

ẢNH HƯỞNG CỦA SYNBIOTIC *Bacillus* sp. - FRUCTOOLIGOSACCHARIDE ĐẾN CÁC CHỈ TIÊU TĂNG TRƯỞNG VÀ MỘT SỐ YẾU TỐ KHÁNG BỆNH CỦA CÁ NÂU (*Scatophagus argus*)

**Nguyễn Thị Huệ Linh*, Nguyễn Đức Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Xuân Hồng,
Nguyễn Ngọc Phước**

Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

*Tác giả liên hệ: nguyenthihuelinh@huaf.edu.vn, nthlinh@hueuni.edu.vn

Nhận bài: 22/11/2025 Hoàn thành phản biện: 10/01/2026 Chấp nhận bài: 28/01/2026

TÓM TẮT

Mục tiêu nghiên cứu nhằm đánh giá tác động của synbiotic gồm *Bacillus* sp. và fructooligosaccharide (FOS) trong khẩu phần ăn đối với một số chỉ tiêu tăng trưởng và miễn dịch của cá nâu (*Scatophagus argus*). Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với bốn nghiệm thức, lặp lại 3 lần, bao gồm: Đối chứng (NT1, không bổ sung *Bacillus* sp. + FOS vào thức ăn), NT2 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL), NT3 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL + 0,2% FOS) và NT4 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL + 0,5% FOS). Cá thí nghiệm được thu mẫu để xác định các chỉ tiêu tăng trưởng tại ngày 0 và ngày 60; tổng số hồng cầu và hoạt tính enzyme lysozyme tại ngày 30 và 60; và cảm nhiễm với *Vibrio* sp. sau 60 ngày cho ăn thức ăn thử nghiệm. Kết quả cá ở nghiệm thức NT3 và NT4 ghi nhận tốc độ tăng trưởng, tổng số hồng cầu và hoạt tính lysozyme cao hơn rõ rệt so với cá ở nghiệm thức đối chứng. Các chỉ số này tăng có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) ở các nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. + FOS vào thức ăn. Sau khi cảm nhiễm *Vibrio* sp., cá ở nghiệm thức NT4 có tỷ lệ chết tích lũy 30% được ghi nhận thấp nhất so với cá ở các nghiệm thức khác. Kết quả khẳng định hiệu quả tích cực của synbiotic *Bacillus* sp. – FOS đối với tăng trưởng và sức kháng bệnh của cá nâu.

Từ khóa: *Bacillus* sp., FOS, Lysozyme, Tổng số tế bào máu, *Scatophagus argus*

EFFECTS OF SYNBIOTIC *Bacillus* sp. - FRUCTOOLIGOSACCHARIDE ON GROWTH INDICATORS AND SOME DISEASE RESISTANCE FACTORS OF SPOTTED SCAT FISH (*Scatophagus argus*)

**Nguyen Thi Hue Linh*, Nguyen Duc Quynh Anh, Nguyen Thi Xuan Hong,
Nguyen Ngoc Phuoc**

University of Agriculture and Forestry, Hue University

*Corresponding author: nguyenthihuelinh@huaf.edu.vn, nthlinh@hueuni.edu.vn

Received: 22/11/2025

Revised: 10/01/2026

Accepted: 28/01/2026

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effects of a synbiotic containing *Bacillus* sp. and fructooligosaccharide (FOS) in the diet on some growth and immune parameters of spotted scat fish (*Scatophagus argus*). A completely random arrangement was employed for the experiment, comprising four treatments, repeating 3 times, including: NT1 (control, without adding *Bacillus* and FOS in feed), NT2 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL), NT3 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL + 0.2% FOS), and NT4 (*Bacillus* sp. 10^7 CFU/mL + 0.5% FOS). Fish were sampled to assess growth parameters on days 0 and 60; total erythrocyte count and lysozyme activity on days 30 and 60; and infected by *Vibrio* sp. after 60 days of feeding trial. The results indicated that fish in the treatment NT3 and NT4 showed higher growth performance, erythrocyte counts, and lysozyme activity than those in fish of the control group. The increase in these indices was statistically significant ($p < 0.05$) in the treatments supplemented with a combination of *Bacillus* sp. and FOS. Following *Vibrio* sp. challenge, the lowest cumulative mortality of experimental fish was recorded in the treatment NT4 (30%). These findings confirm the positive effects of the *Bacillus* sp.–FOS synbiotic on the growth performance and disease resistance of spotted scat.

Keywords: *Bacillus* sp., Erythrocyte count, FOS, Lysozyme, *Scatophagus argus*

1. MỞ ĐẦU

Loài cá nâu (*Scatophagus argus*) là một trong nhiều loài cá phân bố phổ biến tại vùng đầm phá Tam Giang, Thành phố Huế, Việt Nam. Đây là loài ăn tạp, ưu tiên thức ăn có nguồn gốc thực vật, với thực đơn phong phú như rong tảo, rau xanh, côn trùng, giáp xác và thức ăn công nghiệp. Cá nâu là loại rộng muối, sức sống cao, phổ thức ăn đa dạng nên đã và đang là đối tượng nuôi được ưa chuộng hiện nay (Nguyễn Văn Huy và cs., 2021). Tuy vậy, trong quá trình nuôi cá nâu cũng có thể bị nhiễm bệnh do vi khuẩn gây ra, trong đó có vi khuẩn *Vibrio* spp. là tác nhân gây bệnh chính trong nhiều hệ thống nuôi trồng thủy sản, các loài vi khuẩn này xuất hiện nhiều ở môi trường biển nhiệt đới và ôn đới (Ina-Salwany và cs., 2019). Chúng là một phần của hệ vi sinh vật bình thường của môi trường biển (Blancheton và cs., 2013) và khu trú ở ruột của nhiều loài thủy sinh vật (Egerton và cs., 2018). Do đó, bệnh do vi khuẩn *Vibrio* là một trong các bệnh chính ở nhiều loài cá nuôi và cá tự nhiên đã dẫn đến thiệt hại kinh tế đáng kể cho người nuôi (Mohd Nor và cs., 2019). Vi khuẩn *Vibrio* có thể gây ra tỷ lệ tử vong ở cá, sản lượng và chất lượng cá thấp hoặc chi phí quản lý và kiểm soát dịch bệnh tăng ở cá nuôi (Peterman và Posadas, 2019). Hơn nữa, khả năng mắc bệnh do *Vibrio* thường cao hơn ở cá nuôi giai đoạn giống khi mới thả vào hệ thống nuôi thương phẩm so với cá trưởng thành (Ransangan và cs., 2012). *Vibrio* spp. đã được báo cáo là tác nhân gây bùng phát dịch bệnh ở một số loài cá biển như: cá hề chấm đỏ (*Abudefduf vaigiensis*), cá chim vây vàng (*Trachinotus blochii*), cá chẽm (*Lates calcarifer*), cá rô phi (*Oreochromis niloticus*), cá hề cam (*Amphitriton percula*) ở Ấn Độ (Sony và cs., 2021), cá mú (*Epinephelus fuscoguttatus*) ở Malaysia và Thái Lan (Mohd-Aris và cs., 2019a; Hoihuan và cs., 2021), cá mú lai (*E. fuscoguttatus* × *E. lanceolatus*) ở Trung Quốc (Zhu và cs., 2017); cá đối mục (*Mulgi cephalus*) ở Ai Cập (El-Son và cs., 2021); và cá Hồng mỹ (*Sciaenops ocellatus*) ở Việt Nam (Yen và cs., 2022).

