

Efficiency of β -glucan utilisation in fish culture

Do Huu Hoang

Institute of Oceanography, VAST, Vietnam
E-mail: dohuuhoang2002@yahoo.com

Received: 30 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

In the last three decades aquaculture is a rapidly developing sector worldwide and antibiotics are used popularly as growth promoter. Antibiotic use was banned because research proved that antibiotic has caused many effects on environment and human health. Therefore, finding antibiotic alternatives is the first priority. The most prospect products today are probiotic and prebiotic. β -glucan is one of the immunostimulants which showed a variety of benefits to the health of many aquaculture species. In this paper only the results of β -glucan, a kind of prebiotic supplied in aquaculture, were summarized. The major benefit of β -glucan are to boost growth, to reduce mortality, to enhance tolerance or stress resistance to environmental or pathogen challenges. Although the applications of β -glucan are popular worldwide, its use in aquaculture in Vietnam is still limited. This paper provides an important reference for β -glucan utilisation which may help to develop a sustainable aquaculture in Vietnam.

Keywords: β -glucan, growth, survival, immunostimulant.

Hiệu quả của việc sử dụng β -glucan trong nuôi cá

Đỗ Hữu Hoàng

Viện Hải dương học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam
E-mail: dohuuhoang2002@yahoo.com

Nhận bài: 30-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

Tóm tắt

Trên thế giới, nuôi trồng thủy sản là một trong những ngành phát triển rất mạnh mẽ nhất trong những thập niên gần đây. Việc sử dụng kháng sinh và hóa chất làm ảnh hưởng đến môi trường và sức khỏe con người, vì vậy kháng sinh bị cấm sử dụng ở nhiều nước trên thế giới. Việc tìm kiếm những chất bổ sung có tính chất thân thiện với môi trường và sức khỏe để thay thế kháng sinh được quan tâm hàng đầu. β -glucan là chất kích thích miễn dịch được sử dụng phổ biến trong nuôi trồng thủy sản là. Lợi ích của β -glucan đem lại trên các đối tượng nuôi trồng thủy sản bao gồm: Nâng cao tốc độ tăng trưởng, tăng tỷ lệ sống, nâng cao các hệ số miễn dịch, thay đổi thành phần sinh hóa, tế bào máu, thành phần vi sinh trong ruột và tăng khả năng chống chọi với các tác nhân gây bệnh. Mặc dù β -glucan được sử dụng rộng rãi trên thế giới, nghiên cứu sử dụng β -glucan trên các đối tượng nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam còn rất hạn chế. Bài viết cung cấp dữ liệu tham khảo quan trọng cho các nghiên cứu và ứng dụng β -glucan trong ngành nuôi trồng thủy sản, góp phần định hướng phát triển nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam theo hướng bền vững.

Từ khóa: β -glucan, sinh trưởng, tỷ lệ sống, kích thích miễn dịch.

MỞ ĐẦU

Nuôi trồng thủy sản là một trong ngành phát triển nhanh nhất hiện nay. Trong 3 thập niên 1980–2010 sản lượng nuôi trồng trên thế giới tăng gấp 12 lần với tốc độ khoảng 8,8% mỗi năm. Tính riêng từ năm 2010 đến 2016, tổng sản lượng nuôi trồng trên thế giới đạt tăng từ 60 triệu tấn lên 110,2 triệu tấn [1].

Mục tiêu quan trọng nhất trong nuôi trồng thủy sản là nâng cao năng suất vật nuôi. Tuy nhiên, dịch bệnh được xem là một trong những trở ngại lớn nhất trong ngành nuôi trồng thủy sản và là rào cản cho việc phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững [2]. Sử dụng chất kích thích miễn dịch nhằm tăng cường sức khỏe và hạn chế bệnh tật, nhờ đó đó nâng cao tốc độ sinh trưởng và tỷ lệ sống, đem lại năng suất và mang lại lợi nhuận cao nhất [3].

