

USO DE POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS NA AQUICULTURA

Fernanda Mara Aragão Macedo PEREIRA¹, Alysson Soares da ROCHA², Bruno Ceolin da SILVA³, Adalmyr Morais BORGES⁴, Tamyres Pereira Araújo MARTINS⁵, Rodrigo Diana NAVARRO⁶.

RESUMO

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) são os principais componentes das paredes celulares de alimentos de origem vegetal. Entre eles incluem-se a celulose, a hemicelulose, a inulina, pectinas e gomas. Esses polissacarídeos não podem ser digeridos pelas enzimas endógenas dos organismos aquáticos, portanto, quando em excesso na dieta diminuem a sua digestibilidade, afetando o desempenho animal. Contudo, como esses polissacarídeos podem ser digeridos pelos microorganismos presentes no trato digestivo, de forma seletiva, alterando a microbiota, podem agir como prebióticos. Diversos PNA vêm sendo avaliados como prebióticos, objetivando a melhoria do equilíbrio intestinal e do sistema imunológico de organismos aquáticos.

PALAVRAS-CHAVE: carboidratos, fermentação, algas, leveduras, bactérias

ABSTRACT

POLYSACCHARIDES OF USE NON-STARCH IN AQUACULTURE

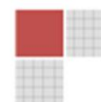
Non-starch polysaccharides (NSP) are the main components of cell walls of plant foods. These include cellulose, hemicellulose, inulin, pectins and gums. These polysaccharides are not digested by the endogenous enzymes of aquatic organisms, then, when in excess in diet they decrease nutrient digestibility affecting animal performance. However, these polysaccharides can be digested by microorganisms in the animal digestive tract, selectively, altering microbiota, being called prebiotics. Several PNA have been assessed as prebiotics, aiming to improve the intestinal balance and the immune system of aquatic organisms.

KEYWORDS: carbohydrates, fermentation, algae, yeast, bacteria

INTRODUÇÃO

Os primeiros sistemas de produção aquícola empregavam o cultivo extensivo como método padrão para criação animal, esse tipo de sistema apresentava uma baixa produtividade, com pouco ou nenhum controle dos fatores de produção. O surgimento de novas tecnologias proporcionou a evolução dos sistemas extensivos para semi-intensivos e intensivos, com a finalidade de garantir a viabilidade econômica (TAKAHASHI, 2011). Com o aumento da demanda por pescado, o cultivo passou a ser mais intensivo. A intensificação da produção aumenta a produtividade, porém gera efeitos negativos na

Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária é uma publicação semestral da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Garça – FAMED/FAEF e Editora FAEF, mantidas pela Associação Cultural e Educacional de Garça ACEG. Rua das Flores, 740 – Vila Labienópolis – CEP: 17400-000 – Garça/SP – Tel.: (0**14) 3407-8000 www.revista.inf.br – www.editorafaf.com.br – www.fafef.br



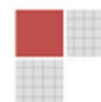
Laboratório de Aquicultura, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília – UnB – Brasília/DF – Brasil ¹fmamp.vet@gmail.com, ²alyssonrocha@ifto.edu.br, ³bruno.silva@ifb.edu.br, ⁴adalmyr@gmail.com, ⁵tamyresmartins@zootecnista.com.br, ⁶navarrounb@gmail.com.

qualidade da água, do alimento e no estado fisiológico dos animais (YOUSEFIAN; AIMIRI, 2009).

Os vertebrados aquáticos vivem em um ambiente altamente predisponente ao desenvolvimento de diversos tipos de microrganismos, o que representa um desafio ambiental maior para os mecanismos de defesa contra patógenos e o desenvolvimento de doenças nesses animais. Além disso, tais desafios ambientais e sanitários prejudicam o crescimento e desenvolvimento dos animais, que necessitam realocar recursos orgânicos para combatê-los. Os animais criados em sistemas de cultivo intensivo enfrentam ainda estresse relacionado ao tamanho da população do aquário, ambientação da água, concentração de efluentes e dejetos, dentre outros.