Trong nuôi trồng thủy sản biển, synbiotic và các chế phẩm sinh học khác được xem là biện pháp hữu hiệu để phòng bệnh cho cá. Synbiotic là sản phẩm được tạo ra từ sự kết hợp giữa các vi khuẩn có lợi (như *Bacillus*, *Lactobacillus*...) và một loại carbohydrate có nguồn gốc chủ yếu từ thực vật. Synbiotic tạo điều kiện thuận lợi cho lợi khuẩn phát triển, tăng cường hoạt hóa các quá trình chuyển hóa và nâng cao khả năng sống sót của chúng trong đường ruột. Điều này góp phần duy trì hệ vi sinh cân bằng và cải thiện sức khỏe vật chủ. (DeVrese và Schrezenmeir, 2008; Pandey và cs., 2015; Ringø và Song, 2016). Trong đó, fructooligosaccharide (FOS) là một dạng carbohydrate có nguồn gốc thực vật được đánh giá có tiềm năng ứng dụng cao trong nuôi trồng thủy sản (Zhou và cs., 2010; Dong và Wang, 2013). Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc bổ sung fructooligosaccharide vào khẩu phần ăn đã giúp cải thiện tốc độ tăng trưởng ở động vật thủy sản như cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*), cá trôi Ấn Độ (*Labeo rohita*), cá dìa (*Siganus guttatus*) (Anh và Hương, 2014; Sukul và cs., 2023; Chat và cs., 2024). Tuy nhiên, các bằng chứng khoa học về ảnh hưởng của synbiotic đến tăng trưởng và miễn dịch ở cá nâu (*S. argus*) hiện vẫn còn hạn chế. Từ thực tiễn trên, nghiên cứu này hướng đến việc bước đầu xem xét ảnh hưởng của synbiotic *Bacillus* sp. - fructooligosaccharide với các tỷ lệ phối trộn khác nhau lên tốc độ tăng trưởng và các chỉ tiêu miễn dịch của cá nâu (*S. argus*), nghiên cứu được kỳ vọng sẽ tạo nền tảng khoa học cho những nghiên cứu sau này liên quan đến việc ứng dụng chế phẩm synbiotic trong phòng và trị bệnh ở cá biển nuôi.

2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

2.1.1 Vi khuẩn thử nghiệm

Chủng vi khuẩn *Bacillus* sp. được phân lập từ ruột cá ngừ (*Thunnus* sp.) thu tại vùng biển thành phố Huế. Dịch ruột của cá ngừ được sử dụng để phân lập vi khuẩn

Bacillus, môi trường dinh dưỡng sử dụng là TSA (Tryptone Soy Agar, Himedia, Ấn Độ), điều kiện nuôi cấy ở 28°C trong 24 – 48 giờ. Các khuẩn lạc có hình thái đặc trưng được định danh sơ bộ dựa trên đặc điểm hình thái và phản ứng sinh hóa cơ bản, sau đó được xác nhận bằng giải trình tự gen 16S rRNA (số liệu không công bố). Chuồng *Bacillus* sp. được lưu giữ và cung cấp cho nghiên cứu này từ Phòng thí nghiệm Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Chuồng *Bacillus* sp. được tái nuôi cấy trên môi trường dinh dưỡng TSA ở 28°C trong 24 giờ. Sau đó chủng vi khuẩn này được chuyển sang môi trường lỏng TSB (Tryptone Soy Broth, Himedia, Ấn Độ) và được ủ trên máy lắc (100 vòng/phút, Yinder, Trung Quốc) trong 24–48 giờ ở 28°C để tăng sinh. Dịch vi khuẩn trong môi trường TSB được xử lý ly tâm ở 3.000 vòng/phút trong thời gian 20 phút. Dịch nổi sau ly tâm được loại bỏ, phần còn lại được bổ sung NaCl sinh lý 0,85% để thu huyền phù. Dịch huyền phù của vi khuẩn (1 mL) được sử dụng để xác định mật độ tế bào bằng quang phổ kế (Spectrophotometer 4111 RS, Zuzi, Tây Ban Nha) ở bước sóng 620 nm, $OD_{600} = 1$ tương ứng với mật độ vi khuẩn 10^8 CFU/mL (số liệu không công bố).

2.1.2 Chuẩn bị thức ăn thử nghiệm

Sự phối trộn vi khuẩn *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL) và fructooligosaccharide ở nồng độ 0,2% và 0,5% được tiến hành theo liều lượng và phương pháp của Bùi Thị Bích Hằng và Nguyễn Thanh Phương (2019) với một số điều chỉnh nhẹ. Dịch huyền phù vi khuẩn *Bacillus* sp. (100 mL, mật độ 10^8 CFU/mL) được ly tâm ở 3.000 vòng/phút trong 20 phút, phần cặn vi khuẩn được hòa trong 10 mL nước cất đã bổ sung fructooligosaccharide với hàm lượng 0,2 g và 0,5 g. Hỗn hợp (10 mL) ở từng nồng độ được phối trộn kỹ với 100 g thức ăn công nghiệp (Saving SS40, Công ty trách nhiệm hữu hạn DACHAN, Việt Nam). Sau khi phối trộn, thức ăn được phun bổ sung 1% dầu cá làm chất kết dính, trộn đều, để khô ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ, sau đó đóng gói

và bảo quản ở 4°C cho đến khi sử dụng trong thí nghiệm.

