

TỔNG QUAN VỀ VIỆC SỬ DỤNG MANNAN OLIGOSACCHARIDES TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

Huỳnh Minh Sang¹ và Trần Văn Bằng²

¹Viện Hải Dương Học, 01 Cầu Đá, Nha Trang, Khánh Hòa

²Chi nhánh ven biển - Trung tâm nhiệt đới Việt Nga

Tóm tắt: Ảnh hưởng của việc dùng kháng sinh trong nuôi trồng thủy sản lên môi trường và sức khỏe con người đã thúc đẩy các nghiên cứu tìm ra các sản phẩm thay thế. Gần đây, prebiotic, chất kích thích hệ miễn dịch tự nhiên đã được sử dụng rộng rãi để thay thế cho kháng sinh. Trong các prebiotic thông dụng, mannan oligosaccharides (MOS) được quan tâm nghiên cứu nhiều nhất. Báo cáo này tổng quan vai trò của MOS trong nuôi cá và một số loài động vật giáp xác. Báo cáo cũng đề xuất nghiên cứu tiếp theo về ứng dụng của MOS trong nuôi trồng thủy sản.

Từ khóa: *Mannan oligosaccharide, Nuôi trồng thủy sản, Cá, Giáp xác.*

AN OVERVIEW ON THE USE OF THE MANNAN OLIGOSACCHARIDES IN AQUACULTURE

Huynh Minh Sang¹ and Tran Van Bang²

¹Institute of Oceanography, 01 Cauda, Nha Trang city, Khanhhoa, Vietnam.

²Branch of tropical center – Vietnam Russian Center

Email: hmsang2000@yahoo.com

Abstract: Effects of antibiotics usage in aquaculture, on environment and human health, has prompted the search for alternative products. Recently, prebiotics, natural immunostimulants, have been used as alternative to antibiotics. Among common prebiotics used, mannan oligosaccharides (MOS) have received heightened attention. This report reviews the role of MOS on the culture of fishes and crustacean. Suggestions for further research on the application of MOS in aquaculture are also included.

Key words: *Mannan oligosaccharide, Aquaculture, Fish, Crustacean*

I. GIỚI THIỆU

Cải thiện sức khỏe của đối tượng nuôi trong sản xuất là một trong những nhân tố quyết định thành công của nghề nuôi trồng thủy sản (Dimitroglou et al., 2009). Trong nhiều thập kỷ qua, kháng sinh đã được dùng trong nuôi trồng thủy sản ở liều thấp để cải thiện tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống của đối tượng nuôi (Rosen, 1996). Tuy nhiên, việc sử dụng kháng sinh đã tạo nên mối lo ngại về sự phát triển của vi khuẩn kháng lại kháng sinh trong vật nuôi và trong người sử dụng. Hạn chế hoặc cấm sử dụng kháng sinh bổ sung vào thức ăn cho cá và giáp xác đã được ban hành ở nhiều quốc gia trên thế giới đã khuyến khích các nghiên cứu tìm ra các chất thay thế (Genc et al., 2007a).

Prebiotics là chất kích thích hệ miễn dịch tự nhiên đã được chứng minh là chất thân thiện với môi trường có khả năng thay thế kháng sinh trong nuôi cá và

