrid *Clarias* catfish fed diets with various ratios of ω_6 and ω_3 fatty acids.

เห็น (Castell *et al.*, 1972)

การทราบระดับที่เหมาะสมของ EFA ω_6 และ ω_3 ในอาหารปลาดุกลูกผสม มีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพอาหารปลาโดยการจัดสัดส่วนของวัตถุดิบและไขมันชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้ EFA ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของปลา นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้พัฒนาอาหารปลาให้มีราคาถูกลงโดยใช้วัตถุดิบจากพืชทดแทนปลาป่น การลดปลาป่นและการเพิ่มวัตถุดิบพืชในสูตรอาหารจะทำให้ EFA ω_3 ลดลง และ EFA ω_6 เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้เสียสมดุลของ EFA ทั้งสองชนิด การทราบระดับ EFA ω_6 และ ω_3 ที่เหมาะสมทำให้ง่ายต่อการเพิ่มหรือลด EFA ในอาหาร เพื่อให้อาหารมีคุณภาพดีในเชิงมี EFA ครบถ้วน แม้ว่าจะมีการใช้วัตถุดิบพืชทดแทนปลาป่นแล้วก็ตาม

เอกสารอ้างอิง

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14th edition, Arlington, Virginia. 1298 p.
- Castell, J. D. 1978. Review of lipid requirements of finfish. EIFAC/FAO Symposium on Finfish Nutrition and Feed Technology, Hamburg, West Germany., 20-23 June. 218 p.
- Castell, J. D., R. O. Sinnhuber, J. H. Wales, and D. J. Lee. 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) : growth, feed conversion and some gross deficiency symptom. J. Nutr. 102: 77-85.

- Kanazawa, A., S. Teshima, M. Sakamoto, and A. Awal. 1980. Requirement of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 46:1353-1356.
- Kates, M. 1986. Techniques of Lipidology, isolation, analysis and identification of lipids. 2nd revised edition. Elsevier Science Publishers. New York. 464 p.
- NRC (National Research Council). 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfish. National Academy Press, Washington, D. C. 102 p.
- Stickney, R. R., R.B. McGeachin, D. H. Lewis, and J. Marks. 1983. Response of young channel catfish to diets containing purified fatty acids. Trans. Am. Fish. Soc. 112: 665-673.
- Tacon, A. J. and M. Beveridge. 1981. Analysis of NIFI Clarias Diet No.12 Report on Programme for the Development of Pond Management, Techniques and Disease Control (DOF-UNDP/FAO/THA/75/012) Thailand. 2 p.
- Takeuchi, T. and T. Watanabe. 1977 a. Dietary level of methyl laurate and essential fatty acids requirement of rainbow trout. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 43: 893-898.
- Takeuchi, T. and T. Watanabe. 1977 b. Requirement of carp for essential fatty acids. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 43: 541-551.
- Watanabe, T., F. Takashima, and C. Ogino. 1974 a. Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 40: 181-188.
- Watanabe, T., C. Ogino, Y. Koshishi, and T. Matsunaga. 1974 b. Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 40: 493-497.
- Watanabe, T., T. Takeuchi, and C. Ogino. 1975. Effect of dietary methyl linolenate on growth of Carp-II. Bull. Japan. Soc. Scient. Fish. 41: 263-269.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. 2nd edition. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. 620 p.