Nguồn fructooligosaccharide sử dụng trong các thí nghiệm của nghiên cứu này là sản phẩm được sản xuất từ tập đoàn WakoPure Chemical Industries, Ltd. (Nhật Bản).

2.1.3. Vi khuẩn cảm nhiễm bệnh

Chuồng vi khuẩn *Vibrio* sp. được phân lập từ cá nâu (*S. argus*) mắc bệnh lở loét tại vùng nuôi thuộc phường Thuận An, thành phố Huế. Chủng này được định danh sơ bộ dựa trên đặc điểm hình thái khuẩn lạc và các chỉ tiêu sinh hóa (dữ liệu chưa công bố), và hiện được lưu giữ tại Phòng thí nghiệm Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

Trước thí nghiệm cảm nhiễm, vi khuẩn được tái nuôi cấy trên môi trường dinh dưỡng TSA + 2% NaCl, rồi tăng sinh trong TSB + 2% NaCl. Ở các bước nuôi cấy, vi khuẩn đều được ủ ở 28°C trong 24 – 48 giờ. Sau đó, mật độ vi khuẩn được điều chỉnh về 10^5 CFU/mL dựa phương pháp đo quang phổ tại OD_{600} và phương pháp đếm khuẩn lạc.

2.2. Cá thí nghiệm

Cá nâu (*S. argus*, 3–5 g) được thu từ ao nuôi ở phường Phong Phú, thành phố Huế. Cá được nuôi trong bể composite (1000L) để thích nghi với điều kiện thí nghiệm trong 14 ngày. Cá được cho ăn thức ăn công nghiệp (40% protein thô; 3% khối lượng thân), chia làm hai lần/ngày (8 giờ 00 và 14 giờ 00). Bể nuôi được sục khí liên tục 24 giờ/ngày. Trong suốt quá trình nuôi thuần và thí nghiệm, các yếu tố môi trường được duy trì ổn định với nhiệt độ nước 22–23°C, độ mặn 22‰ và oxy hòa tan 5–6 mg/L.

Trước khi tiến hành thí nghiệm, 5 cá nâu được bắt ngẫu nhiên để kiểm tra hoạt động bơi lội linh hoạt, bề mặt cơ thể không bị trầy xước, các tia vây nguyên vẹn, nội quan không có dấu hiệu bất thường, cá không bị nhiễm ngoại ký sinh trùng, nội ký sinh trùng và vi khuẩn.

2.3. Bố trí thí nghiệm

2.3.1 Thí nghiệm ảnh hưởng của thức ăn phối trộn *Bacillus* sp. và FOS lên tốc độ tăng trưởng và một số chỉ số đáp ứng miễn dịch của cá nâu

Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với bốn nghiệm thức. Các nghiệm thức bao gồm NT1: cá được cho ăn thức ăn không bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (đối chứng); NT2: cá được cho ăn thức ăn có bổ sung *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL); NT3: cá được cho ăn thức ăn có bổ sung *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL) và 0,2% FOS; NT4: cá được cho ăn thức ăn có bổ sung *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL) và 0,5% FOS. Mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần. Trong 60 ngày cho ăn có hoặc không có thức ăn thử nghiệm, cá được nuôi với mật độ 30 con trong bể 120 L, cho ăn 2 lần/ngày, khẩu phần bằng 5% khối lượng thân.

Tại ngày 0, phân bố ngẫu nhiên 40 cá về mỗi bể, sau đó thu 10 cá/bể tiến hành cân, đo để xác định khối lượng và chiều dài ban đầu của cá thí nghiệm. Tại ngày 60 kết thúc thí nghiệm, 15 cá/bể ngẫu nhiên được cân khối lượng và đo chiều dài để xác định tốc độ tăng trưởng.

Tiến hành thu mẫu máu cá ở các nghiệm thức (3 cá/bể) vào ngày thứ 30 và ngày 60 sau khi cá được bổ sung có hoặc không hỗn hợp FOS và *Bacillus* sp. để xác định tổng số hồng cầu và hoạt tính lysozyme.

2.3.2 Thí nghiệm cảm nhiễm vi khuẩn gây bệnh *Vibrio* sp. lên cá nâu

Sau 60 ngày bổ sung hoặc không bổ sung hỗn hợp FOS và *Bacillus* sp. cá thí nghiệm ở các nghiệm thức cho ăn (NT1, NT2, NT3 và NT4) được tiến hành gây cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio* sp. Nguồn vi khuẩn chuẩn bị từ mục 2.1.3, được pha loãng đến 10^5 CFU/mL (giá trị LD₅₀, số liệu không công bố) và sử dụng cho thí nghiệm cảm nhiễm cá.

Thí nghiệm bố trí 12 cá/bể, mỗi nghiệm thức có 3 bể. Cá thí nghiệm ở mỗi nghiệm thức được cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio* sp. (10^5 CFU/mL) bằng phương pháp

ngâm. Sau 2 giờ ngâm, cá được đưa trở lại từng bể nuôi ở mỗi nghiệm thức. Tỷ lệ chết của cá sau cảm nhiễm được quan sát trong 14 ngày. Các bể nuôi cá thí nghiệm được sục khí liên tục, không thay nước, cá được cho ăn thức ăn công nghiệp theo nhu cầu.

Tỷ lệ chết (%) = (Tổng số cá chết / Tổng số cá thí nghiệm) x 100

2.4. Phương pháp xác định một số chỉ tiêu tăng trưởng và miễn dịch

2.4.1. Tốc độ tăng trưởng

Tốc độ tăng trưởng được đánh giá dựa trên số liệu chiều dài và khối lượng thân của cá được thu mẫu ngẫu nhiên vào ngày 0 và ngày 60 của thí nghiệm.