giáp xác (Ringo et al., 2010). Prebiotics là “thành phần lên men chọn lọc, cho phép sự thay đổi mang tính đặc hiệu về thành phần loài hoặc/và hoạt động của hệ vi khuẩn đường ruột làm tăng sức khỏe của vật chủ một cách gián tiếp” (Gibson et al., 2004). Bằng cách cung cấp dinh dưỡng đặc hiệu cho một hoặc một vài loại vi khuẩn có lợi trong đường ruột, prebiotic cải biến lại hệ vi khuẩn đường ruột của vật nuôi (Teitelbaum and Walker, 2002). Prebiotics có thể được áp dụng rộng rãi trong chăn nuôi gia súc, gia cầm và nuôi trồng thủy sản. Trong nhiều loại prebiotics thông dụng, mannan oligosaccharide (MOS) đã được nghiên cứu nhiều trong chăn nuôi gia súc, gia cầm và nuôi thủy sản (Bongers and van der Huevel, 2003, Gibson et al., 2004, Patterson and Burkholder, 2003, Ringo et al., 2010, Yousefian and Amiri, 2009). MOS được chiết xuất từ thành thể bào nấm men *Saccharomyces cerevisiae*, là glucomannoprotein phức tạp chứa α -1-3 MOS và α -1-6 MOS. MOS được biết đến là một prebiotic dùng. Gần đây, nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả tích cực của mannan oligosaccharide (MOS) lên tỷ lệ sống, tăng trưởng và khả năng miễn dịch của một số loài cá và giáp xác (Bogut et al., 2006, Craig and McLean, 2003, Culjak et al., 2006, Daniels et al., 2006, Dimitroglou et al., 2007, Dimitroglou et al., 2006, Genc et al., 2007a, Hossu et al., 2005b, Staykov, 2004, Staykov et al., 2005b, Staykov et al., 2005a, Staykov et al., 2006, Terova et al., 2009, Zhou and Li, 2004). Bài báo này tổng quan về vai trò của MOS trong nuôi một số loài cá và giáp xác, trong đó, đề cập đến tăng trưởng, sinh lý, khả năng miễn dịch của đối tượng nuôi.

II. LIỀU LƯỢNG VÀ PHƯƠNG THỨC ÁP DỤNG MOS TRONG NUÔI THỦY SẢN

Phương pháp sử dụng MOS phụ thuộc vào đối tượng nuôi, giai đoạn nuôi và môi trường nuôi. Trong nuôi thủy sản MOS được trộn vào thức ăn (Dimitroglou et al., 2008, Dimitroglou et al., 2006, Genc et al., 2007a, Sang et al., 2009, Staykov et al., 2006) hoặc làm giàu thức ăn sống (Daniels et al., 2006, Salze et al., 2008). MOS được bổ sung vào thức ăn của giáp xác (marron - *Cherax tenuimanus*, yabbies - *Cherax destructor* và tôm hùm - *Panulirus ornatus*) và một số loài cá như cá hồi, cá chép, cá basa, cá rô phi, chá chẽm (Sang and Fotedar, 2011).

Liều lượng sử dụng MOS trong nuôi trồng thủy sản cũng là một yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả nuôi. Sử dụng MOS dưới mức nhu cầu cần thiết của sinh vật thường không mang lại hiệu quả tác dụng của MOS, trong khi đó nếu sử dụng trên mức nhu cầu cần thiết, giá thành sản xuất sẽ cao, giảm lợi nhuận, thậm chí có thể có tác dụng tiêu cực đến đối tượng nuôi, liều sử dụng thích hợp của MOS cho tôm marron là 0,2 đến 0,4% trọng lượng thức ăn. Ở liều thấp hơn 0,2% không cho thấy tác dụng của MOS, ở liều lượng cao hơn 0,4%, hiệu quả tác dụng của MOS thấp hơn so với liều lượng 0,2 đến 0,4% (Sang et al., 2011a). Ở tôm hùm và tôm yabbies, MOS đã được sử dụng ở liều lượng 0,4% bổ sung vào thức ăn cho kết quả tích cực (Sang and Fotedar, 2010, Sang et al., 2011b). Mặc dù liều lượng MOS thích hợp cho tôm yabbies và tôm hùm chưa được nghiên cứu, tuy nhiên bổ sung 0,4% MOS vào thức ăn là liều lượng sử dụng thông thường trong nuôi giáp xác (Genc et al., 2007a) và cá (D'Abramo and Robinson, 1989, Dimitroglou et al., 2008, Dimitroglou et al., 2006). Trong nuôi cá, MOS được làm

giàu cho *Artemia* làm thức ăn cho ấu trùng cá giò là 0,2% trọng lượng khô (Salze et al., 2008). MOS bổ sung ở mức từ 0,2% đến 0,6% đã được áp dụng trong nuôi cá hồi (*Oncorhynchus mykiss*) (Dimitroglou et al., 2009, Staykov et al., 2007), 0,2% đến 0,4% trong nuôi cá chêm (Torrecillas et al., 2007), 0,2% trong nuôi cá da trơn (*Ictalurus punctatus*) (Welker et al., 2007) và 0,2 đến 0,4% trong nuôi cá tráp (*Sparus aurata*) (Dimitroglou et al., 2010).