As principais portas de entrada de microrganismos patogênicos em peixes são a pele, brânquias e trato gastrointestinal (CAIPANG; LAZADO, 2015). Cuidados maiores nesses tecidos ajudam a manter o organismo como um todo mais saudável, resistente e eficiente. Inúmeros fatores afetam os parâmetros zootécnicos e a saúde da mucosa do trato gastrointestinal dos animais aquáticos, dentre eles a relação entre nutrição e imunidade, qualidade da água e microbiologia e genética e microbiota interna (BECK; PEATMAN, 2015). Diversos estudos têm demonstrado que uma dieta balanceada e de qualidade, aliada à presença de aditivos com função de manter o equilíbrio intestinal, contribui substancialmente para a manutenção de uma boa resposta imunológica em peixes e sucesso produtivo satisfatório (CAIPANG; LAZADO, 2015; GANNER; SCHATZMAYR, 2012).

O trato gastrointestinal dos peixes apresenta um papel de extrema importância à imunocompetência orgânica. O tecido linfoide associado à mucosa intestinal tem um papel fundamental na resposta imunológica inata e adquirida, detendo a capacidade de distinguir a microbiota natural da patogênica, por meio de receptores padrões de reconhecimento (PPR) e receptores padrões de proteína (PRP), e podendo iniciar o processo de reação imune. A maior capacidade de digestão e absorção de nutrientes pelo intestino é responsável pela manutenção da homeostase, de células de defesa circulantes e de diversos outros sinalizadores imunológicos; sendo também a mucosa intestinal um sítio importante de seleção microbiana e atividade imunitária. Algumas barreiras mecânicas e químicas



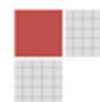
contra a translocação bacteriana e desenvolvimento de microrganismos patogênicos podem ser evidenciados: produção mucosa com presença de células e fatores de defesa, acidez luminal, rápida multiplicação celular tecidual, presença de peristaltismo, produção de lisozima e presença de microbiota benéfica (GANNER; SCHATZMAYR, 2012; TRUSHENSKI, 2015).

Algumas técnicas para manutenção da saúde dos animais na aquicultura têm sido utilizadas há muitos anos. O uso de antibióticos para o tratamento ou mesmo profilaxia de doenças nesses animais é controverso, uma vez que podem afetar negativamente a microbiota natural desejável, causar resistência bacteriana e acumular-se no organismo; o que pode gerar complicações para humanos e animais. Logo, o uso de antibióticos foi banido como medida terapêutica na Europa e apresenta um controle rigoroso nos Estados Unidos e outros países (GATLIN et al., 2006). A vacinação também é um método de profilaxia eficaz, porém o processo pode ser considerado oneroso e estressante dentro do sistema de produção e a sua eficácia é restrita à cepa de um determinado microrganismo. Portanto, o avanço no conhecimento de diferentes métodos para potencializar a saúde imunológica e intestinal desses animais torna-se imprescindível para o alcance de uma forma de cultivo cada vez mais sustentável e eficiente (CAIPANG; LAZADO, 2015).

O uso de compostos naturais que auxiliem na manutenção da homeostase intestinal e, conseqüentemente, orgânica, vem despertando cada vez mais interesse no mundo. O número de pesquisas relacionadas sobe exponencialmente. Os polissacarídeos não amiláceos, ou não digestíveis, têm ganhado atenção devido ao seu potencial benéfico para uso na alimentação animal (CAIPANG; LAZADO, 2015; GANNER; SCHATZMAYR, 2012).

OS POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS

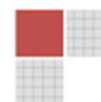
Alguns polissacarídeos não amiláceos (PSNA) vem sendo intensivamente estudados para utilização humana e animal, apresentando potencial imunestimulante e de



elevação da digestibilidade dos nutrientes, sendo então utilizados como aditivos alimentares. De acordo com Bricknell e Dalmo (2005) os imunoestimulantes são substâncias de ocorrência natural que agem na modulação do sistema imune e estimulam os mecanismos de resistência contra patógenos. Tais compostos são há muito utilizados na aquicultura, sendo os β -glucanos os principais. Outro polissacarídeo estrutural que age estimulando a ação de macrófagos é a quitina, composta por N-acetilglicosamina, presente no exoesqueleto de insetos e na parede celular de alguns fungos (CAIPANG; LAZADO, 2015).