Tốc độ tăng trưởng của cá được tính theo công thức:

Tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối của cá (DWG) = $(W_t - W_0)/t$ (g/ngày)

Tốc độ tăng trưởng khối lượng tương đối của cá (WG) = $100 \cdot (W_t - W_0) / W_0$ (%/ngày)

Trong đó: W_0 : Khối lượng cá ban đầu (g), W_t : Khối lượng cá kết thúc thí nghiệm (g),

t: Thời gian thí nghiệm (ngày)

Tốc độ tăng trưởng chiều dài tuyệt đối của cá (DLG) = $(L_t - L_0)/t$ (cm/ngày)

Tốc độ tăng trưởng chiều dài tương đối của cá (LG) = $100 \cdot (L_t - L_0) / L_0$ (%/ngày)

Trong đó: L_0 : Chiều dài cá ban đầu (g), L_t : Chiều dài cá kết thúc thí nghiệm (g),

t: Thời gian thí nghiệm (ngày)

2.4.2. Tổng số hồng cầu

Tiến hành lấy máu cá từ động mạch chủ ở đuôi bằng kim tiêm tiệt trùng (1 mL) đã tráng qua dung dịch chống đông lithium heparin (Công ty cổ phần y tế Hồng Thiện Mỹ, Việt Nam). Sau đó, pha loãng máu cá bằng dung dịch Natt-Herrick (Gentian violet 0.6 mM; Natri citrate 5.8 mM) theo tỷ lệ 10 μ L : 990 μ L (1:100).

Số lượng hồng cầu được xác định bằng buồng đếm Neubauer (Natt và

Herrick, 1952) và được tính toán theo công thức:

$$\text{Tổng số hồng cầu (tế bào/mL)} = \text{HC} \times 10 \times 5 \times 200 \times 1000$$

Trong đó, HC: Tổng số hồng cầu trong 5 vùng đếm

2.4.3 Hoạt tính lysozyme

Xác định đường chuẩn lysozyme: chuẩn bị dung dịch lysozyme ở các nồng độ 0; 2; 4; 8 và 16 µg/mL. Tiếp đó, cho 10 µL dung dịch từ mỗi nồng độ của dung dịch lysozyme đã chuẩn bị vào đĩa 96 giếng, rồi thêm 200 µL dịch huyền phù vi khuẩn *Micrococcus luteus* (Sigma) vào mỗi giếng đã có dung dịch lysozyme ở các nồng độ khác nhau.

Hoạt tính lysozyme trong huyết thanh cá được xác định bằng phương pháp so màu: 10 µL huyết thanh được cho vào đĩa 96 giếng, thêm 200 µL huyền phù vi khuẩn *M. luteus*, ủ ở 27°C, sau đó đo độ hấp thụ ở 495 nm bằng quang phổ kế UV-Vis. Giá trị

Bảng 1. Chỉ tiêu tăng trưởng của cá nâu sau 60 ngày nuôi với chế độ ăn bổ sung hoặc không bổ sung *Bacillus* sp. và FOS ở các nghiệm thức thí nghiệm

Các chỉ tiêu đánh giá	Nghiệm thức NT1	Nghiệm thức NT2	Nghiệm thức NT3	Nghiệm thức NT4
Khối lượng đầu (g)	3,8±0,8	3,8±0,9	3,9±0,7	4,0±0,6
Khối lượng cuối (g)	9,8±0,8 ^a	10,1±1,0 ^a	11,4±1,1 ^b	11,9±1,1 ^c
Chiều dài đầu (cm)	4,9±0,6	5,0±0,9	5,2±0,8	5,2±0,7
Chiều dài cuối (cm)	7,2±0,7 ^a	7,5±0,7 ^b	7,6±0,8 ^{bc}	7,7±0,8 ^c
Tốc độ tăng trưởng khối lượng tương đối (WG; %)	155,6±3,2 ^a	166,1±13,4 ^a	190,4±9,5 ^b	201,5±7,3 ^c
Tốc độ tăng trưởng chiều dài tương đối (LG; %)	47,7±0,4 ^a	48,8±2,1 ^b	48,2±6,8 ^b	48,7±1,5 ^b
Tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối (DWG; g/ngày)	0,1±0,0 ^a	0,11±0,0 ^{ab}	0,12±0,0 ^{bc}	0,13±0,0 ^c
Tốc độ tăng trưởng chiều dài tuyệt đối (DLG; cm/ngày)	0,039±0,0 ^a	0,04±0,0 ^a	0,04±0,0 ^a	0,04±0,0 ^a

Các giá trị có cùng ký tự trong cùng một hàng (a, b, c) cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa

thống kê ($p > 0,05$). NT1: nghiệm thức đối chứng; NT2: nghiệm thức chỉ bổ sung *Bacillus* sp.;

NT3: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,2%); NT4: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,5%)

Bảng 1 cho thấy, khối lượng và chiều dài cuối cùng của cá ở các nghiệm thức (NT3 và NT4) có bổ sung *Bacillus* sp. kết hợp FOS cao hơn có ý nghĩa so với đối chứng và nghiệm thức chỉ bổ sung *Bacillus* sp. (NT1 và NT2) ($p < 0,05$) sau 60 ngày thí nghiệm. Tốc độ tăng trưởng khối lượng và chiều dài tương đối cũng được cải thiện rõ

hoạt tính lysozyme được tính toán dựa trên đường chuẩn lysozyme đã xây dựng (Ellis và cs., 1990).

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Kiểm định sự khác biệt giữa các nghiệm thức sử dụng One-way ANOVA, các giá trị trung bình được so sánh bằng Tukey test ở mức ý nghĩa $p < 0,05$ trên phần mềm SPSS phiên bản 15.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của synbiotic gồm *Bacillus* sp. và fructooligosaccharide đối với một số chỉ tiêu tăng trưởng của cá nâu (*S. argus*)

Sau 60 ngày thử nghiệm cho ăn hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* sp. và fructooligosaccharide, các chỉ tiêu tăng trưởng của cá nâu được thể hiện ở Bảng 1.