III. HIỆU QUẢ CỦA MOS TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN

Hiệu quả của MOS trong nuôi trồng thủy sản đã được chứng minh trên nhiều đối tượng nuôi. Staykov et al. (2005b) đã tiến hành thí nghiệm trên cá chép tại trường đại học Trakia-Bulgaria với hàm lượng bổ sung MOS là 0,2% vào thức ăn thương mại có chứa 23,5% protein và 5,4% lipid. Kết quả cho thấy khối lượng trung bình của cá ăn thức ăn có MOS là 480 g cao hơn ($P < 0.05$) so với khối lượng cá ăn thức ăn đối chứng (430 g). Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) giảm, tỷ lệ chết của cá ở lô thí nghiệm cho ăn bổ sung MOS là 1,92% thấp hơn so với lô đối chứng là 3,59%. Kết quả trên tương tự với thí nghiệm của Culjak et al. (2006) thực hiện trên cá chép (*Cyprinus carpio* L) với hàm lượng bổ sung là 0,6% MOS. Kết quả cho thấy khối lượng của cá ăn thức ăn có bổ sung MOS cao hơn 24% so với đối chứng, hệ số chuyển đổi thức ăn FCR giảm từ 2,06 xuống còn 1,06, tỷ lệ chết cũng giảm từ 50% xuống còn 16,7%. Ở cá hồi (*Oncorhynchus mykiss*) với mức bổ sung 0,2% MOS vào thức ăn của cá đã cho kết quả khối lượng trung bình của cá tăng 13,7%. Cá được ăn bổ sung MOS có tỷ lệ chết (0,58%) và FCR (0,83) thấp hơn so với lô đối chứng (1,68% và 0,91). Với cá nuôi từ giai đoạn 100g đến xấp xỉ 310g trong hệ thống nuôi nước chảy, kết quả cho thấy MOS cải thiện đáng kể sự tăng trưởng và sức khỏe của cá. Khối lượng của cá hồi cho ăn thức ăn có bổ sung MOS cao hơn 10% so với cá đối chứng. FCR của cá ăn thức ăn có bổ sung MOS thấp hơn 11,2% so với lô đối chứng, tỷ lệ chết của cá cũng giảm từ 5% xuống còn 2,95% (Staykov et al., 2007). Đối với cá nheo giống (*Silurus glanis*), khối lượng trung bình của cá ăn thức ăn có bổ sung MOS cao hơn 9,7% so với cá ở lô đối chứng. FCR của cá ăn bổ sung MOS giảm 11,6% so với lô đối chứng và tỷ lệ chết cũng giảm từ 28,33% xuống còn 16,67% (Bogut et al., 2006). Hanley et al. (1995) kết luận rằng khi bổ sung 0,6% MOS vào thức ăn của cá, tỷ lệ sống và khối lượng của cá tăng 22,5% và 27,2% so với cá đối chứng. Thí nghiệm của Hossu et al. (2005) thực hiện trên cá vược vằn (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) cho thấy sau 12 tuần nuôi khối lượng cá ăn thức ăn có bổ sung MOS cao hơn đáng kể so với cá ăn thức ăn đối chứng. Tỷ lệ sống của cá ở lô thí nghiệm có bổ sung MOS là 80%, cao hơn so với lô đối chứng (72-73%) sau 21 tuần nuôi. Đối với cá vược giống (*Dicentrarchus labrax*), bổ sung MOS ở mức 0,2 và 0,4% vào thức ăn đã ảnh hưởng tích cực đến tăng trưởng, mô học và những đặc tính sinh hóa của cá. Khối lượng cá sau kết thúc thí nghiệm, tốc độ tăng trưởng tương đối (SGR) và tuyệt đối của cá ăn thức ăn có bổ sung MOS cao hơn khoảng 10% so với cá không ăn thức ăn có bổ sung MOS (Torrecillas et al., 2007). MOS được sử dụng một cách có hệ thống trong thức ăn dùng trong các trại nuôi thương phẩm và đã cho thấy hiệu quả của nó trong cải thiện sinh trưởng, tỷ lệ sống và hệ số chuyển đổi thức ăn của cá chêm và cá tráp (Hossu et al., 2005b, Hossu et al., 2005a).