Os prebióticos fazem parte da categoria de aditivos zootécnicos e estimulam o desenvolvimento de bactérias comensais no intestino, como *Bifidobacterium* spp. e *Lactobacillus* spp., funcionando como mantenedores do equilíbrio intestinal e da eficiência digestiva. Eles funcionam como imunomoduladores por mecanismos diretos e indiretos: os diretos são acionados quando componentes da parede do microorganismo, principalmente polissacarídeos, interagem com os receptores de β -glucanos e dectina-1 presentes nos macrófagos, ativando as células de defesa. A lisozima sofre essa ativação e tem uma importante função de defesa, hidrolisando heteropolímeros de peptideoglicanos da parede celular bacteriana. Já os mecanismos indiretos se relacionam às transformações da fisiologia e morfologia intestinais, destacando-se a estimulação de células de defesa, o aumento do número de células secretoras de mucina, a alteração do pH, a expansão da lâmina própria e consequente maior densidade de granulócitos, o aumento no tamanho das microvilosidades desde os cecos pilóricos até o intestino médio e melhora funcional de citocinas intestinais. Uma substância é considerada um prebiótico se resistir à acidez gástrica, hidrólise enzimática e absorção intestinal; for passível de fermentação bacteriana e estimular seletivamente o desenvolvimento de bactérias benéficas (CAIPANG; LAZADO, 2015; GANNER; SCHATZMAYR, 2012; SYNYTSYA et al., 2015).

A administração oral desses compostos resulta em uma melhora na função leucocitária e proteção contra bactérias, vírus e parasitas. Diversos estudos foram conduzidos associando o uso oral desses compostos com algum desafio patogênico. Ainda,



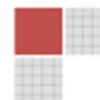
alguns desses imunostimulantes podem ser considerados fatores de crescimento, influenciando também na produtividade (CAIPANG; LAZADO, 2015).

PRINCIPAIS PSNA UTILIZADOS NA AQUICULTURA ALGAS

Os polissacarídeos derivados de plantas há séculos têm sido estudados devido ao seu potencial bioativo. A parede celular das algas é composta por camadas de celulose, hemicelulose e matrix polissacarídea. As primeiras podendo constituir-se de glucanos, xiloglucanos, mananos e xilanos. Já a composição da matrix polissacarídea depende da alga estudada: algas verdes são compostas principalmente por ulvanos; marrons, por fucoïdanos, alginatos e laminaranos; e vermelhas, por galactanos sulfatados (RUPÉREZ et al., 2014; SYNYTSYA et al., 2015).

As algas marinhas vermelhas, cuja matrix polissacarídea é composta por polímeros de galactose, têm demonstrado propriedades anticoagulantes (CUMASHI et al., 2007; SEBAALI et al., 2012), imunomoduladoras (YUAN et al., 2006), antitumorais (RUPÉREZ et al., 2014; YUAN et al., 2006), antivirais (TRINCHERO et al., 2009), anti-inflamatórias (CHAVES et al., 2013; LEE et al., 2013), antinociceptivas (CHAVES et al., 2013; LEE et al., 2013), anti-hiperglicemiante (RUPÉREZ et al., 2014), antioxidantes (COSTA et al., 2010; SEBAALI et al., 2012; YUAN et al., 2006) e redutoras de colesterol (RUPÉREZ et al., 2014). Ainda, as algas marinhas possuem propriedades benéficas diretas ao intestino. A fibra contida é composta predominantemente por celulose, um β -1,4-glucano, e possui grande capacidade de retenção de água e turgidez, aumentando a umidade das excretas e reduzindo o tempo de trânsito intestinal (RUPÉREZ et al., 2014).

É considerado por alguns autores que o uso de polissacarídeos não amiláceos na alimentação de peixes pode gerar efeitos deletérios para a digestibilidade de nutrientes e para a estabilidade da ração na água. Apesar disso, algas possuem características nutritivas desejáveis dependendo da espécie animal a qual será utilizada, como boa qualidade

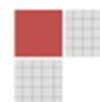


protéica, energética, mineral e concentração elevada de ácidos graxos poli-insaturados. As características gelatinosas desses produtos levam à uma melhor estabilidade da ração, porém podem afetar a digestibilidade por aumentar a viscosidade da dieta em altas concentrações (AHMED, 2012; PEREIRA et al., 2012; XUAN et al., 2013). Em um estudo realizado por Pereira et al. (2012) envolvendo tilápias e trutas, houve um bom aproveitamento da dieta contendo algas marinhas, apresentando alta digestibilidade de proteína e lipídeos nessas espécies. Já Xuan et al. (2013) concluíram que para juvenis de *Acanthopagrus schlegelii* a substituição de 20% da ração por *Gracilaria lemaneiformis* causou efeitos negativos no desempenho dos animais por reduzir a digestibilidade de lipídeos e proteínas, além de causar dano hepático. Porém a substituição de até 15% não gera efeitos negativos significativos comparados à ração composta por farinha de peixe.

