

ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI BIO-FLOC DẠNG ƯỚT VÀ KHÔ ĐẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC, TĂNG TRƯỞNG, HUYẾT HỌC VÀ SINH HÓA MÁU CỦA CÁ TRÊ ĐEN (*Clarias fuscus*)

TRẦN THỊ PHƯƠNG NHUNG

Viện Công nghệ sinh học và thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh
tranthiphuongnhung@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v68i02.5071>

Tóm tắt: Bio-floc (BFT) là khối kết dính của các loại vi khuẩn, tảo, động vật nguyên sinh, mảnh vỡ phân tử hữu cơ và sinh vật khác... Hạt floc rất giàu protein, lipid, vitamin và khoáng chất. Cá trê đen (*Clarias fuscus*) là loài cá có giá trị kinh tế và có thể sử dụng làm thuốc. Thịt cá có vị ngọt, thơm, không độc, có tác dụng bổ huyết, giảm đau, ích khí... Tác động của sinh khối BFT ướt và khô đối với cá trê đen đã được đánh giá trong nghiên cứu này. BFT được sản xuất trong hai bể tròn composit 1000L có bổ sung mật đường hàng ngày để điều chỉnh tỷ lệ C: N trong nước ở mức 15: 1. Sau khi thu nhận, BFT được bổ sung vào bể nuôi cá ở dạng ướt và khô. Cá trê đen được nuôi kết hợp giữa chế độ ăn nhân tạo và sinh khối BFT ướt hoặc khô, trong 8 tuần. Khi nguồn thức ăn nhân tạo giảm dần (từ 100% đến 50%) thì lượng BFT tăng theo tỷ lệ tương ứng (7 nghiệm thức). Kết quả, nồng độ nitrat, TSS, TAN... trong nước giảm mạnh ở bể nhận BFT ướt. SGR, FCR, PER, huyết học, sinh hóa máu cá ở bể nhận BFT khô kém hơn so với bể ướt. Như vậy, sử dụng sinh khối BFT ướt (50%) bổ sung vào thức ăn đã mang lại hiệu quả tích cực trong nuôi cá trê đen.

Từ khóa: Bio-floc, thức ăn nhân tạo, *Clarias fuscus*, cá trê đen

1. GIỚI THIỆU

Cá trê đen (*Clarias fuscus*) hay cá trê Hồng Kông là loài cá trê thuộc họ Clariidae [1, 2]. Cá trê đen là ứng cử viên đầy hứa hẹn trong nuôi trồng thủy sản nhờ khả năng tăng trưởng tốt, cứng cáp, chuyển đổi thức ăn hiệu quả, thành phần dinh dưỡng tuyệt vời và giá trị thị trường cao. Thịt cá chứa 16,5% protein, 11,9% lipid, 20 mg% Ca, 21 mg% P, 1 mg% Fe, 0,1 mg% vitamin B1, 0,04 mg% B2, 1,4 mg% PP và cung cấp 178 calo trong 100g thịt [3]. Cá trê đen cũng là loài cá nước ngọt rất hấp dẫn vì thịt cá có mùi vị thơm ngon, da cứng, chắc, có giá trị về mặt y học và được người tiêu dùng vô cùng ưa chuộng [4, 5]. Bản chất cá trê đen cứng rắn và chịu được các điều kiện bất lợi của môi trường đặc biệt trong môi trường có nồng độ oxy trong nước thấp, đó là điều kiện tốt để nuôi thâm canh với tỷ lệ sản xuất cao [6]. Tuy nhiên, sản lượng nuôi cá trê đen rất thấp so với các ngành nuôi tôm, cá basa, cá tra ... Tính đến năm 2020, tổng sản lượng nuôi tôm đạt 745 nghìn tấn, cá tra là 1,42 triệu tấn, trong khi đó sản lượng nuôi cá trê đen không đủ cung cấp cho nhu cầu tiêu dùng trong nước [7]. Bio-floc (BFT) là hệ thống kết tủa sinh học gồm vi sinh vật dị dưỡng (vi khuẩn tạo floc và vi khuẩn sợi), mảnh vụn, keo, polymer sinh học, tế bào chết, muối tinh thể, vi tảo (tảo sợi, tảo silic),... kết lại thành khối bông xốp, lơ lửng trong nước [8]. Công nghệ BFT dựa trên việc duy trì tỷ lệ giữa C/N làm cơ sở để thúc đẩy quá trình phân hủy dị dưỡng [9, 10]. Thành phần hóa học BFT gồm vật chất hữu cơ chiếm 60 – 70%, trong đó hàm lượng protein 35 – 50%, lipid 0,6 – 12% và tro 21 – 32%; vật chất vô cơ chiếm 30 – 40% [9]. BFT là thức ăn giàu dinh dưỡng cho tôm, cá. Đồng thời vi khuẩn trong BFT có khả năng tạo poly β – hydroxybutyrate là chất kháng các vi khuẩn gây bệnh làm giảm thiểu nguy cơ lây nhiễm bệnh [11]. BFT làm giảm chi phí thức ăn và là giải pháp để phát triển bền vững [12]. Công nghệ biofloc cải thiện năng suất sinh sản của động vật thủy sinh, tăng cường khả năng miễn dịch của ấu trùng giúp nâng cao chất lượng con giống, góp phần cải thiện sản lượng cá, tôm [13-15]. Việc áp dụng công nghệ biofloc trong các hệ thống nuôi một số loài thủy sản có thể cải thiện năng suất thực lên 8 - 43%, so với việc kiểm soát không - biofloc (truyền thống với thay nước, hệ thống nước trong hoặc hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn) [16, 17]. Mặc dù có giá trị kinh tế và được liệu cao, nhưng công nghệ nuôi cá trê đen hiện nay chưa phát triển mạnh và năng suất không cao [18]. Đồng thời hiện nay cá trê đen cũng đang bị đe dọa [19, 20] và trở nên cực kỳ nguy cấp vì chúng đang dần biến mất [21, 22] do hạn hán liên tục, sự tàn phá môi trường sống tự nhiên [21] và việc sử dụng quá nhiều thuốc trừ sâu,

ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI BIO-FLOC...

thuốc diệt cỏ, phân bón vô cơ trong các trang trại nông nghiệp [23]. Do đó, việc bổ sung sinh khối BFT vào thức ăn cho cá trê đen sẽ giúp tăng nguồn dinh dưỡng, cải thiện năng suất và chất lượng nuôi. Công nghệ BFT ứng dụng trong nuôi cá trê đen là công nghệ sinh học theo hướng mới nhằm mục đích phát triển bền vững ngành nuôi trồng thủy sản.

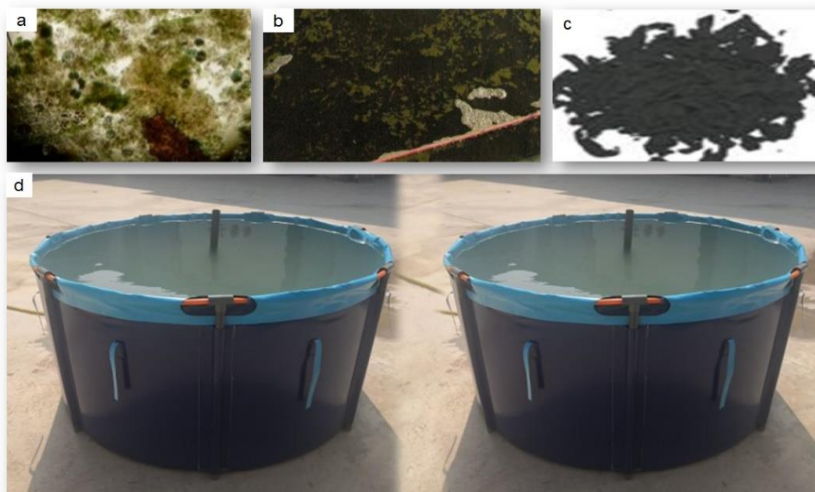
2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Sản xuất sinh khối BFT

Bố trí thí nghiệm sản xuất BFT tại công ty thủy sản Hải Hương, Cao Lãnh, Đồng Tháp. Sử dụng hai bể composite (1000L/bể) đặt ngoài trời để sản xuất BFT. Các bể BFT riêng biệt được sục khí và khuấy đảo liên tục. Mỗi bể BFT được thả 50 con cá trê đen với khối lượng là 175 ± 3.2 g. Máy bơm với tốc độ dòng chảy là 2L/h được đặt vào mỗi bể BFT riêng biệt để cung cấp nước, khuấy đảo liên tục và thu chất lượng BFT như nhau. Trong mỗi bể BFT, cá trê đen được cho ăn thức ăn viên (thức ăn viên của Navifeed lượng đậm từ 30% trở lên), lượng thức ăn khoảng 5% khối lượng/ngày. Thức ăn viên được cung cấp 4 lần/ngày vào các thời điểm 8, 11, 14 và 17 giờ [24]. Bổ sung mật đường hàng ngày vào mỗi bể BFT với tỷ lệ C:N = 15:1 theo công thức Avnimelech (1999) [9]. Trong mỗi bể BFT, đặt một phễu Imhoff hình nón để xác định nồng độ chất rắn lắng trong nước và nồng độ oxy hòa tan. Imhoff được theo dõi và thu nhận 3 lần/tuần, bắt đầu từ 3 tuần trước và sau đó tiến hành song song cùng với mô hình nuôi cá bằng thức ăn + BFT [24].