Bảng 1. Hiệu quả việc bổ sung MOS vào thức ăn của một số đối tượng thủy sản

Loài	Kết quả	Tài liệu tham khảo
Cá hồi Đại Tây dương (Atlantic salmon) <i>Salmo salar</i>	Giảm lượng oxy tiêu thụ; tăng hàm lượng protein và năng lượng trong cơ thể cá.	(Grisdale-Helland et al., 2008)
Cá da trơn Channel catfish (<i>Ictalurus punctatus</i>)	Không có tác dụng đối với sinh trưởng, huyết học hay chức năng miễn dịch và tỷ lệ sống khi cảm nhiễm với <i>Edwardsiella ictaluri</i> .	(Welker et al., 2007)
Ấu trùng Cá giò (<i>Rachycentron canadum</i>)	Tăng tỷ lệ sống của con giống và lông mao ruột; giảm không bào ngoài nhân.	(Salze et al., 2008)
Tôm hùm châu Âu (<i>Homarus gammarus</i>)	Tăng tỷ lệ sống của ấu trùng.	(Daniels et al., 2006)
Cá chẽm châu Âu (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	Tăng tốc độ sinh trưởng; giảm không bào lipid và hạn chế <i>Vibrio alginolyticus</i> ở thượng thận.	(Torrecillas et al., 2007)
Cá hồi (Rainbow trout) (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Tăng tốc độ sinh trưởng, tỷ lệ sống và lượng kháng thể và hoạt tính của men lysozyme; tăng tốc độ sinh trưởng; Tăng bề mặt hấp thụ trong ruột; Tăng mật độ và chiều dài lông mao trong ruột. tăng hoạt động phân giải tế bào máu và thực bào; tăng lượng nhớt; Tăng tỷ lệ sống khi cảm nhiễm với <i>Vibrio anguillarum</i> .	(Staykov et al., 2007); (Dimitroglou et al., 2008).
Cá hồng bạc (<i>Sciaenops ocellatus</i> L.)	Tăng giá trị các hệ số tiêu hóa protein và chất hữu cơ; Giảm hệ số tiêu hóa lipid.	(Burr et al., 2008)
Cá tầm (Gulf sturgeon) (<i>Acipenser oxyrinchus desotoi</i>)	Không có tác dụng đối với sinh trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn và hình thái đường ruột.	(Pryor et al., 2003)
Cá rô phi lai	Không có ảnh hưởng đối với sinh trưởng và các chỉ số cơ thể; Hàm lượng protein và khối lượng khô của thịt phi-lê tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng MOS bổ sung.	(Genc et al., 2007b)
Cá rô phi vằn (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Không có ảnh hưởng đối với các chỉ tiêu huyết học; Giảm lượng thức ăn cung cấp hàng ngày khi tăng lượng MOS bổ sung.	(Sado et al., 2008)
Cá rô phi vằn	Tăng khối lượng, chiều dài thân và sinh trưởng của cá ăn thức ăn bổ	(Samrongpan et al., 2008)