rệt ở NT3 và NT4, đặc biệt ở mức bổ sung 0,5% FOS (NT4). Hiện nay chưa có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của hỗn hợp gồm vi khuẩn có lợi *Bacillus* và FOS lên tốc độ tăng trưởng của cá biển nói chung và cá nâu nói riêng. Panase và cs. (2023) ghi nhận rằng bổ sung FOS và *B. subtilis* không làm thay đổi đáng kể hiệu suất tăng trưởng của

cá rô phi ($24,5 \pm 1,6$ g). Tuy nhiên, Pawar và cs. (2023) đã chứng minh rằng kết hợp FOS và *B. subtilis* (10^4 – 10^6 CFU/mL) đã cải thiện hệ số chuyển đổi thức ăn và tốc độ tăng trưởng của cá trôi Ấn Độ (*Labeo fimbriatus*) giai đoạn giống. Kết quả của nghiên cứu này cũng đã cho thấy rằng synbiotic gồm *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL) và FOS (0,2 và 0,5%) có hiệu quả tích cực trong quá trình tăng trưởng của cá nâu giống so với nghiệm thức đối chứng. Như vậy, synbiotics khi bổ sung vào thức ăn đã hiệu quả nâng cao hiệu suất tăng trưởng ở cá chủ yếu bằng cách cải thiện việc sử dụng và hấp

Bảng 2. Tổng hồng cầu của cá nâu sau khi cho ăn hoặc không cho ăn hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* sp. và FOS

Nghiệm thức	Ngày 30 cho ăn thức ăn bổ sung ($\times 10^6$ tế bào/mL)	Ngày 60 cho ăn thức ăn bổ sung ($\times 10^6$ tế bào/mL)
NT1	$116,7 \pm 6,5^a$	$122 \pm 3,6^a$
NT2	$143 \pm 5,3^b$	$152,7 \pm 3,2^b$
NT3	$152 \pm 6,2^b$	$171,3 \pm 3,5^c$
NT4	$179 \pm 6,2^c$	$192,3 \pm 3,1^d$

Các giá trị có cùng ký tự trong cùng một cột (a, b, c, d) cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). NT1: nghiệm thức đối chứng; NT2: nghiệm thức chỉ bổ sung *Bacillus* sp.; NT3: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,2%); NT4: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,5%)

Thí nghiệm ghi nhận tổng số hồng cầu của cá cao hơn ở các nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và/hoặc FOS (NT2, NT3, NT4) cao hơn có ý nghĩa so với đối chứng (NT1) vào ngày thứ 30 và 60 cho ăn ($p < 0,05$). Tổng số hồng cầu ở các nghiệm thức bổ sung FOS kết hợp *Bacillus* sp. (NT3 và NT4) vào ngày thứ 60 có xu hướng cao hơn so với ngày thứ 30, nhưng sự khác biệt này không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Huyết học là một chỉ số quan trọng phản ánh tình trạng sinh lý và sức khỏe của động vật, trong đó có cá. Thông qua việc phân tích tế bào máu, có thể đánh giá được tác động của các chất kích thích miễn dịch đến hoạt động của hệ miễn dịch cá (Maita, 2007).

Đã có nhiều nghiên cứu chứng minh rằng synbiotics tuy không tương tác trực tiếp với hồng cầu ở cấp độ tế bào, nhưng dưới tác dụng tích cực của synbiotics đối với sức khỏe, khả năng hấp thụ chất dinh

thụ chất dinh dưỡng, tối ưu hóa sự cân bằng vi khuẩn đường ruột và kích thích hệ thống miễn dịch (Zakariae và cs., 2021, Linda và cs., 2025).

3.2. Ảnh hưởng của chế độ ăn thức ăn bổ sung *Bacillus* sp. và FOS đến một số yếu tố đáp ứng miễn của cá nâu

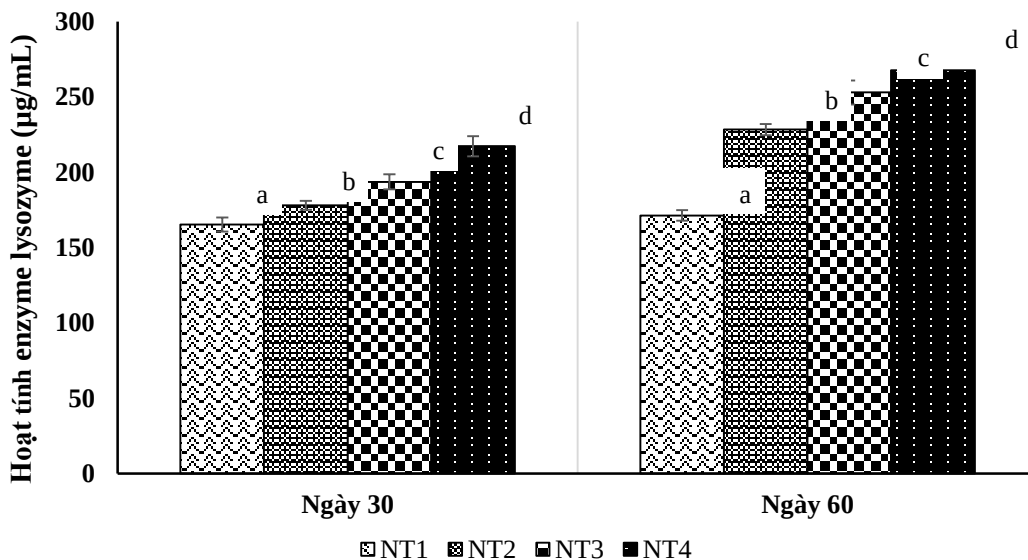
Tổng hồng cầu

Tổng số hồng cầu của cá ở nghiệm thức thí nghiệm và nghiệm thức đối chứng ngày thứ 30 và 60 cho cá ăn thức ăn có hoặc không cho ăn hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* sp. và FOS được thể hiện ở Bảng 2.

dưỡng và chức năng miễn dịch của cá đã dẫn đến những cải thiện đáng kể về các thông số huyết học, bao gồm tăng số lượng hồng cầu và nồng độ hemoglobin (Huynh và cs., 2017; Srirenegaraj và cs., 2023; Rahmi và cs., 2025). Kết quả thí nghiệm này cho thấy việc bổ sung *Bacillus* sp. và FOS đã có tác dụng tích cực trong việc gia tăng số lượng hồng cầu ở cá nâu. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Akrami và cs. (2013) trên cá tầm (*Acipenser stellatus*) khi bổ sung FOS vào thức ăn, và với nghiên cứu của Bùi Thị Bích Hằng và Nguyễn Thanh Phương (2019) trên cá rô phi (*Oreochromis* sp.) khi bổ sung FOS và *B. subtilis* vào thức ăn của cá.