As algas são aplicáveis na aquicultura como base alimentar ou como aditivo para o consumo de peixes, camarões, moluscos e larvas (AHMED, 2012). Uma taxa de crescimento significativamente mais elevada já pode ser observada em ostras, escalopes, camarões, abalone e diversas espécies de peixes (AHMED, 2012). Estudos têm demonstrado também que a adição de algas pode influenciar positivamente na digestibilidade dos nutrientes da ração, no crescimento e no menor consumo de oxigênio. Entretanto, os efeitos da adição de algas no alimento são dependentes da concentração testada, da espécie de alga utilizada e da espécie animal (STADTLANDER, 2012).

LEVEDURAS

As leveduras vivas são consideradas importantes protetoras da saúde intestinal por servir como barreira contra patógenos e estimular o sistema imune. Os polissacarídeos são os principais componentes da parede celular de leveduras (80 – 90%), na sua maioria glucanos e mananos, e uma menor proporção de quitina. Os polissacarídeos componentes da parede celular das leveduras são capazes de ligar-se aos receptores de bactérias patogênicas e funcionar como prebióticos seletivos para bactérias benéficas, assim como



exercem as funções orgânicas já citadas anteriormente (GANNER; SCHATZMAYR, 2012).

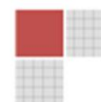
Zhang et al. (2014) verificaram que tartarugas-do-casco-mole chinesas (*Trionyx sinensis*) suplementadas com *Bacillus subtilis* apresentaram maior atividade enzimática da sucrase, maltase, amilase, lipase e ATPase; assim como redução da diversidade microbiana intestinal. No final do experimento os animais apresentaram maior crescimento e melhor conversão alimentar. Zhu et al. (2012) avaliaram as alterações hematológicas e morfológicas em bagres suplementados com polissacarídeos da parede celular de *Saccharomyces cerevisiae* e observaram uma maior concentração de monócitos na circulação, elevada atividade fagocítica e melhora na morfologia intestinal por aumento da altura das vilosidades, da espessura intestinal e maior número de células caliciformes.

β GLUCANOS

Os polissacarídeos β-glucanos são polímeros de D-glicose formados por ligações β e estão presentes na estrutura da parede celular de plantas, algas, leveduras, bactérias e fungos. Como exemplo, o laminaram é um β (1,6) – β (1,3)-D-glucano obtido da *Laminaria hyperthoria*, uma alga marrom. O tipo de ligação e o tamanho da cadeia influencia a capacidade dos diferentes glucanos em ligar-se aos receptores das células alvo, afetando seu potencial imunomodulador. (CAIPANG; LAZADO, 2015).

MANANOLIGOSSACARÍDEOS

Mananoligossacarídeos (MOS) são glicomananoproteínas complexas derivadas da parede celular de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Diversos estudos envolvendo o potencial biológico de MOS em diversas espécies de peixes foram realizados. O uso de Bio-Mos[®] (0,4%) na dieta de sea bass durante 8 semanas reduziu *in vivo* a translocação bacteriana de *Vibrio alginolyticus* e aumentou a densidade de células caliciformes

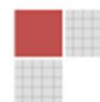


intestinais (TORRECILLAS et al., 2011). A suplementação por 9 semanas com Bio-Mos[®] (0,4%) em *Sparus aurata* resultou em aumento da densidade e altura das vilosidades (DIMITROGLOU et al., 2011). Resultado semelhante foi obtido para truta arco-íris alimentada com Bio-Mos[®] (0,2%) por 111 dias e resultou na redução da viabilidade de *Aeromonas* spp., *Vibrio* spp., *Micrococcus* spp e populações de bactérias gram positivas (DIMITROGLOU et al., 2009). Staykov et al. (2007) verificaram aumento da fagocitose, hematócrito, lisozima, via clássica de complemento (ACP) e atividade bactericida em truta arco-íris alimentada com Bio-Mos[®] (0,4%) por 12 semanas.

