

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC NGUYÊN LIỆU DẦU ĐẾN THÀNH PHẦN AXIT BÉO CỦA GAN CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Võ Thị My My^{1*}, May Mod², Trần Thị Lệ Trinh¹, Phạm Duy Hải¹,
Nguyễn Văn Nguyễn¹

¹Trung tâm Công nghệ Thức ăn và Sau Thu hoạch Thủy sản - Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2;

²Đại học Cần Thơ.

*Tác giả liên hệ: mymydh13sm@gmail.com

Nhận bài: 20/05/2021 Hoàn thành phản biện: 16/08/2021 Chấp nhận bài: 21/08/2021

TÓM TẮT

Thức ăn có vai trò quyết định đến chất lượng của cá tra, đặc biệt hàm lượng các axit béo có giá trị cao trong cơ thịt cá. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của các nguyên liệu dầu bổ sung vào thức ăn đến sự thay đổi thành phần axit béo trong gan cá tra. Thí nghiệm có 4 nghiệm thức (D1, D2, D3, D4) bổ sung lần lượt các nguyên liệu dầu cám gạo, hạt lanh, dầu cá, dầu đậu nành; 1 nghiệm thức kết hợp hạt lanh và dầu cá (D5) và 1 nghiệm thức thương mại (D6). Gan được phân tích bằng hệ thống GC-FID. Kết quả cho thấy các axit béo thiết yếu có xu hướng thay đổi tương tự nhau sau 6 tháng nuôi. Oleic axit cao nhất ở D1 (34,46%). Linoleic axit cao nhất ở D4 (6,67%). α -Linolenic axit cao nhất ở D2 (2,94%) và D5 (2,02%), cao hơn rất nhiều so với các nghiệm thức còn lại. Arachidonic axit của D6 (5,27%) là cao nhất. Eicosapentaenoic axit cao ở D2 (1,32%) và D5 (1,25%). Docosahexaenoic axit cao nhất ở D3 (7,66%) và D5 (7,47%). Axit béo không bão hòa cao của D4 (14,41%) cao nhất. Tổng omega-3 cao nhất D2 (10,84%), omega-6 cao nhất tại D4 (14,48%). Tỷ lệ omega-3/omega-6 cao nhất D2, thấp nhất ở D6. Nhìn chung, nghiên cứu cho thấy thành phần axit béo trong gan cá phản ánh sự tương quan với thành phần axit béo trong thức ăn.

Từ khóa: Axit béo, Gan cá, HUFA, Thức ăn

THE EFFECT OF OIL INGREDIENTS ON FATTY ACID PROFILE OF STRIPED CATFISH LIVER (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Vo Thi My My^{1*}, May Mod², Tran Thi Le Trinh¹, Pham Duy Hai¹,
Nguyen Van Nguyen¹

¹Research Center for Aqua-Feed Nutrition and Fishery Post-Harvest Technology - Research Institute for Aquaculture 2;

²Can Tho University.

ABSTRACT

Feed generally plays an important role in fish quality, especially the high-value fatty acids in fish muscle. The present study aimed to evaluate the effects of oil ingredients on fatty acid profiles of catfish liver. The experiment was set up with 4 treatments (D1, D2, D3, D4) with 4 oil ingredients used including rice bran, linseed, fish oil, soybean oil, respectively. A treatment with combination of linseed and fish oil (D5). A commercial treatment (D6). Liver was analyzed by GC-FID system. After 6 months of the feeding trial, the results showed that essential fatty acids in the fish liver tend to change similarly. In which, Oleic acid was the highest in D1 (34,46%). Linoleic acid was the highest in D4 (6,67%). α -Linolenic acid contained higher in fish fed linseed diet (D2) (2,94%), followed by the linseed and fish oil diet (D5) (2,02%), much higher than the other treatments. Arachidonic acid of D6 (5,27%) was higher than those in the others treatment. Eicosapentaenoic acid was higher in D2 (1,32%) and D5 (1,25%). Docosahexaenoic acid was higher in D3 (7,66%) and D5 (7,47%). Highly unsaturated fatty acid of D4 (14,41%) was the highest. The total of omega-3 was higher in D2 (10,84%). The total of omega-6 was higher in D4 (14,48%). The ratio of omega-3/omega-6 was the highest in D2, the lowest was in D6. Overall, the study results revealed that the fatty acid profiles in striped catfish liver reflect the fatty acid profiles of experimental feeds.

Keywords: Fatty acid, Feed, Fish liver, HUFA

1. MỞ ĐẦU

Theo Tổng cục Thủy sản, năm 2019, tổng sản lượng thủy sản cả nước ước tính đạt ước tính đạt 8.200,8 nghìn tấn đạt vượt trên 1,2 triệu tấn so với mục tiêu đặt ra và tăng 5,6% so với năm trước. Trong đó sản lượng nuôi trồng đạt trên 4.432,5 nghìn tấn, tăng 6,5% so với năm 2018. Kim ngạch xuất khẩu thủy sản đạt 8,6 tỷ USD, giảm 1,2% so với năm 2018. Trong đó, cá tra là một loài cá nuôi có giá trị kinh tế cao trong ngành công nghiệp thủy sản của Việt Nam (Đa và cs., 2014). Sản lượng nuôi cá tra tại khu vực ĐBSCL trong năm 2019 đạt 1,42 triệu tấn, tương đương năm 2018. Trong đó, 82% sản lượng cả nước tập trung ở các tỉnh như Đồng Tháp, An Giang, Bến Tre, Cần Thơ (Hiệp hội thủy sản và xuất khẩu Việt Nam, 2019).

Xuất khẩu sản phẩm cá tra là thế mạnh của Việt Nam, nên việc nghiên cứu nâng cao hiệu quả kinh tế của ngành hàng này cần được quan tâm. Thực tế cho thấy phi lê cá tra chứa tỉ lệ các axit béo có giá trị cao như axit béo không bão hòa đa (PUFA), axit béo không bão hòa cao (HUFA), axit béo không bão hòa cao nhóm omega-3 (n-3 HUFA), omega-3 (n-3) khá thấp so với các loài cá khác cá chêm (Ho và Paul, 2009) và giá của cá tra thấp hơn nhiều so với các loài cá da trơn khác và cá nước ngọt trên thị trường tiêu thụ. Nhiều nghiên cứu trên các loại cá khác nhau đã chỉ ra rằng khi cá được cho ăn một loại thức ăn trong một thời gian dài thì axit béo thành phần của lipid trong cơ thể cá sẽ tương tự thành phần các axit béo trong lipid của thức ăn (Ruyter và cs., 2000). Nghiên cứu trên cá trắm cỏ bột (*Galaxias maculatus*) nhận thấy rằng hàm lượng HUFA từ thức ăn có thể ảnh hưởng tới tích lũy HUFA trong cơ thể cá, đồng thời ảnh hưởng tới tỷ lệ sống và sự tăng trưởng của cá (Dantagnan và cs., 2013). Phụ phẩm từ chế biến cá tra chiếm tới hơn 60 - 70%