Xác định lượng sinh khối BFT ướt để cung cấp cho các bể: Mỗi ngày vào thời điểm 7 giờ sáng, thu 1.000 mL nước từ các bể BFT riêng biệt, để lắng, loại bỏ dịch nổi và thu chất rắn lắng đọng. Mẫu chất rắn được lọc qua rây 40 μ m để giữ lại sinh khối BFT ướt. Cân sinh khối ướt BFT bằng cân điện tử Entris (Đức) và tính mật độ BFT ướt (g/L) [25]. Sau đó, tính toán khối lượng sinh khối BFT ướt áp dụng cho mỗi bể nuôi dựa trên tỷ lệ cho ăn và mật độ sinh khối BFT (bảng 1) [24].

Xác định lượng sinh khối BFT khô: Một lượng sinh khối BFT ướt nhất định được sấy khô hàng tuần trong tủ sấy ở nhiệt độ tăng dần từ 60-70-80-90-100°C trong 12 giờ để thu được sinh khối BFT khô. Sau đó, sinh khối BFT khô được nghiền nhỏ bằng cối, chày, cân và trộn hàng ngày vào thức ăn nhân tạo cung cấp cho cá, theo tỷ lệ được thiết kế cho từng nghiệm thức (bảng 1) [24].



Hình 1. Sinh khối BFT dạng ướt, khô và hệ thống sản xuất BFT
a. Hình thái hạt BFT, b. Sinh khối BFT ướt, c. Sinh khối BFT khô, d. Hệ thống sản xuất BFT

2.2. Phân tích sinh hóa và vi sinh trong BFT

Mẫu thể tích BFT được thu trong điều kiện sục khí liên tục (4 tuần/lần), thu 1 lít sau đó cho vào ống Imhoff để lắng 20 phút và thu nhận thể tích BFT [26]. Biofloc được thu thập và cô đặc, sau đó được làm khô trong tủ sấy ở 60°C đến khối lượng không đổi và thực hiện phân tích gần để xác định thành phần biofloc [27]. Mật độ tổng vi khuẩn trong BFT được xác định bằng phương pháp nuôi cấy và đếm khuẩn lạc trên môi trường thạch Marine Broth Agar [28]. Hàm lượng protein được tính toán dựa trên kết quả của phép đo nitơ

Kjeldahl bằng thiết bị Kjeltex (Tecator 2200 Kjeltex Auto Distillation, S263 21, Hogamas, Thụy Điển) [29]. Hàm lượng tro (Ash) được xác định theo các phương pháp tiêu chuẩn của Rice và cộng sự (2017) [30]. Tổng lượng lipid được đo bằng phương pháp tách chiết lipid Micro Folch [31]. Hàm lượng C, N được xác định theo phương pháp AOAC (1999) [32]. Chỉ số thể tích BFT (FVI) được đo bằng phương pháp Mohlman (1934) theo công thức: $FVI \left(\frac{ml}{g} \right) = \frac{\text{Thể tích flocc (ml)}}{\text{Nồng độ flocc (g)}} \quad [33, 34]$

2.3. Động vật thí nghiệm

Cá trê đen (*Clarias fuscus*; n = 350), cá đực, khối lượng 63 ± 1.8 g, được thu mua từ công ty giống thủy sản Phúc Khang, Hồng Ngự, Đồng Tháp. Tại khu vực thí nghiệm, cá được thả trong bể composit 1000L, được ăn bằng thức ăn viên thương mại với lượng thức ăn ở mức 5% khối lượng cơ thể/ngày, được nuôi để thích nghi với điều kiện thí nghiệm trong 4 ngày. Chế độ ăn với thức ăn viên thương mại được cung cấp 4 lần/ngày vào các thời điểm 8, 11, 14 và 17 giờ trong chế độ sáng/tối là 12h/12h [35].

2.4. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí tại công ty thủy sản Hải Hương, Cao Lãnh, Đồng Tháp. Thời gian thực hiện là 8 tuần. Sử dụng 7 bể composit có thể tích 150L đặt trong khu vực thí nghiệm có mái che. Mật độ thả là 50 con/bể (khối lượng cơ thể cá trê đen ban đầu là $63 \pm 1,8$ g). Nước trong bể nuôi được thay và bổ sung thường xuyên để duy trì mực nước ban đầu. Cá được cho ăn ba lần/ngày với khẩu phần: (1) thức ăn viên, (2) thức ăn viên + BFT ướt/khô (theo tỷ lệ). Thời điểm cho 8,12 và 16 giờ/ngày. Thiết kế thử nghiệm gồm 7 nhóm thí nghiệm, xây dựng dựa trên sự kết hợp khác nhau của chế độ ăn nhân tạo và BFT (bảng 1).

Bảng 1. Tỷ lệ thức ăn thương mại và sinh khối BFT cung cấp hàng ngày cho cá trê đen

Nhóm thí nghiệm	Thức ăn viên thương mại (%)	BFT (%)	
		BFT ướt	BFT khô
1	100	0	0
2	75	25	0
3	75	0	25
4	50	50	0
5	50	0	50
6	75	0	0
7	50	0	0

Trong các bể thí nghiệm, nhóm 1 (đối chứng tích cực), cá nhận khẩu phần ăn nhân tạo trong toàn bộ thời gian nghiên cứu (100% thức ăn viên thương mại). Nhóm 2 và 4, cá nhận thức ăn viên thương mại và sinh khối BFT ướt với tỷ lệ 25 và 50%. Trong bể 2 và 4 (nhóm 2 và 4), mức cho phép về khẩu phần ăn nhân tạo lần lượt giảm 25% và 50% so với nghiệm thức 1 (nhóm 1). Điều tương tự cũng được thực hiện ở các bể nghiệm thức 3 và 5 (nhóm 3 và 5). Tuy nhiên, ở các nhóm 3 và 5 sử dụng sinh khối BFT khô (tỷ lệ là 25 và 50%). Trong bể nghiệm thức 6 và 7 (nhóm 6 và 7), cá được cung cấp thức ăn viên thương mại với tỷ lệ lần lượt là 75% và 50% so với nghiệm thức 1, không bổ sung sinh khối BFT (ướt hoặc khô) (đối chứng âm) [24].



Hình 2. Cá trê, hệ thống nuôi cá trê và các quy trình thí nghiệm
 a. Cá trê nuôi trong thí nghiệm, b. Hệ thống nuôi cá trê với thức ăn bổ sung BFT ướt và khô,
 c. Cân khối lượng cá, d. Thu nhận máu tĩnh mạch đuôi cá

2.5. Xác định các thông số chất lượng nước

Chất lượng nước của các bể được giám sát 2 lần/tuần, vào buổi sáng và chiều, trong suốt thời gian thử nghiệm. Việc xác định chất lượng nước được dựa trên APHA (1999) [36]. pH và độ dẫn điện (EC) được đo bằng máy đo pH mPA210 (MS Tecnocon) và độ dẫn điện CD-850 [36]. Tổng nitơ-amoniac (TAN) được đo tại hiện trường bằng bộ Test kit (Đức), đồng thời được phân tích tại phòng thí nghiệm bằng phương pháp Indopheno. Amoni (NH₃) - dụng cụ đo Checker H1715 (Đức) [29]. Oxy hòa tan (DO) - đo bằng đồng hồ kỹ thuật số YSI 55 oximeter [37]. Xác định độ kiềm tổng bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch H₂SO₄ tiêu chuẩn. Độ cứng tổng - chuẩn độ bằng dung dịch EDTA chuẩn. Photpho phản ứng - sử dụng phép đo quang phổ ở bước sóng 690 nm [38]. Chất hữu cơ trong nước sử dụng máy đo Mettler toledo (Nhật Bản) [24].

2.6. Khối lượng cơ thể và hiệu suất tăng trưởng của cá trê đen

Khối lượng cơ thể (M g) của cá được cân đo bằng thang đo điện tử Entris (Đức) trước khi bắt đầu nghiên cứu. Theo dõi và cân khối lượng cơ thể 2 tuần/lần trong quá trình thử nghiệm [39]. Tỷ lệ tích lũy khối lượng (BWG) được tính theo công thức:

$$BWG (\%) = \frac{\text{Khối lượng cơ thể cuối cùng (g)} - \text{Khối lượng cơ thể ban đầu (g)}}{\text{Khối lượng cơ thể cuối cùng (g)}} \times 100 \quad [40]$$

Tăng trọng hàng ngày được tính theo công thức:

$$DWG \left(\frac{\text{g}}{\text{ngày}} \right) = \frac{\text{Khối lượng cuối cùng (g)} - \text{Khối lượng ban đầu (g)}}{\text{Số ngày (ngày)}} \quad [39]$$

Tăng trưởng tương đối (SGR) (% ngày) được tính theo công thức:

$$SGR (\% \text{ ngày}) = \frac{(\text{Ln khối lượng cuối} - \text{Ln khối lượng ban đầu}) \times 100}{\text{Thời gian thí nghiệm (ngày)}} \quad [40]$$

2.7. Hệ số chuyển đổi thức ăn và tỷ lệ hiệu quả protein của cá trê đen

Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) được tính theo công thức:

$$FCR = \frac{\text{Tổng lượng thức ăn cho cá ăn (g)}}{\text{Tổng lượng cá thu hoạch (g) trên một đơn vị diện tích}} \quad [40]$$

Tỷ lệ hiệu quả protein (PER) được tính theo công thức:

$$PER = \frac{\text{Sự gia tăng khối lượng cơ thể cá (g)}}{\text{Tổng lượng protein ăn vào trong thí nghiệm (g)}} \quad [35].$$

2.8. Các thông số huyết học và sinh hóa máu cá trê đen

Vào cuối quá trình thử nghiệm, cá được gây mê (eugenol 50mg/L) và máu được lấy từ hệ tĩnh mạch đuôi bằng cách sử dụng ống tiêm 3,0 ml với kim 28 cỡ [41]. Các thông số huyết học như hồng cầu (RBC), hemoglobin (HGB), bạch cầu (WBC), tiểu cầu (PLT) được đánh giá theo Barcellos et al. (2004) [42]. Các thông số sinh hóa huyết thanh như tổng số protein (TP), cholesterol (CHOL) và glucose (GLU) được đánh giá bằng cách sử dụng bộ dụng cụ thương mại (Doles Reagents, Goiania, GO, Brazil) [43]. Ure máu được định lượng theo phương pháp động học UV [44]. Creatin, bilirubin xác định theo phương pháp của Bradford và cộng sự (1976) [45].