Trong nhiều thập kỷ qua, kháng sinh được sử dụng để kìm hãm dịch bệnh, cải thiện tỷ lệ sống [4]. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc sử dụng kháng sinh đã gây ra sự bùng nổ các dòng vi khuẩn kháng thuốc và nhiều nghiên cứu đã phát hiện sự tích lũy dư lượng kháng sinh trong chuỗi thức ăn tự nhiên từ bậc thấp đến bậc cao, bao gồm cả con người, vì vậy kháng sinh bị hạn chế hoặc cấm sử dụng trong nuôi trồng thủy sản ở nhiều nước trên thế giới [5]. Việc cấm sử dụng kháng sinh đã và đang thúc đẩy các hướng nghiên cứu mới nhằm tìm kiếm những chất thay thế kháng sinh, có khả năng kích thích sinh trưởng, chống lại dịch bệnh, đồng thời bảo đảm an toàn cho môi trường và sức khỏe con người. Hiện nay, song song với việc phát triển các loại vaccine, các chế phẩm sinh học

bổ sung vào thức ăn, chất kích thích miễn dịch là hướng nghiên cứu được quan tâm hàng đầu [6–9].

Nghiên cứu cho thấy có nhiều chất bổ sung có khả năng kích thích hệ miễn dịch của gia súc gia cầm, tuy nhiên, chỉ một số ít được xem là phù hợp cho các đối tượng nuôi trồng thủy sản [10]. Một trong những chất kích thích miễn dịch có triển vọng nhất trong nuôi trồng thủy sản là β -glucan. Nhiều nghiên cứu chứng minh rằng β -glucan (1,3/1,6) có nguồn gốc từ nấm men được xem là chất kích thích hệ miễn dịch có hiệu quả cao nhất đối với cá nuôi [11].

Bài viết này tổng kết một số các kết quả sử dụng β -glucan (BG) lên các đối tượng nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam và trên thế giới, góp phần nâng cao kiến thức và ứng dụng chế phẩm sinh học, định hướng thúc đẩy phát triển ngành nuôi trồng thủy sản Việt Nam theo hướng bền vững.

ẢNH HƯỞNG CỦA β -GLUCAN LÊN SINH TRƯỞNG VÀ TỶ LỆ SỐNG

Nhiều nghiên cứu cho thấy việc bổ sung β -glucan có tác dụng thúc đẩy tốc độ tăng trưởng của nhiều loài cá như ở cá chim vây ngắn *Trachinotus ovatus* cho ăn bổ sung BG cho tốc độ sinh trưởng cao hơn hẳn so với cá nghiệm thức đối chứng [8, 12]. Kết quả đầy mạnh tốc độ sinh trưởng cá nuôi cũng tương tự trên các loài khác như cá đù vàng, *Pseudosciaena crocea* [13], cá lóc, *Channa striata* [14], cá hồi Đại Tây Dương, *Salmo salar* [15], cá chép koi, *Cyprinus carpio koi* [16], cá rohu, *Labeo rohita* [17], white fish, *Rutilus frisii kutum* [18]. Tuy nhiên, một vài nghiên cứu cho thấy β -glucan không có tác dụng lên sinh trưởng của cá như đối với cá rô phi, *Oreochromis niloticus* [19], cá chêm sọc lai, *Morone chrysops x Morone saxatilis* [20]. Bổ sung β -glucan vào thức ăn nâng cao tỷ lệ sống, sinh trưởng của cá chim vây ngắn, *Trachinotus ovatus* ở giai đoạn cá giống [8] (bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của β -glucan lên sinh trưởng và tỷ lệ sống cá nuôi

STT	Loài cá nuôi	Loại beta-glucan	Tác dụng	Tài liệu
1	Cá chim vây ngắn, <i>T. ovatus</i>	β -1,3/1,6-glucans (MacroGard [®])	Nâng cao sinh trưởng, tỷ lệ sống	[8, 12]
2	Cá lóc, <i>Channa striata</i>	β -1,3/1,6-glucans (MacroGard [®])	Tăng sinh trưởng, tỷ lệ sống Không ảnh hưởng tỷ lệ sống	[14]
3	white fish, <i>Rutilus frisii kutum</i>	Yeast glucan Hoplit TM	Tăng sinh trưởng, tỷ lệ sống	[18]
4	Cá chép koi, <i>Cyprinus carpio koi</i>	β -1,3-glucan	Tăng sinh trưởng, tỷ lệ sống	[16]
5	Cá hồi Đại Tây Dương, <i>Salmo salar</i>	β -1,3/1,6-glucans (MacroGard [®])	Tăng sinh trưởng, tỷ lệ sống Không ảnh hưởng tỷ lệ sống	[15]
6	Cá đù vàng, <i>Pseudosciaena crocea</i>	0.09% β -1,3 glucan 0.18% β -1,3 glucan	Tăng sinh trưởng Không ảnh hưởng sinh trưởng	[13]
7	Cá rohu, <i>Labeo rohita</i>	β -glucan (Sigma)	Tăng sinh trưởng, tỷ lệ sống	[17]

ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN VÀ HÀM LƯỢNG β -GLUCAN BỔ SUNG

Nhiều công trình nghiên cứu đã chứng minh liều lượng β -glucan bổ sung có ảnh hưởng đến vật chủ. Theo Ai, Q. et al., [13] bổ sung β -glucan ở liều lượng thấp (0,09% so với liều 0,18%) cho hiệu quả tăng trọng và hệ miễn dịch trên nhiều loài như ở cá đù vàng, *Pseudosciaena crocea* bổ sung β -glucan đem lại hiệu quả cao hơn so với β -glucan với hàm lượng cao. Tương tự, bổ sung 0,05 and 0,1% β -glucan cho kết quả nâng cao tốc độ sinh trưởng trên cá hồng, *Lutjanus guttatus*, nhưng ở liều 0,5% không cho kết quả tăng trọng tốt [21]. Hệ miễn dịch của cá hồi, *Oncorhynchus mykiss*

cũng được tăng cường khi cho ăn bổ sung 1% β -glucan, nhưng không có hiệu quả ở lô cá cho ăn 2% β -glucan [22]. Bên cạnh việc ảnh hưởng bởi hàm lượng, thời gian cho ăn bổ sung β -glucan cũng cần lưu ý. Hiệu quả cao nhất trên cá hồng, *Lutjanus guttatus* khi bổ sung β -glucan trong 2 tuần so với các kết quả sau 4 và 5 tuần [21]. Tổng số tế bào bạch cầu, chỉ số thực bào, hoạt tính búng nộ hô hấp và khả năng kháng bệnh của cá mú chấm cam, *Epinephelus coiodes* khi cho cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio parahaemolyticus* cũng tăng đáng kể sau 2 tuần cho ăn β -glucan với các hàm lượng 500, 1.000 và 2.000 ppm. Tuy nhiên, sau khi ngừng cho ăn 15 ngày, các chỉ tiêu này đều không có sự khác

biệt so với nhóm cá đối chứng [23]. Điều này cho thấy ngoài hàm lượng bổ sung, thì thời gian bổ sung β -glucan cũng ảnh hưởng đến đáp ứng miễn dịch của cá nuôi. Kết quả ảnh hưởng bởi các hàm lượng khác nhau có thể tùy thuộc theo loài, giai đoạn sinh lý, đồng thời còn tùy thuộc vào các yếu tố khác như nguồn gốc và mức độ tinh sạch của β -glucan.

ẢNH HƯỞNG CỦA β -GLUCAN LÊN HỆ MIỄN DỊCH KHÔNG ĐẶC HIỆU

β -glucan đóng vai trò quan trọng trong việc kích hoạt chức năng miễn dịch của cá nuôi. Bên cạnh đó β -glucan còn giúp cá chống lại các tác nhân gây bệnh, bởi vì β -glucan có khả năng kích hoạt và kết hợp trực tiếp với đại thực bào và các tế bào bạch cầu khác (bạch cầu trung tính và tế bào tiêu diệt tự nhiên (NK) [24]. Đại thực bào là một trong các loại tế bào quan trọng trong hệ miễn dịch tự nhiên vì nó có chứa chất mang β -glucan (β -glucanreceptors). Khi chất mang được gắn với 1,3/1,6 β -glucan (được bổ sung từ bên ngoài), các chức năng miễn dịch của vật chủ được kích hoạt và tăng cường. Các chức năng này bao gồm các hoạt động thực bào (Phagocytosis), giải phóng một số protein xytokin (hormone nội bào) IL-1, IL-6, GM-CSF, interferons và tiêu diệt tác nhân lạ xâm