sinh khối cá, trong đó có gan cá. Gan là nội tạng quan trọng giúp chuyển hóa lipid (Shirai và cs., 2001) và nhạy cảm với những thay đổi trong thành phần axit béo của chế độ ăn uống (Sun và cs., 2011). Bên cạnh đó, gan là cơ quan trung gian chuyển tiếp nguồn axit béo sang trứng; giúp cung cấp nguồn năng lượng và dinh dưỡng trong quá trình thành thực (Phạm Xuân Kỳ và cs., 2012). Theo Xu và cs. (1993) cho thấy thành phần axit béo trong gan và cơ thịt tương đương với nhau và tương đương với thành phần axit béo trong thức ăn.

Tuy nhiên, cho đến nay, các thông tin về thành phần axit béo ở cá tra nói chung và gan cá nói riêng còn khá ít ỏi. Các nghiên cứu dinh dưỡng thức ăn ở nước ta hiện nay chỉ tập trung vào các nguyên liệu giàu protein và carbohydrate mà chưa quan tâm nhiều đến việc nghiên cứu sử dụng các nguyên liệu giàu chất béo. Vì vậy, nghiên cứu này tập trung đánh giá ảnh hưởng của các nguyên liệu dầu bổ sung vào thức ăn đến sự thay đổi thành phần axit béo trong gan cá tra.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm

Địa điểm bố trí thí nghiệm tại vùng nuôi Tân Khánh Trung, xã Tân Khánh Trung, huyện Lấp Vò, tỉnh Đồng Tháp thuộc Công ty Cổ phần Vĩnh Hoàn. Phân tích nguyên liệu chất béo, thức ăn và mẫu gan tại phòng thí nghiệm thuộc Trung tâm Công nghệ Thức ăn và Sau Thu hoạch Thủy sản, Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2.

2.2. Vật liệu và bố trí thí nghiệm

2.2.1. Vật liệu

Khoảng 8.640 con cá tra (30 g) từ vùng nuôi Tân Khánh Trung, xã Tân Khánh Trung, huyện Lấp Vò, tỉnh Đồng Tháp của Công ty Cổ phần Vĩnh Hoàn được chọn lựa đưa vào nuôi thí nghiệm. Các nguyên liệu

dầu: dầu cám gạo, hạt lanh, dầu cá, dầu đậu nành và thức ăn thương mại được thu nhận từ Công ty Cổ phần Thức ăn Pilmico.

2.2.2. Bố trí thí nghiệm và thức ăn

Thí nghiệm bao gồm 5 nghiệm thức thức ăn thử nghiệm và 1 nghiệm thức thương mại, 4 lần lặp lại (Bảng 1) được bố

trí trong 24 giai từ A1 đến A24, 6 m² (2 x 3 m)/giai, mật độ nuôi 360 con/giai. Cá được cho ăn thỏa mãn 2 lần/ngày kéo dài 6 tháng. Kiểm soát các thông số môi trường như pH, nhiệt độ, oxy hòa tan, tổng amonni nito (TAN). Thu mẫu gan sau 4, 5, 6 tháng nuôi đánh giá thành phần axit béo.

Bảng 1. Bố trí các giai nuôi thí nghiệm

| Nghiệm thức | Mô tả thức ăn | Ký hiệu giai nuôi |
|-------------|--------------------------|-----------------------|
| D1 | Dầu cám gạo | A01 - A10 - A19 - A24 |
| D2 | Hạt lanh | A04 - A05 - A14 - A23 |
| D3 | Dầu cá | A03 - A08 - A09 - A18 |
| D4 | Dầu đậu nành | A07 - A12 - A13 - A22 |
| D5 | Hạt lanh và dầu cá (5:4) | A02 - A11 - A16 - A17 |
| D6 | Thức ăn thương mại | A06 - A15 - A20 - A21 |

2.3. Thu mẫu

Cá sau khi bỏ đói 24 giờ sẽ được thu ngẫu nhiên với số lượng 3 kg/giai. Tiến hành mổ và thu tất cả phần gan cá. Mẫu được lưu trữ trong thùng đá và gửi ngay về phòng thí nghiệm trong 1 ngày. Mẫu gan sẽ được xay nhuyễn và bảo quản trong tủ đông.

2.4. Phương pháp nghiên cứu

2.4.1. Phương pháp phân tích axit béo

Thành phần axit béo của nguyên liệu giàu chất béo, thức ăn, gan cá tra được chiết xuất từ mẫu lipid tổng và được methyl esters dựa vào phương pháp ISO 12966-2:2011. Sử dụng máy sắc ký khí Thermo Scientific™ TRACE™ GC Ultra, đầu dò ion hóa ngọn lửa (FID) được gắn với cột TRACETM TR-FAME GC (100 m × 0,25 mm × 0,20 μm; Thermo Scientific). Chu trình nhiệt được điều chỉnh theo phương pháp chuẩn của AOAC 996.06. Các axit béo được xác định bằng cách so sánh thời gian lưu của FAME mẫu với hỗn hợp chuẩn FAME mix 37.

2.4.2. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý bằng phần mềm thống kê SPSS 20.0. Phân tích phương sai (One-Way ANOVA) và so sánh các cặp giá trị trung bình bằng kiểm định Tukey (mức ý nghĩa 0,05) đối với các nghiệm thức đồng nhất về phương sai, nonparametric test

đối với các nghiệm thức không đồng nhất về phương sai. Sử dụng Two-Way ANOVA phân tích tương tác giữa các nghiệm thức và thời gian nuôi.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần axit béo của nguyên liệu và thức ăn thí nghiệm

Thành phần axit béo trong nguyên liệu giàu chất béo sử dụng trong thí nghiệm được trình bày ở Bảng 2. Trong nhóm các axit béo không no một và nhiều nối đôi, oleic axit (OA) và linoleic axit (LA) chiếm tỉ lệ cao nhất, phù hợp nghiên cứu của Lê Thanh Phương và cs. (2015). OA cao nhất dầu cám gạo (41,01%). Dầu cá là nguyên liệu giàu arachidonic axit (ARA), eicosapentaenoic axit (EPA) và docosahexaenoic axit (DHA) và không phát hiện ở các nhóm dầu còn lại. Lê Thanh Phương và cs. (2003) đã cho thấy dầu động vật chứa hàm lượng EPA và DHA cao và cũng không phát hiện ở các loại dầu thực vật. Trong khi đó, hạt lanh được phát hiện có chứa hàm lượng α-linolenic axit (ALA) cao (21,85%). Tuy nhiên, hàm lượng ALA của dầu hạt lanh trong nghiên cứu này thấp hơn so với các nghiên cứu trước đó (Hammond, 2003; Bayrak và cs., 2010). Dầu đậu nành có LA cao nhất (54,74%). Kết quả tương tự với báo cáo của Hammond

(2003) về hàm lượng LA trong dầu đậu nành. Tổng PUFA có hàm lượng cao nhất

trong dầu đậu nành trong khi HUFA và n-3 HUFA cao nhất ở dầu cá.