2.9. Sản lượng và sinh khối cá trê đen: Sản lượng cá là tổng khối lượng cá sống trong mỗi bể nuôi tại thời điểm thu hoạch. Công thức tính: Sản lượng cá = Tổng khối lượng cá nuôi tại thời điểm thu hoạch [24].

Sinh khối là chỉ tiêu giúp đánh giá năng suất đầu ra trong mỗi bể nuôi. Công thức tính sinh khối:

$$\text{Sinh khối} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Tổng năng suất đầu ra (kg)}}{\text{Tổng diện tích sản xuất (m}^3\text{)}} \quad [24]$$

2.10. Tỷ lệ sống của cá trê đen: Tỷ lệ sống của cá trê được tính theo công thức:

$$\text{Tỷ lệ sống (\%)} = \frac{\text{Số lượng cá ban đầu (con)}}{\text{Số lượng cá cuối cùng (con)}} \times 100 \quad [46]$$

2.11. Phân tích thống kê: Các kết quả thực nghiệm được biểu diễn dưới dạng $\bar{X} \pm SD$. Dữ liệu được phân tích thống kê bằng cách phân tích ANOVA. Tiến hành thực hiện kiểm tra so sánh của Tukey bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XVIII. Mức ý nghĩa được sử dụng để kiểm định sai khác giữa các nghiệm thức là $P < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ BIỆN LUẬN

3.1. Phân tích sinh hóa và vi sinh của hạt BFT

Bio-floc (BFT) là hỗn hợp của tảo, vi khuẩn, nguyên sinh động vật và các hạt vật chất hữu cơ. Mỗi hạt floc gắn lại với nhau trong một ma trận lỏng lẻo tạo nên bởi các chất nhờn tiết ra từ các vi sinh vật dạng sợi hoặc từ lực hút tĩnh điện của vật chất hữu cơ [47]. Chỉ số FVI (thể tích của BFT) thể hiện sự phát triển của BFT. Khi FVI của BFT tăng, chứng tỏ hệ vi khuẩn phát triển tối ưu, có độ kết dính (polyme sinh học) và hoạt lực cao. Trong nghiên cứu này thể tích BFT thu nhận là $71,2 \pm 8,67$ ml/L (Bảng 1). Kết quả này phù hợp với báo cáo từ một số nghiên cứu cho rằng thể tích BFT thích hợp cho ao nuôi thủy sản là 55-80 ml/L [25]. Đồng thời, mật độ tổng vi khuẩn trong hạt BFT thu được là $13,3 \pm 0,34 \times 10^9$ CFU/ml (Bảng 1) là khá lý tưởng cho sự phát triển của BFT. Việc thu nhận BFT có thể tích lớn có thể giải thích là do trong ao nuôi luôn có sự hiện diện của các vi khuẩn dị dưỡng, chúng có khả năng đồng hóa các chất thải hữu cơ, chuyển thành sinh khối của vi khuẩn (thường rất giàu protein). Khi được giữ lơ lửng liên tục trong nước và đạt mật độ nhất định, vi khuẩn kết dính lại với nhau thành hạt BFT [25].

Độ ẩm của BFT tương tự nhau và không thay đổi giữa các đợt thu mẫu, dao động trong khoảng $62,1 \pm 0,35$ %, hàm lượng protein đạt $32,38 \pm 0,42$ %, lipit đạt $1,23 \pm 0,36$ % (Bảng 1). Protein, lipit do BFT cung cấp sau khi được tiêu hóa sẽ là nguồn vật chất và năng lượng cho quá trình sinh trưởng và phát triển cơ thể của cá nuôi. De Schryver (2008) cho rằng giá trị dinh dưỡng của BFT, ngoài việc cung cấp lượng protein cần thiết (giàu axit amin) cho cá còn là nguồn thức ăn bổ sung, làm giảm chi phí thức ăn 10-20% và làm tăng năng suất 30-60% [48]. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Soares và cộng sự (2004) về hàm lượng protein của BFT trong hệ thống nuôi tôm sú dao động trong khoảng từ 25- 49%, lipit từ 1 - 2% [49]. Như vậy, BFT tạo ra trong nghiên cứu này sẽ là nguồn thức ăn thích hợp và giàu dinh dưỡng cho cá trê đen.

Bảng 1. Thể tích, mật độ tổng vi khuẩn và thành phần sinh hóa trong hạt BFT

Thông số	Hàm lượng
Thể tích BFT (FVI dạng ướt (mL/L))	$71,2 \pm 8,67$
Thể tích BFT (FVI dạng khô (mL/L))	$24,27 \pm 3,49$
Tổng vi khuẩn ($\times 10^9$ CFU/mL)	$13,3 \pm 0,34$
Độ ẩm (%)	$62,1 \pm 0,35$
Protein (%)	$32,38 \pm 0,42$
Lipit (%)	$1,23 \pm 0,36$
Tro (%)	$21,12 \pm 2,18$
C (%)	$34,35 \pm 0,23$
N (%)	$3,01 \pm 0,07$
C/N	$11,42 \pm 0,14$

Từ bảng 1, hàm lượng tro trung bình trong các mẫu BFT đạt mức $21,12 \pm 2,18$ % sẽ là một nguồn cung cấp các khoáng chất và nguyên tố vi lượng cần thiết cho cá trê đen [50]. Kết quả này phù hợp với báo cáo của Tacon và cộng sự (2002) [50], Azim và cộng sự (2007) [51], Ju và cộng sự (2008) [52], trong đó hàm lượng tro trong hạt floc dao động từ 7 - 32%. Đồng thời, Tacon và cộng sự (2002) cũng cho rằng hàm lượng tro cao trong các hạt floc sinh học liên quan đến sự hiện diện của các oxit không tan trong axit và hỗn hợp silicat.

Tỉ lệ C/N trong hạt BFT qua các đợt thu mẫu luôn đạt $11,42 \pm 0,14$, trong đó lượng C chiếm $34,35 \pm 0,23$ % và lượng N là $3,01 \pm 0,07$ % (Bảng 1). Sự tái sinh hoặc cố định các chất dinh dưỡng phụ thuộc vào tổng lượng carbon vi khuẩn hấp thụ, hiệu suất chuyển đổi tổng thể của vi khuẩn và tỷ lệ C/N của vi khuẩn và chất nền [53]. Sự tích tụ nitơ vô cơ trong hệ thống BFT có thể được kiểm soát bằng cách điều chỉnh tỷ lệ C/N hữu cơ để thúc đẩy sự phát triển vi khuẩn dị dưỡng [9]. Trong hạt BFT, tỷ lệ C/N cao (khoảng 10 - 20), vi khuẩn dị dưỡng sẽ đồng hóa amoniac-nitơ trực tiếp từ môi trường nước tạo ra protein tế bào [54].

3.2. Xác định các thông số chất lượng nước của bể nuôi cá trê đen

Việc áp dụng mật độ nuôi cá cùng với lượng thức ăn đầu vào cao dẫn đến suy giảm chất lượng nước ao nuôi vì tích tụ nhiều ammoniac [55] và là chất độc đối với sinh vật thủy sinh [56] do cá chỉ hấp thụ 20-25% protein trong thức ăn, phần còn lại được bài tiết dưới dạng ammoniac, nitơ hữu cơ trong phân và thức ăn thừa, những chất này lại tiếp tục được khoáng hóa bởi vi khuẩn phân hủy tạo thành nitơ vô cơ ở dạng amoniac [57]. Do đó, cần thường xuyên thực hiện quản lý chất lượng nước tích cực trong bể nuôi.