Loài	Kết quả	Tài liệu tham khảo
	sung MOS; Tăng tỷ lệ sống khi cảm nhiễm với vi khuẩn <i>Streptococcus agalactiae</i> .	
Cá bơn (<i>Solea senegalensis</i>)	Giúp cải thiện sức khỏe hệ tiêu hóa.	(Sweetman and Davies, 2007)
Tôm gân (<i>Penaeus semisulcatus</i>)	Tăng sinh trưởng, cải thiện hệ số chuyển đổi thức ăn và tỷ lệ sống; Không có dấu hiệu tổn thương trên mô gan tụy.	(Genc et al., 2007a)
Tôm hùm nước ngọt (<i>Cherax tenuimanus</i>)	Cải thiện tỷ lệ sống, sức khỏe và miễn dịch trong điều kiện nhiễm vi khuẩn và khí độc NH ₃ ; Tăng tổng số vi khuẩn có lợi trong đường ruột và duy trì hình thái bình thường của ruột; tăng mật độ của lông ruột và cải thiện sức khỏe của hệ thống tiêu hóa.	(Sang et al., 2011a)
Tôm hùm giống (<i>Panulirus ornatus</i>)	Tăng sự tăng trưởng, tỷ lệ sống, tình trạng sinh lý sức khỏe của hệ tiêu hóa và miễn dịch; Tăng khả năng kháng lại vi khuẩn vibrio.	(Sang and Fotedar, 2009)
Tôm hùm nước ngọt (<i>Cherax destructor</i>)	Tăng tỷ lệ sống, tăng trưởng, miễn dịch; tăng hoạt động của men tiêu hóa protease trong tuyến gan tụy và amylase trong ruột.	(Sang et al., 2011b)

Ngược lại, nhiều nghiên cứu cho thấy việc bổ sung MOS vào thức ăn không có ảnh hưởng đến tăng trưởng của nhiều loài cá trong điều kiện thí nghiệm như: cá tầm *Acipenser oxyrinchus desotoi* (Pryor et al., 2003), cá bơn giống (*Psetta maxima*) (Mahious et al., 2006), cá rô phi lai (*Oreochromis niloticus* X *O. aureus*) (Genc et al., 2007b), cá tráp (Dimitroglou et al., 2010) và cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo sarla*) (Grisdale-Helland et al., 2008). Lý do của việc MOS không có hiệu quả lên các loài cá này vẫn chưa được giải thích. Rất có thể do điều kiện thí nghiệm và giai đoạn sống của cá nuôi. Tuy nhiên, MOS lại có ảnh hưởng một cách rõ ràng lên những chức năng sinh lý của các loài cá này. Cá hồi ăn thức ăn có MOS cho thấy cá tiêu thụ oxy thấp hơn 11%, hàm lượng protein trong thịt cá thấp hơn 5%, năng lượng trong cơ thể cao hơn 3% và năng lượng dự trữ cao hơn 7% so với cá ăn thức ăn đối chứng (Grisdale-Helland et al., 2008). Hệ số điều kiện sống (K) và chỉ số tế bào gan (HSI) của cá tráp thấp hơn đáng kể ở cá ăn thức ăn có bổ sung 0,2 đến 0,4% MOS (Dimitroglou et al., 2010). Craig và McLean (2003) cho thấy hàm lượng MOS bổ sung vào thức ăn của cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) từ 0,25 đến 2% đã cho kết quả thịt cá ít mỡ hơn so với cá ở lô đối chứng. Tuy nhiên, hàm lượng lipid tích lũy trong gan ở thí nghiệm này lại không giảm. Ngược lại, cá chêm cho ăn thức ăn có bổ sung MOS biểu thị hiệu quả tích lũy dinh dưỡng tốt hơn. Phân tích sinh hóa của gan cho thấy hàm lượng chất béo giảm 5%, độ ẩm ít hơn 3% và hàm lượng protein cao hơn 3% ở lô có bổ sung MOS so với lô đối

chứng (Torrecillas et al., 2007). Tác dụng của MOS trong nuôi một số đối tượng nuôi thủy sản trình bày ở Bảng 1.

IV. NHỮNG HẠN CHẾ VÀ ĐỀ XUẤT HƯỚNG NGHIÊN CỨU MỚI

MOS đem lại nhiều lợi ích và có thể thay thế kháng sinh trong nuôi một số loài giáp xác và cá. Tuy nhiên, những nghiên cứu về vai trò trực tiếp của MOS còn rất hạn chế. Đến nay, chỉ có vài loài giáp xác được nghiên cứu. Để đạt được năng suất tối đa trong nuôi thủy sản và nâng cao hiệu quả sử dụng MOS, các hướng nghiên cứu ưu tiên cần phải được xác định dựa trên các thông tin đã được tổng quan như trên.