Bảng 2. Thành phần axit béo chính trong các nguyên liệu dầu (%/ Σ axit béo)

| Axit béo | | RBO | LS | FO | SBO |
|---------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| C16:0 | Palmitic axit | 19,41 | 2,80 | 19,27 | 10,47 |
| C18:0 | Stearic axit | 1,91 | 1,89 | 3,58 | 3,91 |
| Σ SFA | | 23,63 | 4,92 | 34,37 | 15,38 |
| C18:1n9c | Oleic axit | 41,01 | 9,33 | 11,14 | 22,06 |
| Σ MUFA | | 41,77 | 9,45 | 22,70 | 23,24 |
| C18:2n6c | Linoleic axit | 32,50 | 6,76 | 3,24 | 54,74 |
| C18:3n3 | α -Linolenic axit | 1,46 | 21,85 | 1,31 | 5,85 |
| C20:4n6 | Arachidonic axit | - | - | 1,83 | - |
| C20:5n3 | Eicosapentaenoic axit | - | - | 16,93 | - |
| C22:6n3 | Docosahexaenoic axit | - | - | 7,27 | - |
| Σ PUFA | | 34,02 | 28,61 | 33,66 | 60,64 |
| Σ HUFA | | - | - | 26,35 | - |
| n-3HUFA | | - | - | 24,52 | - |
| n-3 | | 1,46 | 21,85 | 25,83 | 5,85 |
| n-6 | | 32,56 | 6,76 | 7,21 | 54,79 |
| n-3/n-6 | | 0,04 | 3,23 | 3,58 | 0,11 |

(-): không phát hiện; RBO: Dầu cám gạo; LS: Hạt lanh; FO: Dầu cá; SBO: Dầu đậu nành; SFA: Axit béo bão hòa; MUFA: Axit béo không bão hòa đơn; PUFA: Axit béo không bão hòa đa; HUFA: Axit béo không bão hòa cao; n-3: tổng omega-3; n-6: tổng omega-6

Thành phần axit béo trong thức ăn cá tra sử dụng trong nghiên cứu này được thể hiện ở Bảng 3. Thành phần các axit béo của nguyên liệu khá tương đồng với thành phần axit béo trong thức ăn bổ sung chúng, trong đó phải kể đến sự tương đồng về cả các axit béo thiết yếu, no và không no. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Asdasi và cs. (2011) khi bổ sung nguyên liệu dầu vào thức ăn cá Tra. OA cao nhất D1 (42,31%). LA cao nhất là D4 (41,57%). ALA của nghiệm thức D2 cao nhất (13,03%). EPA và DHA cao lần lượt ở D5(2,59%) và D3 (5,31%). Tổng axit béo bão hòa (SFA) của các nghiệm thức thức ăn dao động từ 24,48 - 38,58%. Trong đó, thức ăn thương mại có tổng hàm lượng SFA cao nhất và thức ăn D4 thấp nhất. Ngược lại, thức ăn thương mại chứa hàm

lượng PUFA thấp nhất (21,12%) và thức ăn D4 chứa hàm lượng PUFA cao nhất, chiếm 46,49%. Tuy nhiên, thức ăn D4 lại chứa hàm lượng HUFA thấp nhất (0,74%), thức ăn D3 chứa hàm HUFA cao nhất (9,20%). Tổng omega-3 (n-3) và omega-6 (n-6) trong các nghiệm thức thức ăn dao động theo thứ tự là 6,03 - 16,04% và 15,09 - 41,57%. Thức ăn D2 có tổng hàm lượng n-3 cao nhất, trong khi thức ăn D4 có tổng hàm lượng n-6 cao nhất. Tỷ lệ n-3/n-6 dao động 0,12-1,05. Theo nghiên cứu của Asdasi và cs. (2011) còn cho rằng tỉ lệ n-3/n-6 trong thức ăn càng giảm thì tốc độ tăng trưởng của cá càng cao. Điều này có vai trò rất quan trọng ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của cá, đồng thời nếu hàm lượng n-3 vượt quá mức cho phép sẽ làm giảm sự phát triển của cá.

Bảng 3. Thành phần axit béo chính trong thức ăn cá tra (%/ Σ axit béo)

| Axit béo | | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|---------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lipid | | 8,93 | 8,81 | 8,72 | 8,67 | 8,75 | 5,10 |
| C16:0 | Palmitic axit | 22,61 | 26,78 | 20,28 | 18,57 | 22,26 | 31,25 |
| C18:0 | Stearic axit | 4,43 | 4,22 | 6,13 | 5,41 | 8,36 | 6,90 |
| Σ SFA | | 27,97 | 31,85 | 27,00 | 24,48 | 31,45 | 38,58 |
| C18:1n9c | Oleic axit | 42,31 | 35,46 | 38,21 | 27,68 | 39,93 | 38,36 |
| Σ MUFA | | 44,06 | 35,95 | 42,45 | 29,03 | 43,23 | 40,30 |
| C18:2n6c | Linoleic axit | 21,79 | 16,16 | 16,27 | 41,57 | 12,37 | 15,09 |
| C18:3n3 | α -Linolenic axit | 3,50 | 13,03 | 5,07 | 4,18 | 6,83 | 3,45 |
| C20:5n3 | Arachidonic axit | 0,93 | 1,09 | 3,89 | 0,12 | 2,59 | 0,86 |
| C22:6n3 | Eicosapentaenoic axit | 1,75 | 1,93 | 5,31 | 0,62 | 3,53 | 1,72 |
| Σ PUFA | | 27,97 | 32,21 | 30,54 | 46,49 | 25,32 | 21,12 |
| Σ HUFA | | 2,68 | 3,02 | 9,20 | 0,74 | 6,12 | 2,59 |
| n-3 | | 6,18 | 16,04 | 14,27 | 4,92 | 12,96 | 6,03 |
| n-6 | | 21,79 | 16,16 | 16,27 | 41,57 | 12,37 | 15,09 |
| n-3/n-6 | | 0,28 | 0,99 | 0,88 | 0,12 | 1,05 | 0,40 |

(-): Không phát hiện; SFA: Axit béo bão hòa; MUFA: Axit béo không bão hòa đơn; PUFA: Axit béo không bão hòa đa; HUFA: Axit béo không bão hòa cao; n-3: tổng omega-3; n-6: tổng omega-6; D1: dầu cám gạo; D2: Hạt lanh; D3: Dầu cá; D4: Dầu đậu nành; D5: Hạt lanh và dầu cá; D6: Thức ăn thương mại.