Có sự khác biệt giữa các nghiệm thức về các thông số pH, oxy hòa tan, độ kiềm tổng, độ cứng tổng, EC, tổng nitơ amoniac (TAN), NH₃, photpho phản ứng, chất hữu cơ (P<0,05; Bảng 2). Nhìn chung, tổng độ kiềm tăng lên khi thức ăn nhân tạo được thay thế một phần bằng sinh khối BFT bất kể tình trạng khô hay ướt và tăng cao nhất ở nhóm 4 với độ kiềm tổng là 104,1 ± 1,3 mg/L (P<0,05). Sự phân hủy và thối rữa của phân cá cũng như thức ăn không tiêu thụ hết đã giải phóng CO₂ tự do vào nước làm giảm độ kiềm [58]. Do đó, càng cung cấp nhiều thức ăn nhân tạo cho cá thì tổng độ kiềm trong bể nuôi càng thấp. Kết quả này cho thấy ảnh hưởng của việc sử dụng toàn bộ thức ăn nhân tạo đến độ kiềm của nước là trái ngược với bổ sung sinh khối BFT. Đây là một thực tế tích cực vì độ kiềm của nước cao hơn mang lại một số lợi ích cho việc nuôi cá, chẳng hạn như tăng hiệu ứng đệm của nước [59].

Trong các hệ thống nuôi trồng thủy sản thâm canh, sự tích tụ các chất độc hại trong nước, chẳng hạn như NH₃, là một vấn đề lớn về chất lượng nước [60]. Trong nghiên cứu này, nồng độ NH₃ trong nước cao hơn đáng kể trong các bể có thức ăn nhân tạo so với các bể được bổ sung BFT. Cụ thể, nồng độ NH₃ ở nhóm 1, 6 và 7 (lần lượt là 0,18 ± 0,01, 0,21 ± 0,03 và 0,22 ± 0,02 mg/L) cao hơn so với nồng độ NH₃ ở nhóm 4 và 5 (lần lượt là 0,11 ± 0,02 và 0,15 ± 0,02 mg/L) (P<0,05; Bảng 2). Hàm lượng NH₃ và H₂S trong các bể sản xuất BFT cũng rất thấp (NH₃: 0,08 mg/L, H₂S: 0,02 mg/L). Khi phân cá và thức ăn thừa bị phân hủy, amoniac được giải phóng vào nước. Sau đó, amoniac được chuyển hóa thành nitrit bởi vi khuẩn nitrat hóa. Do đó, nồng độ chất hữu cơ giàu protein trong nước càng cao thì nồng độ amoniac và nitrit càng cao [61]. Trong các hệ thống BFT, Schryver và cộng sự (2009) đã quan sát thấy hiệu quả loại bỏ nitrit là 98% [62]. Azim và cộng sự (2008) cũng tìm thấy sự khử nitrit trong hệ thống BFT và hỗ trợ tăng trưởng cho cá là 9 - 10% so với hệ thống không có BFT [37]. Do đó, việc loại bỏ một phần thức ăn nhân tạo và thay thế bằng BFT làm tăng độ cứng và độ kiềm của nước, đồng thời làm giảm nồng độ nitrit. Những kết quả nghiên cứu đã chứng minh việc sử dụng sinh khối BFT dạng ướt tốt hơn khô. Vì chỉ các tế bào vi khuẩn sống mới có thể loại bỏ nitrit khỏi nước [37].

Bảng 2. Chất lượng nước của các bể thả cá trê đen với nguồn thức ăn viên thương mại và BFT ướt/khô

Thông số	Nhóm thí nghiệm						
	Nhóm 1	Nhóm 2	Nhóm 3	Nhóm 4	Nhóm 5	Nhóm 6	Nhóm 7
DO (mg/L)	7,65 ^{ab} ± 0,27	7,82 ^{bc} ± 0,04	7,71 ^{abc} ± 0,04	7,87 ^c ± 0,03	7,76 ^{abc} ± 0,05	7,61 ^a ± 0,05	7,57 ^a ± 0,02
pH	7,98 ^{abc} ± 0,01	8,01 ^{cd} ± 0,02	7,99 ^{bcd} ± 0,01	8,02 ^d ± 0,03	8,01 ^{cd} ± 0,02	7,96 ^{ab} ± 0,01	7,95 ^a ± 0,03
Độ kiềm tổng (mg/L)	84,1 ^b ± 1,4	95,2 ^e ± 1,6	87,4 ^c ± 1,2	104,1 ^f ± 1,3	92,3 ^d ± 1,4	81,5 ^a ± 1,1	79,9 ^a ± 1,1
Độ cứng tổng (mg/L)	166,6 ^{bc} ± 5,8	157,5 ^{ab} ± 9,2	164,2 ^{bc} ± 7,3	151,3 ^a ± 7,8	161,1 ^{abc} ± 5,1	171,5 ^{cd} ± 5,7	179,7 ^d ± 6,8
EC (µS/cm)	834 ^a ± 71	872 ^a ± 85	861 ^a ± 96	921 ^a ± 82	853 ^a ± 78	821 ^a ± 59	802 ^a ± 61
TAN (mg/L)	2,21 ^c ± 0,04	1,51 ^{ab} ± 0,02	1,92 ^{ab} ± 0,05	1,39 ^a ± 0,02	1,78 ^b ± 0,03	2,34 ^{cd} ± 0,04	2,61 ^d ± 0,03
NH ₃ (mg/L)	0,18 ^{cd} ± 0,01	0,13 ^{ab} ± 0,01	0,17 ^c ± 0,01	0,11 ^a ± 0,02	0,15 ^{bc} ± 0,02	0,21 ^{de} ± 0,03	0,22 ^e ± 0,02
Phản ứng photpho (mg/L)	2,51 ^b ± 0,8	2,81 ^{ab} ± 0,9	2,64 ^a ± 0,9	2,93 ^{ab} ± 0,8	2,72 ^{ab} ± 0,7	2,43 ^b ± 0,6	2,39 ^b ± 0,5
Chất hữu cơ (mg/L)	199 ^{cd} ± 13	175 ^{ab} ± 13	193 ^{bcd} ± 12	168 ^a ± 11	184 ^{abc} ± 12	205 ^{cd} ± 14	212 ^d ± 15

Dữ liệu được biểu thị dưới dạng Mean ± SD. Các chữ cái a,b,c,d,e,f trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức khác nhau (P<0.05). Trong đó, TAN là tổng amoniac-nitơ.

Sự thay đổi pH trong nước được ghi nhận sau 3 tuần nuôi cá trê đen. Việc tăng pH liên quan đến tác dụng của BFT ướt và khô được bổ sung. pH đã tăng nhẹ ở ao nuôi cá ăn thức ăn có bổ sung BFT (pH ở nhóm 4 và 2 lần lượt là $8,02 \pm 0,03$ và $8,01 \pm 0,02$, pH nhóm 5 và 3 lần lượt là $8,01 \pm 0,02$ và $7,99 \pm 0,01$, khác biệt so với nhóm 1, 6 và 7 lần lượt là $7,98 \pm 0,01$, $7,96 \pm 0,01$ và $7,95 \pm 0,03$) ($P < 0,01$; Bảng 2). Emerenciano và cộng sự (2017) chỉ ra rằng giá trị pH = 8,0 là bình thường trong hệ thống nuôi cá có bổ sung BFT [63]. Điều này phù hợp với kết quả của nghiên cứu hiện tại. Từ tuần thứ 3 trở đi, nồng độ DO trong nước tăng ở các nghiệm thức có bổ sung BFT ướt và khô (DO ở nhóm 4 là $7,87 \pm 0,03$ mg/L, DO nhóm 5 là $7,76 \pm 0,05$ mg/L tăng cao hơn so với DO nhóm 7 là $7,57 \pm 0,02$) ($P < 0,05$; Bảng 2). Nguyên nhân là do sự tăng trưởng của cá và ảnh hưởng của BFT đến nồng độ DO trong hệ thống ao nuôi sau khi nguồn cacbon đi vào nước [64].

3.3. Khối lượng cơ thể và hiệu suất tăng trưởng

BFT được sử dụng như một nguồn thức ăn quan trọng cho cá trê. Hơn nữa, BFT kích thích tiêu hóa, tăng năng suất của động vật nuôi [65]. Có sự khác biệt giữa các nghiệm thức về khối lượng cơ thể và hiệu suất tăng trưởng của cá ($P < 0,05$, Bảng 3). Khối lượng cơ thể (M) và tỷ lệ tích lũy khối lượng (BWG) của cá ở nhóm 4 ($M = 141,46 \pm 1,84$ g, $BWG = 55,46 \pm 0,48\%$), nhóm 5 ($M = 111,67 \pm 1,39$ g, $BWG = 44,87 \pm 0,66\%$) cao hơn so với nhóm 7 ($M = 68,58 \pm 1,28$ g, $BWG = 10,14 \pm 0,57\%$) ($P < 0,05$). Đồng thời, tỷ lệ tăng trọng hàng ngày (DWG) và tăng trưởng tương đối (SGR) của cá cũng khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức (nhóm 2 có $DWG = 0,17 \pm 0,01$ g/ngày và $SGR = 4,14 \pm 0,02$ %/ngày, nhóm 3 có $DWG = 0,12 \pm 0,03$ g/ngày và $SGR = 3,52 \pm 0,01$ %/ngày, trong khi đó nhóm 6 có $DWG = 0,08 \pm 0,01$ g/ngày và $SGR = 3,17 \pm 0,01$ %/ngày) ($P < 0,05$). Những kết quả này chứng minh rằng việc cung cấp sinh khối BFT ướt hỗ trợ sự phát triển cơ thể hiệu quả hơn so với sinh khối BFT khô. BFT được động vật ăn và tiêu hóa, thay thế một phần đáng kể thức ăn nhân tạo [65, 66]. Protein trong chế độ ăn nhân tạo được chuyển hóa tốt hơn khi có mặt của BFT ướt trong bể, BFT giúp tăng khả năng tiêu hóa protein trong thức ăn nhân tạo. Theo Xu và cộng sự (2012) BFT ảnh hưởng tích cực đến enzym tiêu hóa của thủy sinh vật [65]. Anand và cộng sự (2014) cũng báo cáo rằng hoạt động tiêu hóa của động vật được cải thiện khi chế độ ăn nhân tạo được bổ sung BFT [66].