nhập vào vật chủ [25]. Một phần quan trọng của cơ chế miễn dịch tự nhiên, đó là lysozyme. Lượng lysozyme trong máu cá hồi Đại Tây Dương, *Salmo salar* tăng đáng kể khi cá được cho ăn bổ sung 60 mg β -glucan vào mỗi kilogram thức ăn [26]. Tổng số tế bào bạch cầu, tỷ lệ phần trăm bạch cầu đơn nhân và bạch cầu trung tính tăng cùng với sự giảm tỷ lệ phần trăm bạch cầu ưa axit và bạch cầu ưa kiềm, đồng thời hoạt tính bùng nổ hô hấp của đại thực bào tiền thận ở cá chép, *Cyprinus carpio* cũng tăng đáng kể khi tiêm β -glucan ở các nồng độ 100, 500 và 1.000 μ g [27]. Một nghiên cứu khác cho thấy bổ sung β -1,3/1,6-glucan ở các hàm lượng 0,05; 0,1 và 0,2% vào thức ăn cá tinca, *Tinca tinca* (thuộc họ cá chép) và cho ăn trong 1 tháng. Ở lô cá cho ăn 0,1 và 0,2% β -glucan, chỉ số thực bào tăng cao có ý nghĩa so với cá không cho ăn bổ sung β -glucan [28]. Tương tự, bổ sung 0,5% β -glucan vào thức ăn cá hồi, *Oncorhynchus mykiss* và cho ăn trong 1 tuần kết quả cho thấy hiệu quả sử dụng vaccine kháng lại vi khuẩn gây bệnh *Yersinia ruckeri* cũng tăng lên đáng kể [29]. Ngoài ra, việc bổ sung β -glucan vào thức ăn có tác dụng thúc đẩy đáp ứng miễn dịch không đặc hiệu của cá chêm, *Lates calcarifer*, đặc biệt là hoạt tính lysozyme [30] (bảng 2).

Bảng 2. Ảnh hưởng của β -glucan lên hệ miễn dịch cá nuôi

STT	Loài cá nuôi	Loại β -glucan	Kết quả	Tài liệu
1	Cá hồi Đại Tây Dương <i>Salmo salar</i>	β -1,3/1,6-glucan (Macrogard)	Lysozyme \uparrow	[26]
2	Cá chép <i>Cyprinus carpio</i>	Chiết xuất từ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Tổng số bạch cầu tổng \uparrow Bạch cầu đơn nhân \uparrow Bạch cầu trung tính \uparrow Bạch cầu ưa axit \downarrow Bạch cầu ưa kiềm \downarrow Hoạt tính bùng nổ hô hấp \uparrow	[27]
3	Cá tinca <i>Tinca tinca</i> (thuộc họ cá chép)	β -1,3/1,6-glucan (Macrogard)	Chỉ số thực bào \uparrow Lymphocyte \uparrow Lysozyme \uparrow	[28]
4	Cá hồi <i>Oncorhynchus mykiss</i>	β -1,3/1,6-glucan (Macrogard)	Kháng thể \uparrow	[29]
5	Cá chêm <i>Lates calcarifer</i>		Lysozyme \uparrow	[30]

TĂNG KHẢ NĂNG CHỐNG CHỊU CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng hệ miễn dịch của cá nuôi chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường, như nhiệt độ, độ mặn, pH, oxy hòa tan. Kết quả này trùng hợp với các nghiên cứu

trên cá hồi, *Oncorhynchus mykiss* khi bổ sung β -glucan vào thức ăn trong 2 tuần đã làm giảm mức độ stress và nâng tỷ lệ sống trong quá trình vận chuyển [22]. Tuy nhiên, một số nghiên cứu trên cá nheo channel catfish, *Ictalurus punctatus* cho thấy bổ sung β -glucan

lại không làm thay đổi các chỉ số stress [31]. Cá chim vây ngắn *Trachinotus ovatus* cho ăn bổ sung β -glucan có tăng khả năng sống sót ở điều kiện độ mặn thấp [8]. Nhiều nghiên cứu chứng minh glucan giúp nâng cao khả năng chống chịu điều kiện bất lợi các yếu tố môi trường. Kết quả nghiên cứu bổ sung glucan vào thức ăn cá tra *Pangasianodon hypophthalmus* giúp chúng tăng khả năng chịu đựng ở điều kiện nhiệt độ nước thấp [32]. Tương tự, bổ sung glucan giúp loài cá tra *Pangasianodon hypophthalmus*, có thể tăng khả năng chịu đựng mật độ cao [33].