Hoạt tính enzyme lysozyme

Kết quả hoạt tính enzyme lysozyme của cá tại các nghiệm thức thí nghiệm và đối chứng ngày thứ 30 và 60 cho cá ăn (hoặc không cho ăn) hỗn hợp *Bacillus* sp. và FOS, được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Hoạt tính enzyme lysozyme của cá nâu sau khi cho ăn hoặc không cho ăn hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* sp. và FOS. Các giá trị có cùng ký tự trong cùng một hàng (a, b, c, d) cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$). NT1: nghiệm thức đối chứng; NT2: nghiệm thức chỉ bổ sung *Bacillus* sp.; NT3: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,2%); NT4: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,5%)

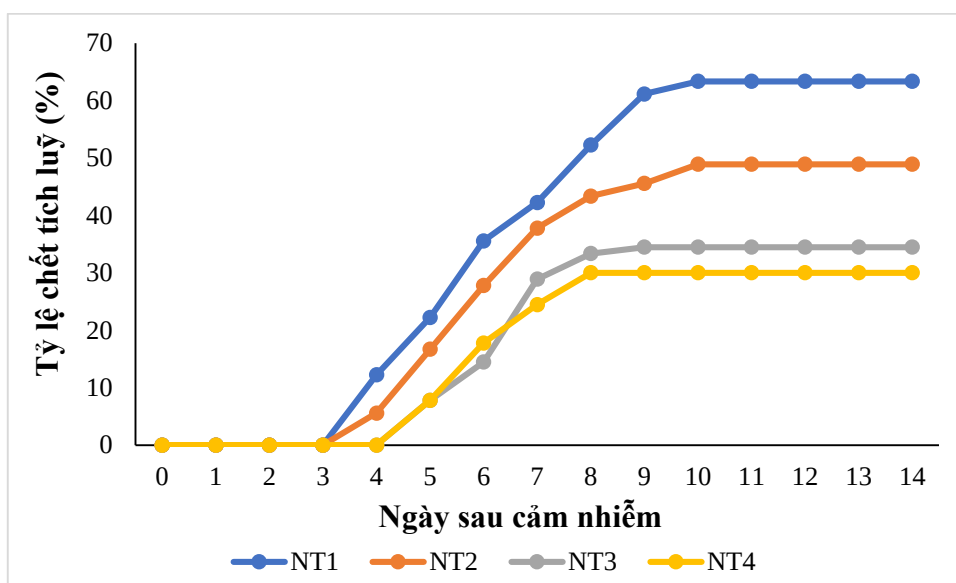
Kết quả cho thấy, vào ngày thứ 30 bổ sung *Bacillus* sp. và FOS, hoạt tính lysozyme huyết thanh của cá ở các nghiệm thức NT2, NT3 và NT4 tăng có ý nghĩa thống kê so với cá ở nghiệm thức đối chứng ($p<0,05$). Đến ngày thứ 60, hoạt tính này tiếp tục gia tăng và đạt mức cao nhất ở NT4 ($p<0,05$). So sánh theo thời gian, giá trị lysozyme ở ngày thứ 60 cao hơn so với ở ngày thứ 30 ở tất cả các nghiệm thức, cho thấy hiệu quả tích lũy của việc bổ sung synbiotic cho cá nâu thí nghiệm (Hình 1).

Trong hệ miễn dịch của cá, lysozyme là enzyme quan trọng có chức năng phá hủy vách tế bào vi khuẩn; enzyme này hiện diện trong dịch nhầy, máu và các cơ quan chứa bạch cầu (Lie và cs., 1989). Nhiều nghiên cứu trước đây cũng cho thấy tác động tích cực của probiotic và prebiotic đến hoạt tính lysozyme: bổ sung *B. subtilis* làm tăng hoạt tính lysozyme ở cá rô phi (*Oreochromis*

niloticus) nuôi mật độ cao (Guilherme và cs., 2014) và ở cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) (Maryam và Masood, 2014); bổ sung kết hợp FOS và *B. subtilis* giúp tăng hoạt tính lysozyme ở cá điêu hồng (*Oreochromis* sp.) (Bùi Thị Bích Hằng và Nguyễn Thanh Phương, 2019). Ngoài ra, nghiên cứu của Zhang và cs. (2014) cho thấy, việc bổ sung FOS và *Bacillus licheniformis* cho cá vền (*Megalobrama terminalis*) đã làm tăng đáng kể tế bào bạch cầu, hoạt tính lysozyme và bổ thể.

3.3 Ảnh hưởng của chế độ ăn thức ăn bổ sung *Bacillus* sp. và FOS đến tỷ lệ sống của cá nâu sau khi cảm nhiễm với *Vibrio* sp.

Tỷ lệ chết tích lũy của cá ở nhóm thí nghiệm và nhóm đối chứng sau 60 ngày cho ăn hoặc không cho ăn hỗn hợp *Bacillus* sp. và FOS, và sau 14 ngày cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio* sp., kết quả thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Tỷ lệ chết tích lũy của cá thí nghiệm sau 14 ngày cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio* sp. NT1: nghiệm thức đối chứng; NT2: nghiệm thức chỉ bổ sung *Bacillus* sp.; NT3: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,2%); NT4: nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. và FOS (0,5%)

Theo Hình 2, cá ở nghiệm thức đối chứng (NT1) và nghiệm thức bổ sung duy nhất *Bacillus* sp. (NT2) bắt đầu chết vào ngày thứ 3 và tỉ lệ chết tích lũy lần lượt là 63,3% và 48,9%. Trong khi đó, cá ở các nghiệm thức bổ sung *Bacillus* sp. kết hợp FOS (NT3 và NT4) bắt đầu chết muộn hơn (ngày thứ 4), với tỷ lệ chết tích lũy thấp hơn rõ rệt, đặc biệt NT4 chỉ khoảng 30% ($p < 0,05$). Như vậy, bổ sung *Bacillus* sp. kết hợp FOS, đặc biệt ở mức 0,5%, giúp cải thiện đáng kể khả năng sống sót của cá nâu sau khi cảm nhiễm với *Vibrio* sp..