Bảng 3. Các chỉ tiêu tăng trọng của cá trong các bể nuôi với nguồn thức ăn viên thương mại và BFT ướt/khô

Nhóm thí nghiệm	M (g)	BWG (%)	DWG (g/ngày)	SGR (% ngày)
Nhóm 1	$86,45^c \pm 1,76$	$21,13^c \pm 0,72$	$0,11^{bc} \pm 0,02$	$3,38^c \pm 0,04$
Nhóm 2	$131,08^f \pm 1,42$	$51,93^f \pm 0,59$	$0,17^d \pm 0,01$	$4,14^f \pm 0,02$
Nhóm 3	$99,23^d \pm 1,51$	$36,51^d \pm 0,62$	$0,12^c \pm 0,03$	$3,52^d \pm 0,01$
Nhóm 4	$141,46^g \pm 1,84$	$55,46^g \pm 0,48$	$0,21^e \pm 0,02$	$4,38^g \pm 0,03$
Nhóm 5	$111,67^e \pm 1,39$	$44,87^e \pm 0,66$	$0,14^{cd} \pm 0,03$	$3,81^e \pm 0,01$
Nhóm 6	$71,33^b \pm 1,36$	$13,68^b \pm 0,48$	$0,08^{ab} \pm 0,01$	$3,17^b \pm 0,01$
Nhóm 7	$68,58^a \pm 1,28$	$10,14^a \pm 0,57$	$0,07^a \pm 0,02$	$2,99^a \pm 0,02$

Dữ liệu được biểu thị dưới dạng Mean \pm SD. Các chữ cái a,b,c,d,e,f,g trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức khác nhau ($P < 0,05$). Trong đó: M – Khối lượng cơ thể, BWG – Tỷ lệ tích lũy trọng lượng, DWG – Tăng trọng hàng ngày, SGR – Tăng trưởng tương đối.

3.4. Hệ số chuyển đổi thức ăn và tỷ lệ hiệu quả protein của cá trê đen

FCR là hệ số chuyển đổi thức ăn trong một đơn vị sản phẩm, là tỷ lệ giữa tổng lượng thức ăn cho cá ăn và tổng khối lượng cá thu hoạch được trên một đơn vị diện tích. Kết quả của hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) thấp hơn đáng kể trong các bể sử dụng thức ăn viên thương mại so với các bể được bổ sung BFT (Bảng 4). Kết quả của FCR khác biệt rõ rệt ở các nghiệm thức ($P < 0,05$). Cụ thể, nhóm 4 và 2 có chỉ số FCR thấp nhất lần lượt là $1,45 \pm 0,02$ và $1,28 \pm 0,01$, nhóm 5 và 3 có FCR lần lượt là $1,64 \pm 0,02$ và $1,85 \pm 0,02$ cao hơn so với nhóm 4 và 2 nhưng thấp hơn hẳn so với nhóm 1, 6 và 7 (lần lượt là $2,02 \pm 0,01$, $2,36 \pm 0,01$ và $2,21 \pm 0,03$) ($P < 0,05$). Kết quả nghiên cứu của chúng tôi đã chỉ ra rằng bổ sung BFT vào thức ăn trong nuôi cá trê đen sẽ mang lại hiệu quả cao hơn.

ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI BIO-FLOC...

Bảng 4. Các chỉ tiêu về nguồn thức ăn cung cấp cho cá trong các bể nuôi cá trê đen

Thông số	Nhóm thí nghiệm						
	Nhóm 1	Nhóm 2	Nhóm 3	Nhóm 4	Nhóm 5	Nhóm 6	Nhóm 7
FCR	2,02 ^c	1,45 ^b	1,85 ^d	1,28 ^a	1,64 ^c	2,21 ^f	2,36 ^g
	± 0,01	± 0,02	± 0,02	± 0,01	± 0,02	± 0,03	± 0,01
PER	2,67 ^c	3,12 ^f	2,81 ^d	3,35 ^g	2,98 ^e	2,43 ^b	2,28 ^a
	± 0,02	± 0,03	± 0,01	± 0,01	± 0,03	± 0,01	± 0,02

Dữ liệu được biểu thị dưới dạng Mean ± SD. Các chữ cái a,b,c,d,e,f,g trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức khác nhau (P<0,05). Trong đó: FCR – Hệ số chuyển đổi thức ăn, PER – Tỷ lệ hiệu quả protein.

PER là số gam tăng trọng của vật nuôi trên mỗi gam protein ăn vào. Tỷ lệ hiệu quả protein tốt nhất (PER) đã được thể hiện ở nghiệm thức 4 và 2 ($3,35 \pm 0,01$ và $3,12 \pm 0,03$) cao hơn so với nghiệm thức 6 và 7 ($2,43 \pm 0,01$ và $2,28 \pm 0,02$) (P<0,05; Bảng 4). Những kết quả trên chứng minh rằng protein trong thức ăn viên thương mại được chuyển hóa tốt hơn khi có mặt các BFT ướt trong bể. BFT hỗ trợ và thúc đẩy hoạt động của các enzyme tiêu hóa, giúp tăng khả năng tiêu hóa protein trong thức ăn nhân tạo. Theo Xu và cộng sự (2012) BFT cũng ảnh hưởng tích cực đến hoạt động của enzym tiêu hóa [65]. Anand và cộng sự (2014) cũng kết luận rằng hoạt động tiêu hóa của cá được cải thiện khi chế độ ăn nhân tạo được bổ sung BFT [66].

3.5. Huyết học và sinh hóa máu cá trê đen

Bảng 5. Các chỉ tiêu huyết học và sinh hóa máu của cá trong các bể nuôi với nguồn thức ăn viên thương mại và BFT ướt/khô

Thông số	Nhóm thí nghiệm						
	Nhóm 1	Nhóm 2	Nhóm 3	Nhóm 4	Nhóm 5	Nhóm 6	Nhóm 7
RBC (x10 ⁶ tb/mm ³)	7,52 ^c	7,97 ^f	7,67 ^d	8,02 ^f	7,79 ^e	7,44 ^b	7,28 ^a
	± 0,03	± 0,02	± 0,04	± 0,05	± 0,03	± 0,02	± 0,01
HGB (mg/L)	12,68 ^{ab}	15,67 ^{cd}	13,92 ^{bc}	16,99 ^d	14,86 ^{bc}	11,43 ^a	10,99 ^a
	± 1,18	± 1,21	± 1,34	± 1,26	± 1,42	± 1,26	± 1,17
WBC (x10 ³ tb/mm ³)	7,28 ^a	7,41 ^a	7,33 ^a	7,47 ^a	7,38 ^a	7,24 ^a	7,19 ^a
	± 0,22	± 0,31	± 0,19	± 0,23	± 0,24	± 0,15	± 0,31
PLT (x10 ³ tb/mm ³)	119,36 ^a	135,43 ^a	124,16 ^a	142,61 ^a	129,68 ^a	112,27 ^a	109,88 ^a
	± 21,05	± 19,04	± 31,03	± 28,02	± 24,05	± 32,04	± 43,02
Protein tổng (g/dL)	1,52 ^b	1,54 ^d	1,53 ^c	1,55 ^d	1,54 ^d	1,51 ^a	1,51 ^a
	± 0,002	± 0,002	± 0,001	± 0,003	± 0,001	± 0,001	± 0,002
Cholesterol (mg/dL)	172,4 ^e	161,6 ^b	169,5 ^d	157,2 ^a	165,4 ^c	178,2 ^f	181,3 ^g
	± 0,19	± 0,18	± 0,15	± 0,17	± 0,11	± 0,16	± 0,12
Glucose (mg/dL)	34,38 ^c	37,11 ^f	35,21 ^d	38,32 ^g	36,45 ^e	33,49 ^b	32,41 ^a
	± 0,04	± 0,03	± 0,02	± 0,06	± 0,04	± 0,05	± 0,03
Creatin (U/L)	1,18 ^e	1,05 ^b	1,13 ^d	1,03 ^a	1,09 ^c	1,21 ^f	1,27 ^g
	± 0,004	± 0,005	± 0,002	± 0,001	± 0,003	± 0,004	± 0,002
Ure (mg/dL)	38,46 ^e	37,11 ^b	37,99 ^d	36,05 ^a	37,65 ^c	38,85 ^f	39,22 ^g
	± 0,02	± 0,06	± 0,04	± 0,05	± 0,03	± 0,02	± 0,01
Bilirubin (mg/dL)	1,13 ^c	0,98 ^b	1,09 ^d	0,93 ^a	1,03 ^c	1,19 ^f	1,23 ^g
	± 0,001	± 0,001	± 0,002	± 0,002	± 0,001	± 0,002	± 0,001

Dữ liệu được biểu thị dưới dạng Mean ± SD. Các chữ cái a,b,c,d,e,f,g trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức khác nhau (P<0,05)

Có sự khác biệt rõ rệt về hàm lượng protein tổng, cholesterol, glucose, ure, ceratin, bilirubin trong huyết thanh cá trê đen (Bảng 5). Protein trong máu phản ánh tình trạng về gan, thận, đường tiêu hóa, dinh dưỡng. Cholesterol (mỡ trong máu) tham gia vào hoạt động của màng tế bào thần kinh, sản xuất hormone. Glucose là nguồn năng lượng chính đi nuôi cơ thể, đảm bảo việc cung cấp năng lượng cho các hoạt động thường ngày [64]. Tổng hàm lượng protein trong huyết thanh cá tăng cao có ý nghĩa ở nhóm ăn thức ăn có bổ sung BFT (nhóm 4 là $1,55 \pm 0,003$, nhóm 5 là $1,54 \pm 0,001$ g/dL) so với nhóm ăn thức ăn viên nhân tạo (nhóm 6 là $1,51 \pm 0,001$ và nhóm 7 là $1,51 \pm 0,002$) (P<0,05). Hàm lượng cholesterol giảm dần khi cá được ăn thức ăn có bổ sung BFT, trong khi đó thì lượng glucose trong máu lại tăng lên theo hướng ngược lại (P<0,05).