TĂNG KHẢ NĂNG CHỐNG CÁC VI KHUẨN GÂY BỆNH

Nhiều nghiên cứu cũng cho thấy cá được cho ăn bổ sung β -glucan có khả năng nâng cao mức độ chống lại các loại vi khuẩn gây bệnh. Ví dụ, cá cho ăn bổ sung β -glucan có tỷ lệ sống cao hơn khi cảm nhiễm với vi khuẩn gây bệnh như trường hợp cá chép khi cho cảm nhiễm với vi khuẩn *Edwardsiella tarda* [34], cá ngựa vằn (zeabrafish) khi cảm nhiễm với vi khuẩn *A. hydrophila* [35], cá hồi Đại Tây Dương khi cho cảm nhiễm vi khuẩn *Vibrio salmonicida*, *V. anguillarum* và *Yersinia ruckeri* [36] và cá da trơn khi cảm nhiễm với *Edwardsiella ictaluri* [37], cá chim vây ngắn khi cảm nhiễm vi khuẩn *Streptococcus* (Do-Huu 2019). Kết quả thử nghiệm dùng β -glucan đối với cá khoang cổ đen đuôi vàng, *Amphiprion clarkia*, cho thấy sức đề kháng của cá với vi khuẩn *Vibrio alginolyticus* khi được tắm β -glucan và cho ăn ấu trùng *Artemia* được làm giàu bằng dung dịch này tăng đáng kể so với cá ở lô đối chứng [38]. Trong điều kiện cảm nhiễm với vi khuẩn *Vibrio alginolyticus*, tỷ lệ sống của cá khoang cổ đỏ, *Amphiprion frenatus* được tắm β -glucan (18,4 mg/l) cũng tăng đáng kể.

ẢNH HƯỞNG CỦA β -GLUCAN LÊN THÀNH PHẦN SINH HÓA VẬT NUÔI

Thành phần sinh hóa là chỉ thị quan trọng của tình trạng dinh dưỡng và sức khỏe của cá [39]. Việc ảnh hưởng của việc bổ sung prebiotic lên thành phần sinh hóa của cá vẫn chưa được hiểu biết một cách đầy đủ và có thể tùy thuộc vào từng loài, hoặc chịu ảnh hưởng của từng loại prebiotic. Cá white fish, *Rutilus*

frisii kutum cho ăn bổ sung BG làm tăng hàm lượng protein, tuy nhiên hàm lượng lipid, tro và độ ẩm không thay đổi [18]. Ở cá chim vây ngắn, việc bổ sung lượng β -glucan thích hợp và thức ăn đã cho kết quả tăng hàm lượng protein và giảm hàm lượng lipid trong cơ của cá [12]. Ngược lại việc bổ sung β -glucan vào thức ăn không làm ảnh hưởng đến hàm lượng protein và lipid trên cá hồi, *Oncorhynchus mykiss* [40] hoặc cá bơn, *Scophthalmus maximus* [41]. Hiệu quả sử dụng thức ăn và dinh dưỡng, thành phần sinh hóa của cá chim vây ngắn cũng nâng cao khi bổ sung một hàm lượng β -glucan thích hợp vào thức ăn của chúng [12].

ẢNH HƯỞNG LÊN THÀNH PHẦN TẾ BÀO MÁU

Bổ sung β -glucan cũng làm thay đổi các chỉ số huyết học trên nhiều loài thủy sản khác nhau. Ở cá tằm, *Acipenser persicu* việc bổ sung BG cho kết quả tăng số lượng bạch cầu và tế bào lympho, tuy nhiên các chỉ số tế bào máu khác không thay đổi [42]. Tương tự, monocyte and neutrophils tăng đáng kể khi cho cá hồng, *Lutjanus guttatus* ăn bổ sung 0,05% và 0,1% β -glucan [21]. Tương tự, số lượng bạch cầu lympho cầu tăng cao ở cá chim vây ngắn cho ăn bổ sung 0,05–0,2% β -glucan [8]. Tuy nhiên bổ sung BG không làm thay đổi số lượng hồng cầu và chỉ số hồng cầu trên cá nheo channel catfish, *Ictalurus punctatus* [31]. Bổ sung β -glucan vào thức ăn làm tăng hàm lượng bạch cầu tổng số và một số thông số tế bào máu khác của cá chim vây ngắn, *Trachinotus ovatus* [8].

ẢNH HƯỞNG LÊN VI SINH TRONG ÓNG TIÊU HÓA

Hệ vi khuẩn đường ruột đóng vai trò quan trọng trong quá trình trao đổi chất, hấp thụ dinh dưỡng và hệ miễn dịch cũng như sức khỏe của cá. Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy bổ sung β -glucan cho kết quả cải thiện hệ vi khuẩn đường ruột ở nhiều động vật không xương sống khác [43]. Số lượng *Vibrio* trong ruột cá chim vây ngắn cũng giảm đáng kể khi bổ sung β -glucan vào thức ăn của loài này trong 8 tuần [8]. Hiệu quả của β -glucan trong việc nâng cao tốc độ sinh trưởng có thể được giải thích thông qua việc β -glucan cung cấp năng lượng cho cá nuôi [13], kích thích sự phát triển của nhóm vi sinh vật có lợi [44].