O melhor desempenho zootécnico dos animais, resultando em menores perdas dos produtores pode ser verificado também com o uso de MOS na dieta, que torna o animal mais saudável e resistente, direcionando os recursos orgânicos para manutenção e produção. Andrews et al. (2009) obtiveram maior índice de sobrevivência com suplementação de MOS (1%) por 60 dias em alevinos de *Labeo rohita* desafiados com *Aeromonas hydrophila*. Para tilápia-do-nylo a taxa de crescimento aumentou quando alimentada com Bio-Mos[®] (0,4 – 0,6%) por 3 semanas (SAMRONGPAN et al., 2008). Melhor desempenho foi observado em sea bass alimentados com Bio-Mos[®] (0,4%) durante 8 a 9 semanas em baixa densidade, entretanto a suplementação não causou efeito quando a densidade de cultivo estava alta (TORRECILLAS et al., 2007; TORRECILLAS et al., 2013).

Os efeitos da suplementação com MOS sobre o desempenho e a digestibilidade de nutrientes varia em função da espécie animal, dose, tempo e condições de uso (TORRECILLAS et al., 2014). Logo, nem sempre a adição de MOS gera efeitos positivos no desempenho dos animais. Em um experimento utilizando catfish, por exemplo, o uso de MOS (0,2%) por 4 a 6 semanas não influenciou no desempenho de catfish (PETERSON et al., 2010).

FRUTOOLIGOSSACARIDEOS

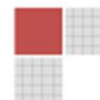


Frutooligossacarídeos (FOS) são oligossacarídeos compostos por frutose presente na parede celular de uma grande variedade vegetal. As bifidobactérias fermentam seletivamente os frutanos, preferencialmente a outras fontes de carboidratos (FOOKS et al., 1999). Elas possuem enzimas hidrolíticas que clivam o FOS, podendo assim utilizá-lo como substrato para a fermentação, obtendo produtos como: gases (gás carbônico e hidrogênio); ácido lático e ácidos graxos voláteis (ácido acético, propiônico e butírico), provocando o baixo pH no intestino grosso, permitindo o crescimento da flora bifidogênica e limitando as bactérias patogênicas (FRIC, 2007; LIONG, 2007). A alta especificidade dos FOS como substratos para bifidobactérias resulta da atividade das enzimas β -frutosidases (inulinases) associadas a células específicas, as quais hidrolisam monômeros de frutose da extremidade não-redutora da cadeia de inulina ou de determinados açúcares em que o resíduo de frutose ocorre na posição $\beta(2-1)$.

As informações são extremamente limitadas sobre os efeitos dos FOS na microbiota intestinal, nas atividades de enzimas digestivas e na morfologia intestinal de peixes e outros organismos aquáticos. Num estudo de 6 semanas, Li et al. (2007) verificaram que a suplementação com FOS em concentrações de 0,025 a 0,8%, alterou a microbiota do trato gastrointestinal e aumentou a atividade do sistema imune de camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei*) cultivados em um sistema de recirculação.

XILOOLIGOSSACARÍDEOS

Xilooligossacarídeos (XOS) são oligômeros formados por unidades de xilose presentes em brotos de bambu, frutas, legumes, leite e mel (VAZQUEZ et al., 2000). Geralmente, os XOS são oligossacarídeos mistos formado por resíduos de xilose ligados através β - (1 \rightarrow 4) -ligações (AACHARY; PRAPULLA, 2008). O número de resíduos de xilose envolvido na sua formação pode variar de 2 a 10 e são denominados xilobiose, xilotriose, e assim por diante. Para aplicações alimentares, o xilobiose é considerado um xilooligossacarídeo (VAZQUEZ et al., 2000).