- Đối với đa số các loài giáp xác đã được nghiên cứu, MOS được sử dụng trong suốt chu kỳ nuôi, điều này có thể làm tăng giá thành sản xuất và giảm hiệu quả sử dụng MOS. Vì thế, nghiên cứu về liệu trình sử dụng trong chu kỳ nuôi với mỗi đối tượng nuôi nên được tiến hành.
- Cho đến nay, những hiểu biết về vai trò của MOS lên sức khỏe của hệ thống tiêu hóa còn rất hạn chế. Chỉ có tổng số vi khuẩn cũng như cấu trúc mô học của ruột được đề cập. Vì thế, các nghiên cứu sau cần xác định tác dụng của MOS đến thành phần vi khuẩn trong đường ruột; vai trò của MOS trong việc vận chuyển và hấp thu dinh dưỡng; thay đổi hoạt tính của men tiêu hóa của các đối tượng nuôi thủy sản. Cơ chế của MOS trong việc làm tăng mật độ lông ruột cũng nên được nghiên cứu.
- Mặc dù MOS đã được chứng minh là làm tăng khả năng miễn dịch của một số đối tượng nuôi thủy sản, cơ chế của MOS trong các phản ứng miễn dịch như hệ thống hoạt động prophenoxidase, thực bào, độc tế bào vẫn chưa được biết đến. Những thông tin này cần phải được tìm hiểu.

Lời cảm ơn: Tác giả bài báo xin chân thành cảm ơn quỹ NAFOSTED đã hỗ trợ tài chính để hoàn thành bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bogut, I., Milakovic, Z., Pavlicevic, J. & Petrovic, D. (2006) Effect of Bio-Mos on performance and health of European catfish, *Sillirus glanis*. . *Proceedings of Alltech's 22nd Annual Symposium April 23-26, 2006*. Lexington, KY, USA.
2. Bongers, A. & van der Huevel, E. G. H. M. (2003) Prebiotic and bioavailability of mineral and trace element. *Food Review International*, 19, 397 - 422.
3. Burr, G., Hume, M., William, H., Neill, W. H. & Gatlin, D. M. (2008) Effects of prebiotics on nutrient digestibility of a soybeanmeal-based diet by red drum *Sciaenops ocellatus* (Linnaeus). *Aquaculture research*, 39, 1680 - 1686.
4. Craig, S. R. & McLean, E. (2003) The effect of dietary inclusion of Bio-Mos® upon performance characteristics of Nile tilapia. In: *Biotechnology in the Feed Industry: Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium (Suppl. 1) (Abstracts of posters presented)*. Lexington, KY, May 23-35.