Tóm lại nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của β -glucan trên nhiều loài cá nuôi, bao gồm: Nâng cao tốc độ sinh trưởng, tăng tỷ lệ sống, cải thiện hệ miễn dịch bao gồm: Tăng số lượng bạch cầu, tăng cường tính thực bào, tăng độc tính kháng khuẩn (cytotoxic), tăng hoạt động kháng khuẩn và khả năng chống chịu với các vi khuẩn gây bệnh. Mặc dù có nhiều công trình chứng minh hiệu quả của β -glucan trên các loài thủy sản khác nhau, việc bổ sung β -glucan có thể không cho kết quả tốt hoặc thậm chí gây hại trên một số loài. Ngoài ra nhiều vấn đề còn bỏ ngỏ như: Hiệu quả bổ sung theo thời gian, liều lượng bổ sung, ảnh hưởng trên các giai đoạn sinh trưởng và sinh lý khác nhau. Ngoài ra tác dụng trên từng loài thủy sản cũng có thể khác nhau.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 106.05-2019.04. Tác giả xin chân thành cảm ơn ban Lãnh đạo Quỹ Nafosted, Viện Hải dương học và những ý kiến đóng góp quý báu của các đồng nghiệp để hoàn chỉnh báo cáo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018-Meeting the sustainable development goals. *Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IG.*
- [2] Scholz, U., Diaz, G. G., Ricque, D., Suarez, L. C., Albores, F. V., and Latchford, J., 1999. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vannamei* by supplementation of diets with different yeast products. *Aquaculture*, 176(3–4), 271–283.
- [3] Gatlin, D. M., 2002. Nutrition and Fish Health. In: Halver, J., Hardy, R., editors. *Fish Nutrition, Third Edition. San Diego, California, USA: Academic Press.* pp. 671–702.
- [4] Rawles, S. D., Kocabas, A., Gatlin III, D. M., Du, W. X., and Wei, C. I., 1997. Dietary Supplementation of Terramycin and Romet-30 Does Not Enhance Growth of Channel Catfish But Does Influence Tissue Residues. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(4), 392–401.
- [5] Food and Agriculture Organization of United Nations, 2002. Antibiotics residue in aquaculture products. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2002*, 74–82.
- [6] Do Huu, H., and Jones, C. M. (2014). Effects of dietary mannan oligosaccharide supplementation on juvenile spiny lobster *Panulirus homarus* (Palinuridae). *Aquaculture*, 432, 258–264.
- [7] Do-Huu, H., & Nguyen, T. K. (2017). Influence of dietary mannan oligosaccharides supplementation on fingerling clownfish, *Amphiprion ocellaris* (Cuvier, 1830). *Journal of Coastal Life Medicine*, 5(8), 325–329.
- [8] Do Huu, H., Sang, H. M., and Thuy, N. T. T., 2016. Dietary β -glucan improved growth performance, *Vibrio* counts, haematological parameters and stress resistance of pompano fish, *Trachinotus ovatus* Linnaeus, 1758. *Fish & shellfish immunology*, 54, 402–410.
- [9] Do Huu, H., Tabrett, S., Hoffmann, K., Köppel, P., and Barnes, A. C., 2013. The purine nucleotides guanine, adenine and inosine are a dietary requirement for optimal growth of black tiger prawn, *P. monodon*. *Aquaculture*, 408, 100–105.
- [10] Raa, J., Roestad, G., Engstad, R. E., and Robertsen, B., 1992. The use of immunostimulants to increase resistance of aquatic organism to microbial infections. In: Shariff, I. M., Subasinghe, R. P., Arthur J. R., (eds) *Diseases in Asian aquaculture. Health Fish Section, Asian Fisheries Society, Manila*, pp. 39–50.
- [11] Robertsen, B., 1999. Modulation of the non-specific defence of fish by structurally conserved microbial polymers. *Fish & Shellfish Immunology*, 9(4), 269–290.
- [12] Hoang, D. H., Lam, H. S., and Nguyen, C. V., 2018. Efficiency of Dietary β -glucan Supplementation on Growth, Body Composition, Feed, and Nutrient Utilization in Juveniles of Pompano Fish (*T. ovatus*, Linnaeus, 1758). *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 13.
- [13] Ai, Q., Mai, K., Zhang, L., Tan, B., Zhang, W., Xu, W., and Li, H., 2007. Effects of dietary β -1, 3 glucan on innate