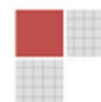


A preferência de bifidobactérias para fermentar XOS, tanto in vitro como in vivo, foi descrita por alguns autores anteriormente (OKAZAKI et al., 1990; CAMPBELL et al., 1997). Por outro lado, XOS de aveia não foram seletivos para bifidobactérias, exclusivamente, porque as espécies *Bacteroides spp.*, *Clostridium spp.*, *Lactobacillus acidophilus*, e *Klebsiella pneumoniae* também mostraram moderado crescimento nesses substratos (JASKARI et al., 1998; VAN LAERE et al., 2000). Existem poucas informações sobre a efetividade dos xilooligossacarídeos como prebióticos para organismos aquáticos. Peixes da espécie *Carassius auratus* obtiveram melhor desempenho quando suplementados com XOS (XU et al., 2009). Resultado semelhante foi obtido com tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus* × *O.aureus*) alimentadas com dietas contendo 0,015%, 0,030%, 0,045%, 0,060% de XOS, onde essas dietas resultaram em maior ganho de peso e melhor eficiência de conversão alimentar (QIANG et al., 2009).

FATORES QUE AFETAM A EFICÁCIA DOS POLISSACARÍDEOS

As diferenças de resultado encontradas em vários experimentos utilizando polissacarídeos podem ter várias causas: dietas basais diferentes, níveis de inclusão, tipo do monossacarídeo, estrutura química (grau de polimerização) e espécie, idade e estágio produtivo dos animais (GANGULY; PRASAD, 2012). No mesmo sentido, os experimentos realizados em condições de laboratório muitas vezes não apresentam resultados de desempenho zootécnico conclusivos por não representarem a realidade do ambiente de criação, onde os animais aquáticos estão submetidos a uma série de situações de estresse.

Conforme demonstrando por Garcia et al. (2011) o nível de estresse do animal e o ambiente onde é criado têm relação direta com a resposta biológica obtida pela adição de polissacarídeos à dieta. Em condições normais, considerando que a microbiota intestinal esteja em condição de equilíbrio, os resultados observados serão semelhantes com ou sem o fornecimento de polissacarídeos. Assim, é importante destacar que o efeito benéfico da utilização dos polissacarídeos é mais significativo em situações de desafio com agentes



patogênicos ou condições de estresse. Outro aspecto importante é referente a disponibilidade e a viabilidade econômica da utilização dos polissacarídeos como aditivos na alimentação para as espécies de animais aquáticos (AZEVEDO et al., 2015)

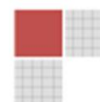
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os polissacarídeos não digeríveis são aditivos alimentares, classificados como prebióticos, que promovem o crescimento seletivo e/ou a atividade de uma ou mais bactérias benéficas no intestino dos animais aquáticos. Apesar das vantagens potenciais para a saúde e para o desempenho zootécnico, o uso dos polissacarídeos na produção de animais aquáticos ainda tem sido pouco pesquisado.

Atualmente existe uma tendência para a utilização de aditivos alimentares conhecidos como simbióticos, que nada mais são do que uma mistura de polissacarídeos (prebióticos) com bactérias benéficas (probióticos) que atuam em conjunto no trato gastrointestinal, promovendo o bem estar dos animais. O uso de simbióticos é um conceito muito recente para a produção de animais aquáticos. Pesquisas mais detalhadas devem realizadas para caracterização dos efeitos dos polissacarídeos sobre a microbiota intestinal das diferentes espécies de animais aquáticos de interesse comercial. Isso porque a suplementação com polissacarídeos pode resultar em melhoria de diferentes indicadores de desempenho sobre o aumento da eficiência e da sustentabilidade da produção na aquicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACHARY, A.A.; PRAPULLA, S.G. Corn-cob-induced endo-1,4- β -D-xylanase of *Aspergillus oryzae* MTCC 5154: production and characterization of xylobiose from glucuronoxylan. **J Agric Food Chem**, v. 56, n.11, p. 3981–88. 2008.



AHMED, F.; LI, Y.; SCHENIK, P.M. Algal biorefinery: sustainable production of biofuels and aquaculture feed? **The science of algal fuels**, p. 21-41. 2012.

ANDREWS, S.R. et al. Haematological modulation and growth of *Labeo rohita* fingerlings: effect of dietary mannan oligosaccharide, yeast extract, protein hydrolysate and *Chlorella*. **Aquacul. Res.**, n. 9, p. 41-61. 2009.