5. Culjak, V., Bogut, G., Has-Schon, E., Milakovic, Z. & Canecki, K. (2006) Effect of Bio-Mos on performance and health of juvenile carp. In: Nutrition and biotechnology in the feed and food industries *Alltech's 22nd annual symposium (suppl. 1—abstracts of posters presented)*, Lexington, KY, USA.
6. D'Abramo, L. R. & Robinson, E. H. (1989) Nutrition of crayfish. *CRC Critical review of aquatic science*, 1, 711 - 728.
7. Daniels, C., Boothroyd, D., Davies, S., Pryor, R., Taylor, D. & Wells, C. (2006) Bio-Mos® improves the growth and survival of cultured European lobster. *Shellfish new*, 21, 23 - 25.
8. Dimitroglou, A., Davies, S., Moate, R., Spring, P. & Sweetman, J. (2007) The beneficial effect of Bio-Mos on gut integrity and enhancement of fish health. *Presented at Alltech's Technical Seminar Series held in Dublin, November 2007*.
9. Dimitroglou, A., Davies, S. & Sweetman, J. (2008) The effect of dietary mannan oligosaccharides on the intestinal histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 150, S63-S63.
10. Dimitroglou, A., Janssens, T. & Davies, S. (2006) Effects of Bio-Mos on Sole (*Solea solea*) gut integrity (Histological perspective). *Proceedings of Alltech's 22st Annual Symposium Lexington, KY*.
11. Dimitroglou, A., Merrifield, D. L., Moate, R., Davies, S. J., Spring, P., Sweetman, J. & Bradley, G. (2009) Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Animal Science*, 87, 3226 - 3234.
12. Dimitroglou, A., Merrifield, D. L., Spring, P., Sweetman, J., Moate, R. & Davies, S. J. (2010) Effects of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on growth performance, feed utilisation, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 300, 182 - 188.
13. Genc, M. A., Aktas, M., Genc, E. & Yilmaz, E. (2007a) Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus* (de Haan 1844). *Aquaculture Nutrition*, 13, 156 - 161.
14. Genc, M. A., Yilmaz, E., Genc, E. & Aktas, M. (2007b) Effects of dietary mannan oligosaccharides (MOS) on growth, body composition, and intestine and liver histology of the hybrid Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*) *Israel Journal of Aquaculture*, 59, 10 - 16.
15. Gibson, G. R., Probert, H. M., Van, L. J., Rastall, R. A. & Roberfroid, M. B. (2004) Dietary modulation of the human colonic microbiota: Updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Reviews*, 17, 259–275.
16. Grisdale-Helland, B., Helland, S. J. & Gatlin, D. M. (2008) The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 283, 163-167.

17. Hanley, F., Brown, H. & Carberry, J. (1995) First observations on the effects of mannan oligosaccharide added to the hatchery diets for warmwater Hybrid Red Tilapia. *In*: Nutritional Biotechnology in the Feed & Food Industries. Proceedings of Alltech’s 11th Annual Symposium (Suppl. 1) (Abstracts of posters presented). Lexington, KY, May, 1995.
18. Hossu, B., Salnur, S. & Gultepe, N. (2005a) The effects of yeast derivatives (Bio-Mos®) on digestibility of Gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *In*: Nutritional Biotechnology in the Feed & Food Industries: Proceedings of Alltech’s 21st Annual Symposium (Suppl. 1) (Abstracts of posters presented). Lexington, KY, May 23-25.
19. Hossu, B., Salnur, S. & Gultepe, N. (2005b) The effects of yeast derivatives (Bio-Mos®) on growth of Gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *In*: Nutritional Biotechnology in the Feed & Food Industries: Proceedings of Alltech’s 21st Annual Symposium (Suppl. 1) (Abstracts of posters presented). Lexington, KY, May 23-25.
20. Mahious, A. S., Gatesoupe, F. J., Hervi, M., Metailler, R. & Ollevier, F. (2006) Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, C. 1758). *Aquaculture International*, 14, 219-229.
21. Patterson, J. A. & Burkholder, K. M. (2003) Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 82, 627-631.
22. Pryor, G. S., Royes, J. B., Chapman, F. A. & Miles, R. D. (2003) Mannan oligosaccharides in fish nutrition: effects of dietary supplementation on growth and gastrointestinal villi structure in Gulf of Mexico sturgeon. *North American journal of aquaculture* 65, 106 - 111.
23. Ringo, E., Olsen, R. E., Gifstar, T. O., Dalmo, R. A., Amlund, H., Hemre, G. I. & Bakke, A. M. (2010) Prebiotic in Aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*, 16, 117 - 136.
24. Rosen, G. D. (1996) The nutritional effects of tetracyclines in broiler feeds. *In*: XX World’s Poultry Congress, New Delhi, India (WPSA). 141–146.
25. Sado, R. Y., Almeida-Bicudo, A. J. D. & Cyrino, J. E. P. (2008) Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, has no effect on haematological parameters and showed decreased feed consumption. *Journal of Applied Aquaculture*, 39, 821 - 826.
26. Salze, G., McLean, E., Schwarz, M. H. & Craig, S. R. (2008) Dietary mannan oligosaccharide enhances salinity tolerance and gut development of larval cobia. *Aquaculture*, 274, 148 - 152.
27. Samrongpan, C., Areechon, N., Yoonpundh, R. & Sirsapoome, P. (2008) Effects of mannan-oligosaccharides on growth, survival and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) fry. http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA8/Abstracts_Papers/Chinnapats%20full%20paper-Thailand.doc.
28. Sang, H. M. & Fotedar, R. (2010) Effects of mannan oligosaccharide dietary supplementation on performances of the tropical spiny lobsters juvenile (*Panulirus ornatus*, Fabricius 1798). *Fish & Shellfish Immunology*, 28, 483 - 489.