Sau khi bổ sung BFT vào thức ăn lượng protein và glucose trong huyết thanh cá tăng lên rõ rệt. Điều đó chứng tỏ BFT cung cấp một nguồn dinh dưỡng hoàn chỉnh cũng như các hợp chất sinh học hữu ích để cải thiện sức khỏe tổng thể của cá trê [67]. Đồng thời, với sự hiện diện của các vi khuẩn có lợi, các axit hữu cơ, polyhydroxy axetat và butylat polyhydroxy, BFT hoạt động như một probiotic tự nhiên và tăng cường miễn dịch [68].

Ure là sản phẩm thoái hóa chính của các protein trong cơ thể và được lọc qua cầu thận, ure máu được dùng để đánh giá chức năng thận. Quá trình thoái hóa creatin photphat ở cơ đã đào thải ra creatin và được lọc hoàn toàn qua các cầu thận, lượng creatin trong huyết thanh sẽ phản ánh chức năng của thận. Bilirubin là chất thải của sự vỡ hồng cầu đi qua gan và thải qua phân, nước tiểu, bilirubin phản ánh chức năng gan [69]. Hàm lượng các chất này đã giảm mạnh trong huyết thanh của nhóm cá trê được sử dụng thức ăn có bổ sung BFT ướt so với nhóm cá chỉ được ăn thức ăn viên nhân tạo ($P < 0,05$, Bảng 5). Cụ thể, sau 8 tuần sử dụng thức ăn có bổ sung BFT ướt hàm lượng ure, creatin và bilirubin trong huyết thanh của cá trê ở nhóm 4 và 2 (lần lượt là ure: $36,05 \pm 0,05$ U/dL nhóm 4; $37,11 \pm 0,06$ U/dL nhóm 2; creatin: $1,03 \pm 0,001$ U/L nhóm 4; $1,05 \pm 0,005$ U/L nhóm 2; bilirubin: $0,93 \pm 0,002$ U/dL nhóm 4; $0,98 \pm 0,001$ U/dL nhóm 2) giảm so với nhóm 6 và 7 (lần lượt là ure: $38,85 \pm 0,02$ U/dL nhóm 6; $39,22 \pm 0,01$ U/dL nhóm 7; creatin: $1,21 \pm 0,004$ U/L nhóm 6; $1,27 \pm 0,002$ U/L nhóm 7; bilirubin: $1,19 \pm 0,002$ U/dL nhóm 6; $1,23 \pm 0,001$ U/dL nhóm 7) ($P < 0,05$). Ứng dụng của BFT bổ sung vào nguồn thức ăn cho cá nhằm thúc đẩy cá tăng khả năng miễn dịch và trao đổi chất. Trong nghiên cứu này, những thông số sinh hóa đo lường đã chứng minh hiệu quả của BFT. Nghiên cứu của Ali và cộng sự (2011) và Hanna và cộng sự (2014) cũng ghi nhận kết quả như trên [70, 71].

3.6. Sinh khối và tỷ lệ sống của cá trê đen

Bảng 6. Sinh khối và tỷ lệ sống của cá trong các bể nuôi với nguồn thức ăn viên thương mại và BFT ướt/khô

Thông số	Nhóm thí nghiệm						
	Nhóm 1	Nhóm 2	Nhóm 3	Nhóm 4	Nhóm 5	Nhóm 6	Nhóm 7
Sản lượng cá (kg)	$3,94^{ab} \pm 0,8$	$6,38^{de} \pm 0,7$	$4,71^{bc} \pm 0,8$	$7,02^e \pm 0,9$	$5,39^{cd} \pm 0,6$	$3,19^a \pm 0,8$	$3,02^a \pm 0,7$
Sinh khối (kg/m^3)	$26,27^b \pm 1,06$	$42,53^e \pm 1,12$	$31,34^c \pm 1,11$	$46,81^f \pm 1,14$	$35,93^d \pm 1,09$	$21,28^a \pm 1,06$	$20,16^a \pm 1,08$
Tỷ lệ sống (%)	$91,1^c \pm 0,1$	$97,4^f \pm 0,2$	$94,9^d \pm 0,2$	$99,3^g \pm 0,1$	$96,6^e \pm 0,3$	$89,5^b \pm 0,2$	$88,2^a \pm 0,1$

Dữ liệu được biểu thị dưới dạng Mean \pm SD. Các chữ cái a,b,c,d,e,f,g trong cùng một hàng biểu thị sự khác biệt đáng kể giữa các nghiệm thức khác nhau ($P < 0,05$)

Bio-floc là tập hợp đồng tụ của thực vật phù du, vi khuẩn, chất hữu cơ dạng hạt sống và chết [72]. Việc áp dụng BFT trong hệ thống nuôi giúp nâng cao, cải thiện hiệu suất tăng trưởng và tỷ lệ sống của động vật thủy sản [68, 73, 74]. Sau 8 tuần được sử dụng thức ăn có bổ sung BFT (đặc biệt là BFT dạng ướt), sản lượng và sinh khối của các nhóm cá ở các nhóm sử dụng thức ăn có bổ sung BFT ($7,02 \pm 0,9$ kg ở nhóm 4 và $6,38 \pm 0,7$ kg ở nhóm 2) đã tăng cao hơn so với nhóm chỉ sử dụng thức ăn viên nhân tạo (sản lượng cá lần lượt là $3,19 \pm 0,8$ kg ở nhóm 6 và $3,02 \pm 0,7$ kg ở nhóm 7) ($P < 0,05$, Bảng 6). Đồng thời tỷ lệ sống cũng tăng lên ở nhóm sử dụng thức ăn có bổ sung BFT ($99,3 \pm 0,3\%$ nhóm 4 và $97,4 \pm 0,2\%$ nhóm 2) so với nhóm 6 ($89,5 \pm 0,2\%$) và nhóm 7 ($88,2 \pm 0,1\%$) (là những nhóm ăn thức ăn viên nhân tạo) ($P < 0,05$). Nghiên cứu của Xu và cộng sự (2012) xác định rằng BFT có thể cải thiện hiệu suất tăng trưởng và sử dụng thức ăn của động vật thủy sinh thông qua nguồn thức ăn bổ sung từ BFT [68]. Manan và cộng sự (2017) cũng xác định tỷ lệ sống cao hơn với hơn 90% trong hệ thống nuôi có BFT bổ sung vào thức ăn [75]. Như vậy, BFT với nguồn dinh dưỡng cao, kiểm soát vi khuẩn gây bệnh, tăng cường miễn dịch, giảm tiềm năng của dịch bệnh đã góp phần nâng cao sản lượng thu hoạch, tăng tỷ lệ sống cho cá trê đen.