Các nghiên cứu tập trung vào việc sử dụng các nguyên liệu giàu chất béo trong thức ăn thủy sản đang được thực hiện trong những năm qua. Theo Manning và cs. (2006) đã nghiên cứu sử dụng thức ăn bổ sung dầu bắp và dầu cá mòi cho cá nheo Mỹ. Năm 2007, Yildirim- Aksoy và cs. đã sử dụng dầu cá mòi trong thức ăn cho cá nheo và nhận thấy hàm lượng axit béo n-3 trong fillet cao nhất ở thức ăn bổ sung 9% dầu cá. Nguyễn Văn Nguyễn và cs. (2011) đã nghiên cứu sử dụng một số nguồn nguyên liệu như dầu cá, dầu nành, dầu cám gạo trong thức ăn nuôi cá tra cho thấy khi cân bằng nhu cầu các axit béo thiết yếu giúp

cá tra tăng trưởng tốt. Dầu cá thường được sử dụng trong thức ăn nuôi trồng thủy sản vì hàm lượng n-3 PUFA cao, đặc biệt là EPA và DHA (Al-Souti và cs., 2012; Li và cs., 2016). Ngoài ra, hiện nay có rất nhiều các nghiên cứu thay thế dầu cá bằng các loại dầu khác có nguồn gốc thực vật. Theo Zheng và cs. (2004) đã nghiên cứu ảnh hưởng của các dầu thực vật như dầu lanh thay thế cho dầu cá ở mức độ phù hợp đến quá trình tổng hợp axit béo không bão hòa trong gan cá hồi. Năm 2016, Li và cs. đã nghiên cứu thay thế dầu đậu nành trong thức ăn cá tráp giúp tăng trọng lượng cá và tỷ lệ LA, EPA, n-6 trong gan.

3.2. Đánh giá ảnh hưởng các nguyên liệu giàu chất béo đến thành phần axit

béo gan cá tra ở các giai đoạn phát triển

Bảng 4. Thành phần axit béo của gan cá tra sử dụng thức ăn thí nghiệm sau 4 tháng¹ (%/ Σ axit béo)

| Axit béo | | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| C16:0 | Palmitic axit | 26,83 ^{abc} | 27,89 ^{bc} | 26,19 ^{ab} | 27,31 ^{abc} | 25,42 ^a | 28,69 ^c |
| C18:0 | Stearic axit | 10,80 ^a | 11,10 ^{ab} | 11,77 ^b | 11,68 ^b | 11,66 ^b | 10,60 ^a |
| Σ SFA | | 40,87 ^a | 42,35 ^a | 41,24 ^a | 42,21 ^a | 40,53 ^a | 42,77 ^a |
| C18:1n9c | Oleic axit | 33,31 ^{bc} | 32,15 ^{ab} | 33,16 ^{bc} | 31,25 ^a | 33,53 ^{bc} | 34,12 ^c |
| Σ MUFA | | 35,91 ^{bc} | 34,77 ^{ab} | 35,83 ^{bc} | 33,85 ^a | 36,12 ^{bc} | 36,78 ^c |
| C18:2n6c | Linoleic axit | 5,86 ^c | 4,95 ^{ab} | 4,51 ^a | 5,91 ^c | 4,78 ^a | 5,47 ^{bc} |
| C20:4n6 | Arachidonic axit | 4,68 ^c | 2,66 ^a | 3,55 ^b | 4,11 ^{bc} | 3,64 ^b | 5,31 ^d |
| Σ n-6 | | 14,04 ^{cd} | 9,91 ^a | 10,89 ^{ab} | 13,30 ^c | 11,36 ^b | 14,72 ^d |
| C18:3n3 | α -Linolenic axit | 1,14 ^b | 2,82 ^e | 1,34 ^c | 1,07 ^b | 1,77 ^d | 0,89 ^a |
| C20:5n3 | Eicosapentaenoic axit | 0,65 ^b | 1,07 ^c | 1,14 ^c | 1,03 ^c | 1,19 ^c | 0,09 ^a |
| C22:6n3 | Docosahexaenoic axit | 7,30 ^b | 8,70 ^c | 9,36 ^c | 8,46 ^c | 8,82 ^c | 4,66 ^a |
| Σ n-3 | | 9,18 ^b | 12,97 ^d | 12,04 ^d | 10,65 ^c | 12,00 ^d | 5,73 ^a |
| Σ PUFA | | 23,22 ^b | 22,88 ^b | 22,93 ^b | 23,95 ^b | 23,35 ^b | 20,45 ^a |
| Σ HUFA | | 14,84 ^b | 14,09 ^a | 15,85 ^b | 15,60 ^b | 15,52 ^b | 12,39 ^a |
| Σ n-3HUFA | | 8,05 ^b | 10,16 ^c | 10,69 ^c | 9,58 ^c | 10,22 ^c | 4,83 ^a |
| n-3/n-6 | | 0,65 ^b | 1,31 ^e | 1,10 ^d | 0,80 ^c | 1,06 ^d | 0,39 ^a |

¹Giá trị của 4 lần lặp lại trên một nghiệm thức.

^{a, b, c, d, e}: Các giá trị trung bình có các chữ cái trên đầu khác nhau là sai khác có ý nghĩa $p < 0,05$

SFA: Axit béo bão hòa; MUFA: Axit béo không bão hòa đơn; PUFA: Axit béo không bão hòa đa;

HUFA: Axit béo không bão hòa cao; n-3: tổng omega-3; n-6: tổng omega-;

D1: dầu cám gạo; D2: Hạt lanh; D3: Dầu cá; D4: Dầu đậu nành; D5: Hạt lanh và dầu cá;

D6: Thức ăn thương mại.