- immune response of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Fish & Shellfish Immunology*, 22(4), 394–402.
- [14] Munir, M. B., Hashim, R., Manaf, M. S. A., and Nor, S. A. M., 2016. Dietary prebiotics and probiotics influence the growth performance, feed utilisation, and body indices of snakehead (*Channa striata*) fingerlings. *Tropical Life Sciences Research*, 27(2), 111–125.
- [15] Refstie, S., Baeverfjord, G., Seim, R. R., and Elvebø, O., 2010. Effects of dietary yeast cell wall β -glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal. *Aquaculture*, 305(1–4), 109–116.
- [16] Lin, S., Pan, Y., Luo, L., and Luo, L., 2011. Effects of dietary β -1, 3-glucan, chitosan or raffinose on the growth, innate immunity and resistance of koi (*Cyprinus carpio koi*). *Fish & shellfish immunology*, 31(6), 788–794.
- [17] Misra, C. K., Das, B. K., Mukherjee, S. C., and Pattnaik, P., 2006. Effect of long term administration of dietary β -glucan on immunity, growth and survival of Labeo rohita fingerlings. *Aquaculture*, 255(1–4), 82–94.
- [18] Rufchaie, R., and Hoseinifar, S. H., 2014. Effects of dietary commercial yeast glucan on innate immune response, hematological parameters, intestinal microbiota and growth performance of white fish (*Rutilus frisii kutum*) fry. *Croatian Journal of Fisheries*, 72(4), 156–163.
- [19] Whittington, R., Lim, C., and Klesius, P. H., 2005. Effect of dietary β -glucan levels on the growth response and efficacy of *Streptococcus iniae* vaccine in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 248(1–4), 217–225.
- [20] Li, P., Wen, Q., and Gatlin III, D. M., 2009. Dose-dependent influences of dietary β -1, 3-glucan on innate immunity and disease resistance of hybrid striped bass *Morone chrysops* \times *Morone saxatilis*. *Aquaculture research*, 40(14), 1578–1584.
- [21] Del Rio-Zaragoza, O. B., Fajer-Ávila, E. J., and Almazán-Rueda, P., 2011. Influence of β -glucan on innate immunity and resistance of *Lutjanus guttatus* to an experimental infection of dactylogyrid monogeneans. *Parasite Immunology*, 33(9), 483–494.
- [22] Jeney, G., Galeotti, M., Volpatti, D., Jeney, Z., and Anderson, D. P., 1997. Prevention of stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing different doses of glucan. *Aquaculture*, 154(1), 1–15.
- [23] Thuy, N. T. T., Thoa, N. T., Dung, N. H., Wergeland, I. H., 2012. Effect of oral administration of β -glucan as an immunostimulant on phagocytic activity and antibacterial of orange - spotted grouper *Epinephelus coioides*. *Journal of Agriculture and Rural Development*, 62–67.
- [24] Gantner, B. N., Simmons, R. M., Canavera, S. J., Akira, S., and Underhill, D. M., 2003. Collaborative induction of inflammatory responses by dectin-1 and Toll-like receptor 2. *Journal of Experimental medicine*, 197(9), 1107–1117.
- [25] Raa, J., 2000. The use of immunostimulants in fish and shellfish feeds. In: Cruz -Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A., Civera-Cerecedo, R., (Eds). *Avances en Nutrición Acuícola V Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 19-22/11/2000 Mérida, Yucatán, Mexico*. pp. 47–56.
- [26] Paulsen, S. M., Lunde, H., Engstad, R. E., and Robertsen, B., 2003. In vivo effects of β -glucan and LPS on regulation of lysozyme activity and mRNA expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 14(1), 39–54.
- [27] Selvaraj, V., Sampath, K., and Sekar, V., 2005. Administration of yeast glucan enhances survival and some non-specific and specific immune parameters in carp (*Cyprinus carpio*) infected with *Aeromonas hydrophila*. *Fish & shellfish immunology*, 19(4), 293–306.
- [28] Siwicki, A. K., Zakęs, Z., Terech-Majewska, E., Kazuń, K., Lepa, A., and Głąbski, E., 2010. Dietary Macroguard reduces *Aeromonas hydrophila* mortality in tench (*Tinca tinca*) through the