29. Sang, H. M. & Fotedar, R. (2011) The mannan oligosaccharide in Aquaculture. In: Nicole, S. G. (ed.) Oligosaccharides: Sources, Properties and Applications. NOVA.
30. Sang, H. M., Fotedar, R. & Filer, K. (2011a) Effects of Dietary Mannan Oligosaccharide on Survival, Growth, Physiological Condition and Immunological Responses of Marron, *Cherax tenuimanus* (Smith, 1912). *Journal of the World Aquaculture Society*, 42 (2): 230–241.
31. Sang, H. M., Fotedar, R. & Filer, K. (2011b) Effects of dietary mannan oligosaccharide on the survival, growth, immunity and digestive enzyme activity of freshwater crayfish, *Cherax destructor* Clark (1936). *Aquaculture Nutrition*, 17(2): e629–e635.
32. Sang, H. M., Ky, T. L. & Fotedar, R. (2009) Dietary supplementation of mannan oligosaccharide improves the immune responses and survival of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith, 1912) when challenged with different stressors. *Fish & Shellfish Immunology*, 27, 341 - 348.
33. Staykov, Y. (2004) The influence of Bio-Mos on growth rate and immune status of common carp (*Cyprinus carpio*). In: Alltech’s second annual aquaculture meeting. Dunboyne, Co. Meath. November, oral communication.
34. Staykov, Y., Denev, S. & Spring, P. (2005a) The effects of mannan oligosaccharide (Bio-Mos®) on the growth rate and immune function of rainbow trout (*Salmo gairdneri irideus* G.) grown in net cages. *European Aquaculture Society, Special Publication*, 35, 427 - 432.
35. Staykov, Y., Denev, S. & Spring, P. (2005b) Influence of dietary mannan oligosaccharides (Bio-Mos®) on growth rate and immune function of common carp (*Cyprinus carpio* L). *European Aquaculture Society, Special Publication*, 35, 431-432.
36. Staykov, Y., Spring, P., Denev, E. S. & Sweetman, E. J. (2007) Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, 15, 153 - 161.
37. Staykov, Y., Spring, P. & Denev, S. 2006. Influence of dietary Bio-Mos® on growth, survival and immune status of rainbow trout (*Salmo gairdneri irideus* G.) and common carp (*Cyprinus carpio* L.) Trakia University, Bulgaria.
38. Sweetman, J. & Davies, S. 2007. Improving growth performance and health status of aquaculture stocks in Europe through the use of Bio-Mos®. Department of Biological Sciences, University of Plymouth, Plymouth, UK.
39. Teitelbaum, J. E. & Walker, W. A. (2002) Nutritional impact of pre- and probiotics as protective gastrointestinal organisms. *Annual Review Nutrition*, 22, 107-138.
40. Terova, G., Forchino, A., Rimoldi, S., Brambilla, F., Antonini, M. & Saroglia, M. (2009) Bio-Mos®: An effective inducer of dicentracin gene expression in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 153, 372 - 377.
41. Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M. J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L. & Izquierdo, M. S. (2007) Immune stimulation and

- improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. *Fish & Shellfish Immunology*, 23, 969 - 981.
42. Welker, T. L., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R. & 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, 24 - 35.
 43. Yousefian, M. & Amiri, M. S. (2009) A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. *African Journal of Biotechnology*, 8, 7313-7318.
 44. Zhou, X. Q. & Li, Y. L. 2004. The effects of Bio-Mos on intestinal microflora and immune function of juvenile Jian Carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian). Alltech's 20th Annual Symposium. Lexington, KY, USA.