Thành phần axit béo của gan cá tra tại các nghiệm thức thức ăn khác nhau sau 4, 5 và 6 tháng nuôi được thể hiện ở các Bảng 4, 5, 6. Đối với mẫu gan sau 4 tháng cho ăn với các nghiệm thức thức ăn khác nhau ta thấy sự chênh lệch giữa các nghiệm thức là không đáng kể. Chủ yếu là palmitic axit, stearic axit, oleic axit, LA, tổng SFA, axit béo không bão hòa đơn (MUFA), PUFA. ALA cao ở D2 (2,82%) và D5 (1,77%) và cao hơn rất nhiều so với các nghiệm thức còn lại. ARA cao nhất D6 (5,31%), D2

(2,66%) thấp nhất. EPA cao nhất D3 và D5 (1,14%, 1,19%), thấp nhất D6 (0,09%). DHA ở D3 (9,36%), D5 (8,82%) có giá trị cao tương đương nhau, thấp nhất D6 (4,66%). Tổng n-3 cao lần lượt tại nghiệm thức D2 (12,97%) và D6 (5,72%). Tổng n-6 cao ở D6 (14,72%), D1 (14,04%). HUFA cao ở D3 (15,85%), D4 (15,60%). Tuy nhiên, n-3 HUFA cao ở D3 (10,69%) và D5 (10,22%), các nghiệm thức còn lại có sự khác biệt không đáng kể. Tỷ lệ n-3/n-6 cao nhất D2 (1,31%), thấp nhất D6 (0,39%).

Bảng 5. Thành phần axit béo của gan cá tra sử dụng thức ăn thí nghiệm sau 5 tháng¹ (%/∑axit béo)

| Axit béo | | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|----------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| C16:0 | Palmitic axit | 26,13 ^b | 26,01 ^b | 25,66 ^{ab} | 25,82 ^{ab} | 24,09 ^a | 27,41 ^b |
| C18:0 | Stearic axit | 10,59 ^a | 10,28 ^a | 10,70 ^a | 10,54 ^a | 11,42 ^b | 10,22 ^a |
| ∑SFA | | 40,51 ^{ab} | 40,31 ^{ab} | 40,03 ^{ab} | 39,59 ^{ab} | 38,75 ^a | 41,41 ^b |
| C18:1n9c | Oleic axit | 34,32 ^b | 34,40 ^b | 34,22 ^b | 32,07 ^a | 34,23 ^b | 34,37 ^b |
| ∑MUFA | | 36,93 ^b | 36,96 ^b | 36,90 ^b | 34,63 ^a | 36,67 ^b | 37,02 ^b |
| C18:2n6c | Linoleic axit | 5,51 ^b | 4,14 ^a | 5,04 ^b | 6,95 ^c | 4,77 ^{ab} | 6,49 ^c |
| C20:4n6 | Arachidonic axit | 4,04 ^b | 2,93 ^a | 3,49 ^b | 4,84 ^c | 3,57 ^b | 5,99 ^d |
| ∑n-6 | | 12,76 ^c | 9,24 ^a | 11,26 ^b | 15,46 ^d | 11,14 ^b | 16,86 ^e |
| C18:3n3 | α-Linolenic axit | 0,79 ^a | 2,73 ^d | 1,39 ^b | 0,79 ^a | 1,97 ^c | 0,86 ^a |
| C20:5n3 | Eicosapentaenoic axit | 0,86 ^b | 1,92 ^d | 1,17 ^c | 0,95 ^b | 1,82 ^d | 0,10 ^a |
| C22:6n3 | Docosahexaenoic axit | 8,06 ^b | 8,43 ^{bc} | 9,12 ^c | 8,48 ^{bc} | 9,38 ^c | 3,69 ^a |
| ∑n-3 | | 9,80 ^b | 13,49 ^d | 11,81 ^c | 10,32 ^b | 13,44 ^d | 4,71 ^a |
| ∑PUFA | | 22,56 ^{ab} | 22,73 ^{ab} | 23,07 ^{bc} | 25,78 ^c | 24,57 ^{bc} | 21,57 ^a |
| ∑HUFA | | 14,89 ^b | 14,90 ^b | 15,49 ^{bc} | 16,49 ^c | 16,62 ^c | 12,54 ^a |
| ∑n-3HUFA | | 9,01 ^b | 10,77 ^{de} | 10,42 ^{cd} | 9,52 ^{bc} | 11,47 ^e | 3,86 ^a |
| n-3/n-6 | | 0,77 ^c | 1,46 ^f | 1,05 ^d | 0,67 ^b | 1,21 ^e | 0,28 ^a |

¹Giá trị của 4 lần lặp lại trên một nghiệm thức;

a, b, c, d, e: Các giá trị trung bình có các chữ cái trên đầu khác nhau là sai khác có ý nghĩa p < 0,05;

SFA: Axit béo bão hòa; MUFA: Axit béo không bão hòa đơn; PUFA: Axit béo không bão hòa đa;

HUFA: Axit béo không bão hòa cao; n-3: tổng omega-3; n-6: tổng omega-6;

D1: dầu cám gạo; D2: Hạt lanh; D3: Dầu cá; D4: Dầu đậu nành; D5: Hạt lanh và dầu cá;

D6: Thức ăn thương mại

Bảng 6. Thành phần axit béo của gan cá tra sử dụng thức ăn thí nghiệm sau 6 tháng¹ (%/∑axit béo)