Nghiên cứu của Zhang và cs. (2014) cũng cho thấy kết quả tương tự, khi bổ sung *B. licheniformis* và FOS cho cá vền (*M. terminalis*) đã nâng cao tỷ lệ sống sau cảm nhiễm *Aeromonas hydrophila*. Cũng theo Faramazi và cs. (2011), việc bổ sung *Lactobacillus acidophilus* cho cá hồi vân (*O. mykiss*) đã cải thiện sức đề kháng và làm tăng tỷ lệ sống sau khi cảm nhiễm *Pseudomonas aeruginosa*. Cơ chế bảo vệ này được cho là do vi khuẩn *Bacillus* có khả năng cạnh tranh chất dinh dưỡng, chiếm chỗ bám và tiết các chất kháng khuẩn ức chế vi khuẩn vi khuẩn gây bệnh (Aly và cs., 2008).

4. KẾT LUẬN

Bổ sung hỗn hợp vi khuẩn *Bacillus* sp. (10^7 CFU/mL) và FOS (0,2 hoặc 0,5%) vào thức ăn đã cải thiện đáng kể lên tốc độ tăng trưởng, tổng số tế bào máu và hoạt tính enzyme lysozyme của cá nâu giống thí nghiệm sau 60 ngày nuôi. Ngoài ra, hỗn hợp này còn giúp nâng cao sức đề kháng của cá nâu đối với *Vibrio* sp., thể hiện qua tỷ lệ chết tích lũy sau cảm nhiễm dưới 50% và thấp hơn rõ rệt so với các nghiệm thức không bổ sung. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc bổ sung synbiotic *Bacillus* sp. và FOS là giải pháp tiềm năng nhằm nâng cao hiệu quả nuôi cá nâu và giảm thiểu rủi ro do bệnh vi khuẩn gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu tiếng Việt

- Lê Thị Mai Anh và Đỗ Thị Thanh Hương. (2014). Ảnh hưởng của fructooligosaccharide trong thức ăn lên tăng trưởng và các enzyme tiêu hóa cá tra giống (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 31, 79–86.
- Bùi Thị Bích Hằng và Nguyễn Thanh Phương. (2019). Ảnh hưởng của việc bổ sung fructooligosaccharides và vi khuẩn *Bacillus subtilis* vào thức ăn lên hệ miễn dịch và khả

- năng kháng bệnh của cá điêu hồng (*Oreochromis* sp.). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 55(4B), 53–63. DOI: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2019.108>
- Nguyễn Văn Huy, Lê Minh Tuệ, Trần Thị Thu Sương, Nguyễn Phi Nam, Lê Thị Thu An và Nguyễn Tử Minh. (2021). Đặc điểm dinh dưỡng và sinh trưởng của cá nâu *Scatophagus argus* (Linnaeus, 1776) phân bố ở đầm phá Tam Giang. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 57(2B), 162–168. DOI: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2021.050>
- 2. Tài liệu tiếng nước ngoài**
- Akrami, R., Iri, Y., Rostami H.K., & Mansour, M.R. (2013). Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hematoimmunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. *Fish & Shellfish Immunology*, 35, 1235–1239.
- Aly, S.M., Ahmed, Y.A.G., Ghareeb, A.A.A., & Mohamed, M.F. (2008). Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. *Fish & Shellfish Immunology*, 25(1–2), 128–136. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.03.013>
- Blancheton, J.P., Attramadal, K.J.K., Michaud, L., Roque d' Orbecastel, E., & Vadstein, O. (2013). Insight into bacterial population in aquaculture systems and its implication. *Aquacultural Engineering*, 53, 30–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.009>
- Chat, T.T, Anh, L.T.N, Huy, N.D, Hoa, T.T, Phat, L.T, Bossier, P. & Manh, H.N. (2024). Synbiotics of *Pediococcus pentosaceus* and fructooligosaccharide enhances the growth rate, enzymatic digestion, feed efficiency, hematological profiles, and lysozyme activity of Golden Rabbitfish (*Siganus guttatus*). *Aquaculture Reports*, 36, 102176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102176>
- De Vrese, M., & Schrezenmeir, J. (2008) Probiotics, prebiotics, and synbiotics. In: *Food Biotechnology* (pp. 1 - 66). Springer Berlin Heidelberg.
- Dong, C., & Wang, J. (2013). Immunostimulatory effects of dietary fructooligosaccharides on red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Aquaculture Research*, 44(9), 1416–1424.
- Egerton, S., Culloty, S., Whooley, J., Stanton, C., & Ross, R.P. (2018). The gut microbiota of marine fish. *Frontiers in Microbiology*, 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00873>.
- Ellis, A. E. (1990). Lysozyme Assays. In: Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Anderson, D.P., Roberson, B.S. and Van Muiswinkel, W.B., Eds., *Techniques in Fish Immunology*, SOS Publications, Fair Haven, 101–103.
- El-Son, M.A.M., Nofal, M.I., & Abdel-Latif, H.M.R. (2021). Co-infection of *Aeromonas hydrophila* and *Vibrio parahaemolyticus* isolated from diseased farmed striped mullet (*Mugil cephalus*) in Manzala, Egypt – a case report. *Aquaculture*, 530, 735–738.
- Faramazi, M.S., Lashkarbolooki M., & Iranshahi F. (2011). The investigation of *Lactobacillus acidophilus* as probiotics on growth performance and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 6(1), 32–38.
- Guilherme, S.T., Ranzani-Paiva, M.J., Dias, D.C., Sussel, F.R., Ishikawa, C.M., & Tachibana, L. (2014). Dietary administration of *Bacillus subtilis* on hematology and nonspecific immunity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised at different stocking densities. *Fish & Shellfish Immunology*, 39(2), 305–311.
- Huynh, T.G., Shiu, Y.L., Nguyen, T.P., Truong, Q.P., Chen, J.C., & Liu, C.H. (2017). Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 64, 367–382.
- Ina-Salwany, M.Y., Al-saari, N., Mohamad, A., Mursidi, F.A., Mohd-Aris, A., Amal, M.N. A., Kasai, H., Mino, S., Sawabe, T., & Zamri-Saad, M. (2019). Vibriosis in fish: a review on disease development and prevention. *The Journal of Aquatic Animal Health*, 31, 3–22.
- Lie O., Evensen O., Sorensen A., & Froysadal E. (1989). Study of lysozyme activity in some fish species. *Diseases of Aquatic Organisms*, 6, 1–5.
- Linda, S.S., Islam, Md. J., Mou, S.A., Islam, Md. H., Shahjahan, Md., & Islam, M.S. (2025). Synbiotic supplementation boosts