- activation of cellular and humoral defence mechanisms. *Reviews in fish biology and fisheries*, 20(3), 435–439.
- [29] Siwicki, A. K., Kazuń, K., Głabski, E., Terech-Majewska, E., Baranowski, P., and Trapkowska, S., 2004. The effect of beta-1.3/1.6-glucan in diets on the effectiveness of anti-Yersinia ruckeri vaccine-an experimental study in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Polish Journal of food and nutrition sciences*, 13(Suppl. 2), 59–61.
- [30] Hích, T. V., Dững, N. H., 2012. Tác động của β -glucan lên một số thông số về đáp ứng miễn dịch không đặc hiệu của cá chêm. *Tap chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 4, 21–27.
- [31] Welker, T. L., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R., and Klesius, P. H., 2007. Immune response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. *Journal of the world aquaculture society*, 38(1), 24–35.
- [32] Soltanian, S., Adloo, M. N., Hafeziyeh, M., and Ghadimi, N., 2014. Effect of β -Glucan on cold-stress resistance of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878). *Veterinarni Medicina*, 59(9), 440–446.
- [33] Phu, T. M., Ha, N. T. K., Tien, D. T. M., and Tuyen, T. S., 2016. Effect of beta-glucans on hematological, immunoglobulins and stress parameters of striped catfish (*P. hypophthalmus*) fingerling. *Can Tho Univ. J. of Science*, 4, 105–113.
- [34] Yano, T., Matsuyama, H., and Mangindaan, R. E. P., 1991. Polysaccharide-induced protection of carp, *Cyprinus carpio* L., against bacterial infection. *J. F. Diseases*, 14(5), 577–582.
- [35] Rodríguez, I., Chamorro, R., Novoa, B., and Figueras, A., 2009. β -Glucan administration enhances disease resistance and some innate immune responses in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish & shellfish immunology*, 27(2), 369–373.
- [36] Robertsen, B., Rørstad, G., Engstad, R., and Raa, J., 1990. Enhancement of non-specific disease resistance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., by a glucan from *Saccharomyces cerevisiae* cell walls. *Journal of fish diseases*, 13(5), 391–400.
- [37] Chen, D., and Ainsworth, A. J., 1992. Glucan administration potentiates immune defence mechanisms of channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque. *Journal of Fish Diseases*, 15(4), 295–304.
- [38] Nguyễn T. T., Thủy, Hoàng M. Sang, Hà Lê Thị Lộc, Nguyễn Trung Kiên, 2007. Kết quả bước đầu về hiệu quả chất kích thích hệ miễn dịch β -glucan lên sức khỏe cá khoang cổ đen đuôi vàng *Amphiprion clarkii* (Bennett, 1830). *Báo cáo Khoa học Hội nghị Toàn quốc 2007. Những vấn đề Nghiên cứu Cơ bản trong Khoa học Sự sống, Quy Nhơn: 10-8-2007*. Tr. 191–194.
- [39] Jobling, M., 1983. A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. *Journal of Fish Biology*, 23(6), 685–703.
- [40] Sealey, W. M., Barrows, F. T., Hang, A., Johansen, K. A., Overturf, K., LaPatra, S. E., and Hardy, R. W., 2008. Evaluation of the ability of barley genotypes containing different amounts of β -glucan to alter growth and disease resistance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Animal feed science and technology*, 141(1–2), 115–128.
- [41] Fuchs, V. I., Schmidt, J., Slater, M. J., Zentek, J., Buck, B. H., and Steinhagen, D., 2015. The effect of supplementation with polysaccharides, nucleotides, acidifiers and Bacillus strains in fish meal and soy bean based diets on growth performance in juvenile turbot (*S. maximus*). *Aquaculture*, 437, 243–251.
- [42] Aramli, M. S., Kamangar, B., and Nazari, R. M., 2015. Effects of dietary β -glucan on the growth and innate immune response of juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*. *Fish & shellfish immunology*, 47(1), 606–610.
- [43] Klaenhammer, T. R., Kleerebezem, M., Kopp, M. V., and Rescigno, M., 2012. The impact of probiotics and prebiotics on the immune system. *Nature Reviews Immunology*, 12(10), 728–734.
- [44] Ringø, E., Olsen, R. E., Gifstad, T. Ø., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I., and Bakke, A. M., 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. *A. Nutrition*, 16(2), 117–136.