| Axit béo | | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D6 |
|----------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C16:0 | Palmitic axit | 28,33 ^{ab} | 27,53 ^a | 27,94 ^{ab} | 28,08 ^{ab} | 28,63 ^{ab} | 30,96 ^b |
| C18:0 | Stearic axit | 12,02 ^{ab} | 12,10 ^{ab} | 12,13 ^{ab} | 12,97 ^b | 11,61 ^{ab} | 11,39 ^a |
| ∑SFA | | 42,96 ^a | 42,39 ^a | 42,90 ^a | 43,43 ^a | 43,25 ^a | 45,03 ^a |
| C18:1n9c | Oleic axit | 35,75 ^b | 35,38 ^{ab} | 35,75 ^b | 33,26 ^a | 35,19 ^{ab} | 34,83 ^{ab} |
| ∑MUFA | | 38,60 ^b | 38,08 ^{ab} | 38,82 ^b | 35,92 ^a | 37,74 ^{ab} | 37,46 ^{ab} |
| C18:2n6c | Linoleic axit | 5,96 ^a | 5,31 ^a | 6,12 ^a | 7,15 ^b | 5,97 ^a | 5,86 ^a |
| C20:4n6 | Arachidonic axit | 3,58 ^{ab} | 2,61 ^a | 3,00 ^a | 4,05 ^b | 2,86 ^a | 4,51 ^b |
| ∑n-6 | | 12,45 ^{bc} | 10,20 ^a | 11,88 ^{ab} | 14,67 ^d | 11,51 ^{ab} | 13,70 ^{cd} |
| C18:3n3 | α-Linolenic axit | 0,86 ^a | 3,27 ^c | 1,09 ^a | 0,96 ^a | 2,31 ^b | 0,69 ^a |
| C20:5n3 | Eicosapentaenoic axit | 0,30 ^a | 0,95 ^c | 0,61 ^b | 0,34 ^a | 0,72 ^b | 0,32 ^a |
| C22:6n3 | Docosahexaenoic axit | 4,72 ^b | 4,68 ^b | 4,51 ^b | 4,55 ^b | 4,22 ^b | 2,69 ^a |
| ∑n-3 | | 5,99 ^b | 9,33 ^b | 6,40 ^b | 5,98 ^b | 7,50 ^b | 3,81 ^a |
| ∑PUFA | | 18,44 ^{ab} | 19,53 ^{ab} | 18,28 ^{ab} | 20,65 ^b | 19,02 ^{ab} | 17,51 ^a |
| ∑HUFA | | 10,44 ^a | 9,98 ^a | 9,83 ^a | 11,14 ^a | 9,59 ^a | 9,70 ^a |
| ∑n-3HUFA | | 5,13 ^b | 6,05 ^b | 5,30 ^b | 5,02 ^b | 5,19 ^b | 3,12 ^a |
| n-3/n-6 | | 0,48 ^{bc} | 0,91 ^e | 0,54 ^c | 0,41 ^b | 0,65 ^d | 0,28 ^a |

¹Giá trị của 4 lần lặp lại trên một nghiệm thức;

a, b, c, d, e: Các giá trị trung bình có các chữ cái trên đầu khác nhau là sai khác có ý nghĩa p < 0,05;

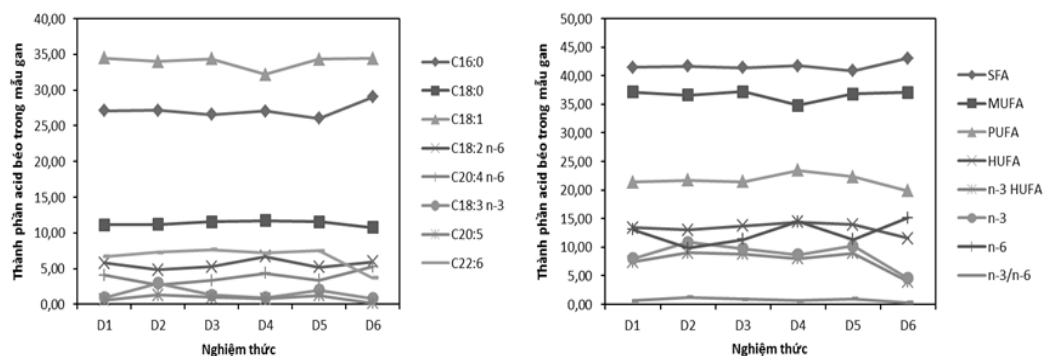
SFA: Axit béo bão hòa; MUFA: Axit béo không bão hòa đơn; PUFA: Axit béo không bão hòa đa;

HUFA: Axit béo không bão hòa cao; n-3: tổng omega-3; n-6: tổng omega-6;

D1: dầu cám gạo; D2: Hạt lanh; D3: Dầu cá; D4: Dầu đậu nành; D5: Hạt lanh và dầu cá; D6: Thức ăn thương mại.

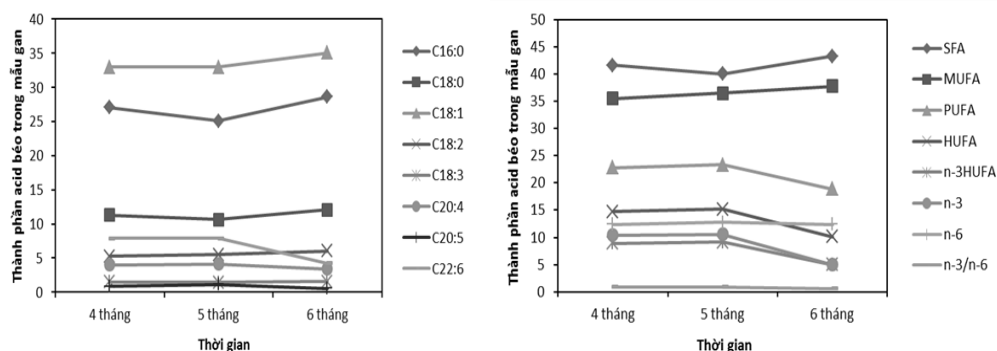
Đối với mẫu gan sau 5 và 6 tháng nuôi thì hàm lượng các axit béo chính, đặc biệt là hàm lượng HUFA, n-3HUFA, tổng

n-3 và n-6 có xu hướng tương tự nhau và tương tự mẫu sau 4 tháng, ngoài trừ một số khác biệt nhưng không đáng kể.



Hình 1. Thành phần axit béo trong mẫu gan cá tra ăn thức ăn thí nghiệm trong 6 tháng. Giá trị của các loại axit béo chính trong mẫu gan được cho ăn các nghiệm thức khác nhau trong các khoảng thời gian khác nhau được thể hiện ở Hình 1. Sau 6 tháng nuôi, palmitic axit, stearic axit, OA, LA, SFA, MUFA, PUFA cao nhất lần lượt D6 (29,02%), D4 (11,73%), D1 (34,46%), D4 (6,67%), D6 (43,07%), D3 (37,19%), D4 (23,46%). ALA cao ở D2 (2,92%) và D5 (2,06%). ARA của D6 (5,27%) và D4 (4,33%) cao nhất. EPA cao tại nghiệm thức

D2 (1,32%) và D5 (1,25%). DHA cao nhất ở D3 (7,66%); D2 (7,27%) và D5 (7,47%) có hàm lượng cao tương đương D3. HUFA của D4 (14,41%) cao nhất, D3 và D5 có hàm lượng tương đương nhau (13,72% và 13,91%). n-3HUFA cao ở nghiệm thức D2 và D5 (8,99%; 8,96%). HUFA và n-3 HUFA đều thấp nhất nghiệm thương mại. Tổng n-3 cao nhất D2 (10,84%), n-6 cao nhất tại D4 (14,48%). Tỷ lệ n-3/n-6 cao nhất D2 (1,23%), thấp nhất ở D6 (0,31%).