4. KẾT LUẬN

Bio-floc với thành phần chứa các chất dinh dưỡng như protein, lipid, vitamin, kháng chất ... là thức ăn hữu hiệu cho cá trê đen. Chế độ ăn cho cá với 50% thức ăn viên nhân tạo và 50% BFT dạng ướt là công thức

ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI BIO-FLOC...

mang lại hiệu quả cao nhất về sinh trưởng và phát triển, hiệu suất tiêu thụ thức ăn, hàm lượng huyết học, sinh hóa máu, sản lượng thu hoạch và tỷ lệ sống cho cá trê đen, đồng thời chúng cũng giúp cải thiện, nâng cao chất lượng môi trường nước nuôi. Tuy nhiên, sử dụng BFT dạng ướn bổ sung vào thức ăn cho cá mang lại hiệu quả cao hơn so với BFT dạng khô.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty TNHH Hải Hương, Công ty TNHH Phúc Khang, Đồng Tháp; Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp TP. HCM đã hỗ trợ cơ sở vật chất, nhân lực cho dự án này. Tác giả cũng gửi lời cảm ơn đến anh Đặng Đình Khoa, các chị Tổng Thị Thùy Dương, Hồ Thị Thanh Thanh, Nguyễn Thanh Thuận, Trần Thị Thảo Vy, cùng các anh chị em công nhân thuộc 2 công ty trên đã tham gia hỗ trợ giúp dự án thành công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. J. G. Qin , A. W. Fast, H. J. A. Ako, "Growout performance of diploid and triploid Chinese catfish *Clarias fuscus*", *Aquaculture*, 1998, 166(3-4), 247 - 258. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00287-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00287-7)
2. K. Pangni, B. Atsé, N. J. L. R. F. R. D. Kouassi, "Effect of stocking density on growth and survival of the African catfish *Chrysichthys nigrodigitatus*, Clariidae (Lacépède 1803) larvae in circular tanks", *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2008, 20(7), 56 - 61.
3. H. Hassanien, "Use of randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis to detect genetic variation in Seabass *Dicentrarchus labrax*", *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2008, 3, 39 - 46. DOI: 10.3923/jfas.2008.39.46
4. B. Goswami, "Magur (*Clarias batrachus*) seed production using low cost hatcheries: A participatory approach in Dakshin Dinajpur District of West Bengal, India", *Aquaculture Asia*, 2007, 12(3), 14. DOI: 10.13140/RG.2.2.18863.23203
5. S. Debnath, "*Clarias batrachus*, the medicinal fish: an excellent candidate for aquaculture & employment generation", *Int. in Conf. Asia Agric. Anim*, 2011,13(2011), 32 - 37.
6. P. Sitasit, "Study on the chemical condition of water in Pla Duk pond at Smutprakan Province", *Annual Report of the Pond and Experimental Culture*, 1968, 1, 107 - 139.
7. Thủy sản Việt Nam, "Điểm nổi bật của ngành thủy sản Việt Nam 2020", 2020. [Online] Available: <http://vasep.com.vn/tieu-diem/5-su-kien-noi-bat-cua-nganh-thuy-san-viet-nam-nam-2020-20996.html>
8. J. A. J. A. E. Hargreaves, "Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture", *Aquacultural Engineering*, 2006, 34(3), 344 - 363. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009>
9. Y. J. A. Avnimelech, "Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems", *Aquaculture* 1999, 176(3), 227 - 235. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
10. A. K. Sinha , K. Baruah, P. J. A. H. I. Bossier, "The potential use of biofloc as an anti-infective strategy in aquaculture-an overview", *Aquaculture Health International*, 2008, 13, 8 - 10. DOI: 10.5772/intechopen.112529
11. B. E. Dale, J. E. Anderson, R. C. Brown, S. Csonka, V. H. Dale, G. Herwick, R. D. Jackson, N. Jordan, S. Kaffka, K. L. Kline, L. R. Lynd, C. Malmstrom, R. G. Ong, T. L. Richard, C. Taylor, M. Q. Wang, "Take a closer look: biofuels can support environmental, economic and social goals", *Environmental Science and Technology*. 2014, 48(13), 7200 – 7203. <https://doi.org/10.1021/es5025433>
12. Y. J. A. Avnimelech, "Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds", *Aquaculture*, 2007, 264(1-4), 140 - 147. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>
13. M. G. C. Emerenciano, G. Y. Cuzon, A. Paredes, G. Gaxiola, "Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc", *Aquaculture International*, 2013, 21(6), 1381 - 1394. DOI: 10.1007/s10499-013-9640-y
14. J. Ekasari, M. Z. Jr, D. U. Putri, N. P. Sari, E. H. Surawidjaja, P. Bossier, "Biofloc- based reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock", *Aquaculture Research*, 2015, 46(2), 509 - 512. <https://doi.org/10.1111/are.12185>
15. J. Ekasari, M. A. Suprayudi, W. Wiyoto, R. F. Hazanah, G. S. Lenggara, R. Sulistiani, M. Alkahfi, M. Z. Jr, "Biofloc technology application in African catfish fingerling production: the effects on the reproductive performance of broodstock and the quality of eggs and larvae", *Aquaculture*, 2016, 464, 349 - 356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.013>
16. J. Ekasari, M. H. Azhar, E. H. Surawidjaja, S. Nuryati, P. D. Schryver, P. Bossier, "Immune response and disease resistance of shrimp fed biofloc grown on different carbon sources", *Fish & shellfish immunology*, 2014, 41(2), 332 - 339. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.004>

17. P. Bossier, J. Ekasari, "Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals", *Microbial biotechnology*, 2017, 10(5), 1012 - 1016. DOI: 10.1111/1751-7915.12836
18. F. W. Welter-Schultes, "Guidelines for the capture and management of digital zoological names information", *GBIF*, 2013.
19. Q. Hossain, M. A. Hossain, S. Parween, "Artificial breeding and nursery practices of *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758)", *Scientific World*, 2006, 4(4), 32 - 37.
20. L. A. Argungu, S. S. Siraj, A. Christianus, M. S. N. Amin, S. K. Daud, M. S. Abubakar, I. A. Abubakar, M. Aliyu-Paiko, "A simple and rapid method for blood collection from walking catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758)", *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 2017, 16(3), 935 - 944
21. V. Binoy, "Catfish *Clarias* is vanishing from the waters of Kerala", *Curr. Sci*, 2010, 99, 714 - 718.
22. R. Ahmad, "Polymorphic β and γ Lens Crystallins Demonstrate Latitudinal Distribution of Threatened Walking Catfish *Clarias batrachus* (Linn.) Populations in North-western India", *Journal of Biological Sciences*, 2012, 12(2), 98 - 104. DOI: 10.3923/jbs.2012.98.104
23. S. S. S. O. Canola, "Morphometric characteristics of Asian walking Catfish *Clarias batrachus* (L., 1758)(Actinopterygii: Clariidae) from the laboratory culture", *Fisheries*, 2010, 13(4), 1-10.
24. N. N. Caldini, D. H. Cavalcante, P. R. N. R. Filho, M. V. C. Sá, "Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass", *Acta Scientiarum Animal Science*, 2015, 37(4), 335 - 341. Doi: 10.4025/actascianimsci.v37i4.27043
25. Y. J. Avnimelech, "Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds", *World Aquaculture*, 2003, 34(4), 19 - 21.
26. M. Emerenciano, G. Gaxiola, G. Cuzon, "Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry", *Biomass Now – Cultivation and Utilization*, 2013, 301 - 328. DOI:10.5772/53902
27. G. Luo, W. Li, H. Tan, X. Chen, "Comparing salinities of 0, 10 and 20 in biofloc genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) production systems", *Aquaculture and Fisheries*, 2017, 2(5), 220 - 226. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.10.002>
28. P. Baumann, L. Baumann, S. S. Bang, M. J. Woolkalis, "Reevaluation of the taxonomy of *Vibrio*, *Beneckeia*, and *Photobacterium*: abolition of the genus *Beneckeia*", *Current Microbiology*, 1980, 4(3), 127 - 132. DOI: 10.1007/BF02602814
29. T.Y. Ling. M.J. Dana S. Bostam L. Nyanti, "Domestic wastewater quality and pollutant loadings from urban housing area", *Iranica Journal of Energy & Environment*, 2012, 3(2), 129 - 133.
30. W. E. Federation, D. A. P. H. Association, "Standard methods for the examination of water and wastewater", *American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation*, 2017, 10086, 1 - 25
31. G. Lepage, C. Roy, "Improved recovery of fatty acid through direct transesterification without prior extraction or purification", *National Center for Biotechnology Information*, 1984., 25(12), 1391 - 1396.
32. W. Horwitz, P. Chichilo, H. J. O. Reynolds, "Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists", *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 1970.
33. F. Mohlman, "The sludge index", *Sewage Works Journal*, 1934, 119 - 122.
34. P. Yuvarajan, "Study on floc characteristics and bacterial count from biofloc- based genetically improved farmed tilapia culture system", *Aquaculture Research*, 2021, 52(4), 1743 - 1756. <https://doi.org/10.1111/are.15030>
35. K. Minabi, I. Sourinejad, M. Alizadeh, E. R. Ghatrami, M. H. Khanjani, "Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings", *Aquaculture International*, 2020, 28, 1883 - 1898.
36. B. K. Reese, D. W. Finneran, H. J. Mills, M. X. Zhu, J. W. Morse, "Examination and refinement of the determination of aqueous hydrogen sulfide by the methylene blue method", *Aquatic Geochemistry*, 2011, 17(4), 567 - 582.
37. M. E. Azim, D. C. J. A. Little, "The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)", *Aquaculture*, 2008, 283(1-4), 29 - 35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036>
38. S. A. El-Shafai, F. A. El-Gohary, F. A. Nasr, N. P. Steen, H. J. Gijzen b, "Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*)", *Aquaculture*, 2004, 232(1-4), 117 - 127. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00516-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00516-7)
39. AOAC, "Association of official analytical chemists. Official methods of analysis", *AOAC Arlington, VA*, 1990.
40. G. Luo, Q. Gao, C. Wang, W. Liu, D. Sun, L. Li, H. Tan, "Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system", *Aquaculture*, 2014, vol. 422, pp. 1 - 7. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.023>