- growth, gut health, and immunity in Asian Fossil catfish (*Heteropneustes fossilis*), *Aquaculture Research*, 4542077. DOI: <https://doi.org/10.1155/are/4542077>
- Maita, M. (2007). Fish health assessment. In: Nakagawa H., Sato M., Gatlin III D.M. (Eds.). Dietary supplements for the health and quality of cultured fish. *CAB International*. Oxon, UK, 10–34.
- Maryam, K., & Masood, G. (2014). Studies on *Bacillus subtilis*, as potential probiotics, on the hematological and biochemical parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 2(5), 203–207. DOI: <https://doi.org/10.12691/jaem-2-5-1>
- Mohd Nor, N., Yazid, S.H.M., Daud, H.M., Amal, M.N.A., & Mohamad, N. (2019). Costs of management practices of Asian seabass (*Lates calcarifer* Bloch, 1790) cage culture in Malaysia using stochastic model that includes uncertainty in mortality. *Aquaculture*, 510, 347–352.
- Mohd-Aris, A., Saad, M.Z., Daud, H.M., Yusof, M.T., & Ina-Salwany, M.Y. (2019). *Vibrio harveyi* protease deletion mutant as a live attenuated vaccine candidate against vibriosis and transcriptome profiling following vaccination for *Epinephelus fuscoguttatus*. *Aquaculture International*, 27, 125–140. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0311-x>
- Natt, M.P., & Herrick, C.A. (1952). A new blood diluent for counting the erythrocytes and leucocytes of the chicken. *Poultry Science*, 31(4), 735–738.
- Panase, A., Thirabunyanon, M., Promya, J., & Chitmanat, C. (2023). Influences of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performances, immune responses, and disease resistance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 1094681. DOI: 10.3389/fvets.2022.1094681.
- Pandey, K. R., Naik, S. R., & Vakil, B. V. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577–7587.
- Pawar, N.A., Prakash, C., Kohli, M.S., Jamwal, A., Dalvi, R.S., Devi, B.N., Singh, S.K., Gupta, S., Lende, S.R., Sontakke, S.D., Gupta, S., & Jadhao, S.B. (2023). Fructooligosaccharide and *Bacillus subtilis* synbiotic combination promoted disease resistance, but not growth performance, is additive in fish. *Scientific Report*, 13, 11345. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38267-7>.
- Peterman, M.A., & Posadas, B.C. (2019). Direct economic impact of fish diseases on the East Mississippi catfish industry. *The North American Journal of Aquaculture*, 81, 222–229.
- Rahmi, Salam, N.I., Relatami, A.N.R., Anshar, A.R., Akmal, Syaichudin, M., Suwoyo, H.S., Mundayana, Y., Nisaa, K., Yani, F.I. and Muzalina, E. (2025). Effects of synbiotic supplementation on growth performance, hematological parameters and gut health in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Veterinary Science*, 14(3), 470–477.
- Ransangan, J., Lal, T.M., & Al-Harbi, A.H. (2012). Characterization and experimental infection of *Vibrio harveyi* isolated from diseased Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(2), 104–115.
- Ringø, E., & Song, S. K. (2016). Application of dietary supplements (synbiotics and probiotics in combination with plant products and β -glucans) in aquaculture. *Aquaculture Nutrition*, 22, 4–24.
- Sony, M., Sumithra, T.G., Anusree, V.N., Amala, P.V., Reshma, K.J., Alex, S., & Sanil, N.K. (2021). Antimicrobial resistance and virulence characteristics of *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio harveyi* from natural disease outbreaks of marine/estuarine fishes. *Aquaculture*, 539, 736608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736608>
- Srirenegaraj, V., Razafindralambo, H.L., Rabetafika, H.N., Nguyen, H.T., Sun, Y.Z. (2023). Synbiotic agents and their active components for sustainable aquaculture: Concepts, action mechanisms, and applications. *Biology (Basel)*, 12(12), 1498. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology12121498>
- Sukul, T., Kari, Z. A., Téllez-Isaías, G., & Ghosh, K. (2023). Autochthonous bacilli and fructooligosaccharide as functional feed additives improve growth, feed utilisation, haemato-immunological parameters and

- disease resistance in Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Animals*, 13(16), 26–31. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13162631>
- Yen, P. T. H., Tram, N. D. Q., & Quang Linh, N. (2022). Isolation and determination of *Vibrio* spp. pathogen from *Sciaenops ocellatus* suffering from hemorrhagic disease under cage culture in Vietnam. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 10(2), 405–415. DOI: [https://doi.org/10.18006/2022.10\(2\).405.415](https://doi.org/10.18006/2022.10(2).405.415)
- Zakariaee, H., Sudagar, M., Hosseini, S.S., Paknejad, H., & Baruah, K. (2021). In vitro selection of synbiotics and in vivo investigation of growth indices, reproduction performance, survival, and ovarian Cyp19 α gene expression in zebrafish *Danio rerio*. *Frontiers in Microbiology*, 12, 758758. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.758758>
- Zhang, C.-N., Li, X.-F., Jiang, G.-Z., Zhang, D.-D., Tian, H.-Y., Li, J.-Y., & Liu, W.-B. (2014). Effects of dietary fructooligosaccharide levels and feeding modes on growth, immune responses, antioxidant capability and disease resistance of blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish & Shellfish Immunology*, 41(2), 560–569. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.10.005>
- Zhang, Q., Wenyan, M., Biao, C., Zhizhi, L., Huadong, X., Qiuyue, Z., Xiaobing, W. & Liang, J. (2016). Research on *Aeromonas hydrophila* caused bacteria disease in spotted scat (*Scatophagus argus*). *Journal of Fisheries of China*, 40(4), 634–643.
- Zhou, Q.-C., Buentello, J.A., & Gatlin III, D.M. (2010). Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 309(1–4), 253–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.003>
- Zhu, Z.M., Dong, C.F., Weng, S.P., & He, J.G. (2017). The high prevalence of pathogenic *Vibrio harveyi* with multiple antibiotic resistance in scale drop and muscle necrosis disease of the hybrid grouper, *Epinephelus fuscoguttatus* (♀) $\times$ *E. lanceolatus* (♂), in China. *Journal of Fish Diseases*, 41(4), 589–601.