Hình 2. Thành phần axit béo trong mẫu gan cá tra sau thời gian ăn thức ăn thí nghiệm. Ảnh hưởng thời gian cho ăn đến thành phần axit béo trong mẫu gan cá được thể hiện ở Hình 3. Trong đó, LA, MUFA tăng từ 4 - 6 tháng. ARA, PUFA, HUFA, n-3 HUFA, n-3, n-6, tỉ lệ n-3/n-6 tăng từ 4 - 5 tháng, sau đó giảm sau 6 tháng. Ngược lại, palmitic axit, stearic axit, OA, ALA, SFA giảm từ 4 - 5 tháng và tiếp tục tăng sau 6 tháng.

Thành phần axit béo trong gan trong thí nghiệm phản ánh thành phần axit béo

trong các nghiệm thức thức ăn. Theo Blaxter, 1989 hệ số chuyển đổi nguồn chất béo thức ăn sang chất béo cơ thể chiếm khoảng 96%, do đó mục tiêu tăng hàm lượng chất béo cơ thể cá có hiệu quả cao nhất đi từ nguồn nguyên liệu giàu chất béo. Nhiều nghiên cứu trên các loại cá khác nhau đã chỉ ra rằng khi cá được cho ăn một loại thức ăn trong một thời gian dài thì axit béo thành phần của lipid trong cơ thể cá được sao chép giống như axit béo thành phần

trong lipid của thức ăn (Xu và cs., 1993; Ruyter và cs., 2000a; Sun và cs., 2011). Đặc biệt, cá ăn nghiệm thức bổ sung dầu thực vật tích lũy nhiều axit béo chuỗi dài (n-6) hoặc (n-3) PUFA trong gan (Xu và cs., 1993). Mẫu gan ở nghiệm thức D4 (dầu đậu nành) giàu LA dẫn đến hàm lượng ARA cũng như tổng hàm lượng n-6 cao hơn so với nghiệm thức khác. Tương tự nghiên cứu của Li và cs. (2016) cho thấy khi tăng hàm lượng dầu đậu nành với tỉ lệ thích hợp dẫn đến tăng hàm lượng LA, ARA, n-6 PUFA; giúp cải thiện tốc độ tăng trưởng, sự tích lũy lipid và các biểu hiện gen liên quan đến chuyển hóa lipid ở gan của cá tráp *M. amblycephala*. Đối với nghiệm thức D2 và D5 (hạt lanh) giàu ALA nên hàm lượng EPA, DHA và tổng n-3 cao tương đương nghiệm thức dầu cá. Nhiều nguyên cứu đã chứng minh rằng chế độ ăn chứa dầu hạt lanh, giàu ALA có thể làm tăng hàm lượng EPA và DHA của phi lê cá rô phi (Justi và cs., 2003; Al-Souti và cs., 2012). Điều đó chứng minh cá tra có khả năng tự tổng hợp các axit béo mạch dài hoặc axit béo không no có nhiều nối đôi như ARA, EPA, DHA từ những axit béo có mạch cacbon ngắn (Xu và cs., 1993; Al-Souti và cs., 2012; Li và cs., 2016). Tuy nhiên, mức độ tăng hàm lượng ARA, EPA và DHA trong chế độ ăn dầu thực vật không chênh lệch nhiều so với việc giữ lại từ chế độ ăn có dầu cá. Dầu cá chứa hàm lượng cao các axit béo thiết yếu như EPA và DHA cần thiết cho tăng trưởng và phát triển tối ưu (Sun và cs., 2011). Tương tự nghiên cứu của Sowizral và cs. (1990) cho thấy không có sự gia tăng mức EPA và DHA trong cơ và gan của cá hồi vân được cho ăn chế độ ăn sự gia tăng mức độ C18:3n3 trong dầu lanh. Bổ sung dầu cá làm tăng đáng kể ALA, EPA, DHA và tổng n-3 PUFA của gan so với bổ sung dầu đậu nành (Li và cs., 2016).

Một trong những axit béo có giá trị được quan tâm nhất ở cá là hàm lượng HUFA. Theo nghiên cứu trên cá trắm cỏ bột cho thấy rằng hàm lượng HUFA từ thức ăn có thể ảnh hưởng tới tích lũy HUFA trong thịt, đồng thời ảnh hưởng tới tỷ lệ sống và sự tăng trưởng của cá (Dantagnan và cs., 2013). Kết quả cho thấy hàm lượng HUFA cao nhất ở nghiệm thức bổ sung dầu đậu nành, n-3 HUFA cao nghiệm thức sung hạt lanh. Điều này có thể giải thích do cơ chế tổng hợp axit béo mạch dài từ axit béo mạch ngắn của cá tra. Bên cạnh đó, hàm lượng HUFA và n-3 HUFA cao đồng đều nhất ở 2 nghiệm thức D3 và D5 bổ sung dầu cá. Tuy nhiên, HUFA và n-3 HUFA đều không có sự chênh lệch nhiều giữa các nghiệm thức trừ nghiệm thức thương mại. Cho thấy có thể thay thế dầu cá bằng các loại thực vật đều cho kết quả tương đương nhau. Điều này có thể giúp cải thiện công thức thức ăn thủy sản theo hướng giảm sử dụng dầu cá mà vẫn mang đến hiệu quả tăng trưởng và phát triển tương đương (Zheng và cs., 2004; Li và cs., 2016).

Tỉ lệ n-3/n-6 trong khoảng từ 0,31-1,23. Sự khác biệt về tỉ lệ n-3 và n-6 trong thức ăn sẽ ảnh hưởng đến tỉ lệ của n-3 và n-6 trong cơ thể cá (Nguyễn Văn Nguyễn và Nguyễn Ngọc Trâm Anh, 2013). Tỉ lệ này thấp hơn so với nghiên cứu của Asdasi và cs. (2011) đối với thành phần lipid trong cơ thịt cá tra giống (10 g) với tỉ lệ n-3/n-6 từ 0,3 - 0,7 và nghiên cứu của Mohamed và cs. (2011) với một số loài cá nước ngọt sông Nile với tỉ lệ n-3/n6 từ 0,9 - 3,6; nhưng cao hơn so với nghiên cứu Jabeen và cs. (2011) so với một số loài cá nước ngọt như cá chép (*Cyprinus carpio*), trôi Ấn (*Labeo rohita*) và rô phi (*Oreochromis mossambicus*) với tỉ lệ n-3/n-6 từ 0,23 - 0,27.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Thành phần các axit béo thiết yếu trong gan cá tra ở các giai đoạn nuôi khác nhau có xu hướng thay đổi tương tự nhau sau sáu tháng nuôi và phản ánh sự tương quan với thành phần axit béo trong thức ăn thí nghiệm. Trong cùng tháng nuôi, nghiệm thức bổ sung dầu đậu nành giàu hàm lượng LA và ARA. Nghiệm thức bổ sung hạt lanh và dầu cá giàu ALA, EPA và DHA. HUFA chiếm hàm lượng cao ở nghiệm thức dầu đậu nành, các nghiệm thức bổ sung dầu cá có hàm lượng HUFA tương đương nhau. Hàm lượng n-3 HUFA cao nhất ở nghiệm thức chứa hạt lanh và dầu cá. Các axit béo quan trọng (HUFA, n-3HUFA, n-3, n-6) đều tăng từ 4 - 5 tháng và giảm sau 6 tháng nuôi.