41. E. K. Battisti, A. Rabaioli, J. Uczay, F. J. Sutili, R. Lazzari, "Effect of stocking density on growth, hematological and biochemical parameters and antioxidant status of silver catfish (*Rhamdia quelen*) cultured in a biofloc system", *Aquaculture*, 2020, 524, 735213. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735213>
42. L. J. G. Barcellos, L. C. Kreutz, C. Souza, L. B. Rodrigues, I. Fioreze, R. M. Quevedo, L. Cericato, A. B. Soso, M. Fagundes, J. Conrad, L. A. Lacerda, S. Terra, "Hematological changes in jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy and Gaimard Pimelodidae) after acute and chronic stress caused by usual aquacultural management, with emphasis on immunosuppressive effects", *Aquaculture*, 2004, 237(1-4), 229 - 236. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.03.026>
43. L. J. G. Barcellos, L. C. Kreutz, R. M. Quevedo, I. Fioreze, L. Cericato, A. B. Soso, M. Fagundes, J. Conrad, R. K. Baldissera, A. Bruschi, F. Ritter, "Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement", *Aquaculture*, 2004, 232(1-4), 383 - 394. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00545-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00545-3)
44. H. Verdouw, C. Van Echteld, E. J. W. R. Dekkers, "Ammonia determination based on indophenol formation with sodium salicylate", *Water Research*, 1978, 12(6), 399 - 402. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(78\)90107-0](https://doi.org/10.1016/0043-1354(78)90107-0)
45. M. DuBois, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, F. Smith, "Colorimetric method for determination of sugars and related substances", *Analytical chemistry*, 1956, 28(3), 350 - 356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
46. K. Minabi, I. Sourinejad, M. Alizadeh, E. R. Ghatrami, M. H. Khanjani, "Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings", *Aquaculture International*, 2020, 28, 1883 - 1898.
47. A. Yoram, "Microbial controlled ponds-principles, implementation and new developments", *WAS America Meeting, Las Vegas. Microbial controlled systems, special Symposium*, 2006, 24.
48. P. D. Schryver, R. Crab, T. Defoirdt, N. Boon, W. Verstraete, "The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture", *Aquaculture*, 2008, 277(3-4), 125 - 137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>
49. R. Soares, "Nutritional composition of flocculated material in experimental zero-exchange system for *Penaeus monodon*", *Proceedings of Australian Aquaculture*, 2004, 89.
50. A. G. J. Tacon, J. J. Cody, L. D. Conquest, S. Divakaran, I. P. Forster, O. E. Decamp, "Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets", *Aquaculture Nutrition*, 2002, 8(2), 121 - 137. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00199.x>
51. M. E. Azim, D. C. Little, J. J. B. T. Bron, "Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture", *Bioresource Technology*, 2008, 99(9), 3590 - 3599. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.063>
52. Z. Y. Ju, I. Forster, L. Conquest, W. Dominy, W. C. Kuo, F. D. Horgen, "Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and analysis of floc amino acid profiles", *Aquaculture Research*, 2008, 39(2), 118 - 133. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01856.x
53. T. Fenchel, T. H. Blackburn, "Bacteria and mineral cycling", *Academic Press, Inc. (London) Ltd*, 1979
54. R. Crab, M. Kochva, W. Verstraete, Y. Avnimelech, "Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia", *Aquacultural Engineering*, 2009, 40(3), 105 - 112. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.12.004>
55. D.E. Brune, G. Schwartz, A.G. Eversole, J.A. Collier, T.E. Schwedler, "Intensification of pond aquaculture and high rate photosynthetic systems", *Aquacultural Engineering*, 2003, vol. 28, no. 1-2, pp. 65 - 86. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(03\)00025-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(03)00025-6)
56. M. Jobling, R. R. Stickney, "Aquaculture: An introductory text", *Springer*, 2010.
57. Y. Avnimelech, G. J. A. Ritvo, "Shrimp and fish pond soils: processes and management", *Aquaculture*, 2003, 220(1-4), 549 - 567. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00641-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00641-5)
58. J. M. Ebeling, M. B. Timmons, J. J. A. Bisogni, "Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems", *Aquaculture*, 2006, 257(1-4), 346 - 358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
59. P. S. Furtado, L. H. Poersch, W. J. A. Wasielesky Jr, "Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems". *Aquaculture*, 2011, 321(1-2), 130 - 135. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>
60. M. de L. Cobo, S. Sonnenholzner, M. Wille, P. Sorgeloos, "Ammonia tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) larvae". *Aquaculture Research*, 2014, 45(3), 470 - 475. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03248.x>
61. B. R. De Campos, K. C. M. Filho, F. D'Incao, L. Poersch, W. Wasielesky, "Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817)(Crustacea: Decapoda)", *Atlântica*, 2012, vol. 34, no. 1, pp. 75 - 81. DOI: 10.5088/atl.2012.34.1.75

62. P. De Schryver, W. J. B. T. Verstraete, "Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors", *Bioresource Technology*, 2009, 100(3), 1162 - 1167. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.08.043>
63. M. G. C. Emerenciano, L. R. Martínez- Córdova, M. Martínez-Porchas, A. Miranda-Baeza, "Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture", *Water quality*, 2017, 5, 92 - 109. DOI: 10.5772/66416
64. F. Bakhshi, E. H. Najdegerami, R. Manaffar, A. Tokmechi, K. R. Farah, A. S. Jalali, "Growth performance, haematology, antioxidant status, immune response and histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed biofloc grown on different carbon sources", *Aquaculture Research*, 2018, 49(1), 93 - 403. <https://doi.org/10.1111/are.13469>
65. W. J. Xu, L. Q. Pan, D. H. Zhao, J. Huang, "Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks", *Aquaculture*, 2012, 350, 147 - 153. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.003>
66. P. S. S. Anand, M.P.S. Kohli, S. Kumar, J. K. Sundaray, S. D. Roy, G. Venkateshwarlu, A. Sinha, G. H. Pailan, "Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*", *Aquaculture*, 2014, 418, 108 - 115. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.051>
67. S. M. Moss, I. P. Forster, A. G. Tacon, "Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets", *Aquaculture*, 2006, 258(1-4), 388 - 395. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.008>
68. W. J. Xu, L. Q. Pan, "Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed", *Aquaculture*, 2012, 356, 147 - 152. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.022>
69. N. M. Ahmed, N. S. Flefil, S. I. Tayel, S. A. Mahmoud, A. G. Soliman, "Biological treatment of ammonia using biofloc system for *Oreochromis niloticus* fish", *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 2019, 23(4), 639 - 657. DOI: 10.21608/ejabf.2019.60912
70. S. M. Ali, M. I. Wafa, W. T. Abbas, "Evaluation of *Azotobacter* and *Azospirillum* biofertilizers as a probiotics in *Oreochromis niloticus* aquaculture", *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 2011, 6(5), 535-545. DOI: 10.3923/jfas.2011.535.544
71. M. I. Hanna, M. A. El-Hady, H. A. Ahmed, S. A. Elmeadawy, A. M. Kenwy "A contribution on *Pseudomonas aeruginosa* infection in African Catfish (*Clarias garipinus*)", *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 2014, vol. 5, pp. 175 - 588.
72. I. Ahmad, A. M. B. Rani, A. K. Verma, M. Maqsood, "Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. *Aquaculture International*", *Aquaculture International*, 2017, 25(3), 1215 - 1226.
73. S. J. Arnold, F. E. Coman, C. J. Jackson, S. A. Groves, "High-intensity, zero water-exchange production of juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density", *Aquaculture*, 2009, 293(1-2), 42 - 48. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.03.049>
74. M. E. Megahed, "The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels", *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 2010, 5(2), 119 - 142.
75. H. Manan, J. H. Z. Moh, N. A. Kasan, S. Suratman, M. Ikhwanuddin, "Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system", *Applied Water Science*, 2017, 7(5), 2437 - 2446.

EFFECTS OF WET AND DRY BIO-FLOC ON WATER QUALITY, GROWTH, HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLACK CATFISH (*Clarias fuscus*)

PHUONG-NHUNG TRAN THI

Institute of Food and Biotechnology, Industrial University of Ho Chi Minh City

tranthiphuongnhung@iuh.edu.vn

Abstract: Bio-flocs (BFT), the aggregates of bacteria, algae, protozoa, or other organisms along with particulate organic matters, are rich in proteins, lipids, vitamins, and minerals. Black catfish (*Clarias fuscus*) is an economically valuable fish species and can be used as a medicinal ingredient. Black catfish has a sweet, moist taste and mild-flavored, its flesh is non-toxic and can strengthen blood and qi as well as relieves the pain. The effects of wet and dry BFT biomass on water quality and the growth of black catfish were evaluated in this study. BFT was produced in two 1000L composite tanks with daily molasses supplement

ẢNH HƯỞNG CỦA SINH KHỐI BIO-FLOC...

to adjust the C: N ratio in the water at a ratio of 12: 1. After that, black catfish were fed with a combination of artificial feeds and either wet or dry BFT biomass, for 8 weeks. When the artificial feed source decreased (from 100% to 50%), the amount of BFT biomass replaced correspondingly (7 treatments). The results showed that the concentration of nitrate, TSS, TAN ... of water of the wet BFT received tanks decreased strongly. Additionally, SGR, FCR, PER, hematological and biochemical parameters of black catfish in dry BFT received tanks were less than those of wet BFT received tanks. Thus, the supplement of wet BFT biomass (50%) to feed provides a more beneficial effect for farmed black catfish.

Keywords: Bio-floc, artificial feed, *Clarias fuscus*, black catfish

Ngày gửi bài: 04/01/2021

Ngày chấp nhận đăng: 20/07/2021