Bổ sung các nguyên liệu dầu với tỷ lệ thích hợp trong thức ăn thủy sản giúp tăng sự tích lũy các axit béo thiết yếu đặc biệt là HUFA trong gan. Đồng thời, việc thay thế dầu cá bằng dầu thực vật như dầu đậu nành, hạt lanh đều cho kết quả tương tự.

4.2. Kiến nghị

Nghiên cứu thêm việc bổ sung các loại dầu thực vật khác và thời gian nuôi nhiều hơn đánh giá rõ hơn ở các giai đoạn sinh trưởng khác nhau của cá tra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Nguyễn Văn Nguyễn, Phạm Duy Hải, Nguyễn Thành Trung và Trần Văn Khanh. (2011). Nghiên cứu tiêu hóa invitro protein của cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) đối với một số nguyên liệu và thức ăn. *Tuyển tập nghề cá Sông Cửu Long*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 621-627.
- Nguyễn Văn Nguyễn và Nguyễn Ngọc Trâm Anh. (2013). Đặc điểm lipid và acid béo của cá tra giống (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 51(6), 719-728.
- Lê Thanh Phương, Lưu Hữu Mạnh và Nguyễn Nhựt Xuân Dung. (2015). Xác định thành

phần acid béo của một số loại dầu mỡ dùng trong chăn nuôi gia súc gia cầm. *Kỹ yếu Hội nghị Khoa học Chăn nuôi Thú y toàn quốc*, 224-231.

Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam. (26/08/2019). Tổng quan ngành cá Tra. Khai thác từ <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/tong-quan-nganh-ca-tra>.

Phạm Xuân Kỳ, Đào Việt Hà, Lê Trọng Dũng và Trần Minh Huệ. (2012). Thay đổi hàm lượng acid và tỷ lệ acid béo trong cơ, gan và trứng của cá Chêm *Lates Calcarifer* (Bloch, 2970) theo giai đoạn thành thực. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 12(2), 47-63.

2. Tài liệu tiếng nước ngoài

- Asdari, R., Aliyu-Paiko, M., Hashim, R., & Ramachandran, S. (2011). Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage, 1878) juvenile on growth performance, nutrient utilization, body indices and muscle and liver fatty composition. *Aquaculture Nutrition*, 17(1), 44-53.
- Al-Souti, A., Al-Sabahi, J., Soussi, B., & Goddard, S. (2012). The effects of fish oil-enriched diets on growth, feed conversion and fatty acid content of red hybrid tilapia, *Oreochromis sp.* *Food Chemistry*, 133(3), 723-727.
- Blaxter, K. (1989). Energy metabolism in animals and man. CUP Archive
- Bayrak, A., Kiralan, M., Ipek, A., Arslan, N., Cosge, B., & Khawar, K. M. (2010). Fatty acid compositions of linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes of different origin cultivated in Turkey. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(2), 1836-1842.
- Dantagnan, P., Bórquez, A., Pavez, C., & Hernández, A. (2013). Feeding ω -3 PUFA enriched rotifers to *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) larvae reared at different salinity conditions: effects on growth parameters, survival and fatty acids profile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3), 404-411.
- Hammond, E. W. (2003). Vegetable oils, Composition and Analysis.
- Ho, B. T., & Paul, D. R. (2009). Fatty acid profile of Tra Catfish (*Pangasius hypophthalmus*) compared to Atlantic Salmon (*Salmo solar*) and Asian Seabass

- (*Lates calcarifer*). *International Food Research Journal*, 16(4), 501-506.
- Jabeen, F., & Chaudhry, A. S. (2011). Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, 125(3), 991-996.
- Justi, K. C., Hayashi, C., Visentainer, J. V., de Souza, N. E., & Matsushita, M. (2003). The influence of feed supply on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, 80(4), 489-493.
- Li, Y., Liang, X., Zhang, Y., & Gao, J. (2016). Effects of different dietary soybean oil levels on growth, lipid deposition, tissues fatty acid composition and hepatic lipid metabolism related gene expressions in blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*) juvenile. *Aquaculture*, 451, 16-23.
- Manning, B. B., Li, M. H., Robinson, E. H., & Peterson, B. C. (2006) Enrichment of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fillets with conjugated linoleic acid and omega-3 fatty acids by dietary manipulation. *Aquaculture*, 261(1), 337-342.
- Mohamed, E. H. A., & Al-Sabahi, G. N. (2011). Fatty acids content and profile of common commercial Nile fishes in Sudan, *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(6), 98-103.
- Ruyter, B., Røsjø, C., Einen, O., & Thomassen, M. S. (2000). Essential fatty acids in Atlantic salmon: time course of changes in fatty acid composition of liver, blood and carcass induced by a diet deficient in n-3 and n-6 fatty acids. *Aquaculture Nutrition*, 6(2), 109-117.
- Shirai, N., Suzuki, H., Toukairin, S., & Wada, S. (2001). Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 129(1), 185-195.
- Sowizral, K. C., Rumsey, G. L., & Kinsella, J. E. (1990). Effect of dietary a-linolenic acid on (n-3) fatty acids of rainbow trout lipids. *Lipids*, 25(5), 246-253.
- Sun, S., Ye, J., Chen, J., Wang, Y., & Chen, L. (2011). Effect of dietary fish oil replacement by rapeseed oil on the growth, fatty acid composition and serum non-specific immunity response of fingerling black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Aquaculture Nutrition*, 17(4), 441-450.
- Xu, R., Hung, S. S., & German, J. B. (1993). White sturgeon tissue fatty acid compositions are affected by dietary lipids. *The Journal of nutrition*, 123(10), 1685-1692.
- Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R., Lim, C., & Klesius, P.H. (2007). Growth Performance and Proximate and Fatty Acid Compositions of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, Fed for Different Duration with a Commercial Diet Supplemented with Various Levels of Menhaden Fish Oil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(4), 461-474.
- Zheng, X., Tocher, D. R., Dickson, C. A., Bell, J. G., & Teale, A. J. (2004). Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 236(1-4), 467-483.