AZEVEDO, R.V. et al. Economic evaluation of prebiotics, probiotics and symbiotics in juvenile Nile tilapia. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 46, n. 1, p. 72-79. 2015.

BECK, B.H.; PEATMAN, E. **Mucosal Health in Aquaculture**. New York: Elsevier, 2015.

BRICKNELL, I. DALMO, R.A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. **Fish Shellfish Immunol.**, n. 19, p. 457-472. 2005.

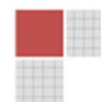
CAIPANG, C.M.A.; LAZADO, C.C. Nutritional impacts on fish mucosa: immunostimulants, pre and pro biotics. In: BECK, B.H.; PEATMAN, E. **Mucosal Health in Aquaculture**. New York: Elsevier, 2015.

CAMPBELL, J.M. et al. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. **J. Nutr.**, v.127, p.130–136. 1997.

CHAVES, L.S. et al. Antiinflammatory and antinociceptive effects in mice of a sulfated polysaccharide fraction extracted from the marine red algae *Gracilaria caudata*. **Immunopharmacol. Immunotoxicol.**, v. 35, n. 1, p. 93–100. 2013.

COSTA, L.S. et al. Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds. **Biomed. Pharmacother.**, n. 64, p. 21-28. 2010.

CUMASHI, A. et al. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic, and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. **Glycobiol.**, n. 17, p.541–552. 2007.



DIMITROGLOU, A. et al. Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). **J Anim. Sci.**, n. 87, p. 3226-3234. 2009.

DIMITROGLOU, A. et al. The effect of mannan oligosaccharide supplementation on Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.) fed diets with high levels of plant proteins. **J Aquacult. Res. Dev.** TEM V E N? E PG?2011.

FOOKS, L.J.; FULLER, R.; GIBSON, G.R. Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. **Int. Dairy J.**, v.9, p.53-61. 1999.

FRIC, P. Probiotics and prebiotics: renaissance of a therapeutic principle. **Cent. Eur. J. Med.**, n. 2, p. 237-270. 2007.

LIONG, M.T. Probiotics: a critical review of their potential role as antihypertensives, immune modulators, hypocholesterolemics, and perimenopausal treatments. **Nutr. Rev.**, n. 65, p. 316-28. 2007.

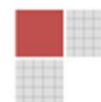
GANGULY, S.; PRASAD, A. Microflora in fish digestive tract plays significant role in digestion and metabolism: a review. **Rev. Fish Biol. Fish.**, n. 22, p. 11–16. 2012.

GANNER, A.; SCHATZMAYR, G. Capability of yeast derivatives to adhere enteropathogenic bacteria and to modulate cells of the innate immune system. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, n. 95, p. 289-297. 2012.

GARCIA, F.; SANTOS, V.B.; MORAES, F.R. Eficiência da suplementação alimentar em tilápias-do-nilo usando modelo exponencial de crescimento. **Ver. Arch. Zootec.**, v. 60, n. 232. 2011.

GATLIN, D.M. et al. Potential application of prebiotics in aquaculture. In: 8th International symposium on aquaculture nutrition, 2006. Anais ... , p. 371-376.

JASKARI, J. et al. Oat α -glucan and xylan hydrolysates as selective substrates for *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* strains. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, n. 49, p. 175–81. 1998.



LEE, J.C. et al. Marine algal natural products with anti-oxidative, anti-inflammatory and anti-cancer properties. **Cancer Cell Int.**, v. 13, n. 55. 2013.

LI, P., et al. Dietary supplementation of short-chain fructooligosaccharides influences gastrointestinal microbiota composition and immunity characteristics of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, cultured in a recirculating system. **J. Nutr.** n. 137, p. 2763-2768. 2007.

OKAZAKI, M.; FUJIKAWA, S.; MATSUMOTO, N. Effects of xylooligosaccharide on growth of bifidobacteria. **Jpn Soc. Nutr. Food Sci.**, n. 4, p. 395–401. 1990.

PEREIRA, R. et al. Apparent nutriente digestibility of seaweeds by rainbown trout (*Onchorynchus mykiss*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Algal Res.**, n. 1, p. 77-82. 2012.

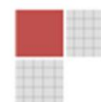
PETERSON, B.C. Effects of Bio-Mos on growth and survival of channel catfish challenged with *Edwardsiella ictaluri*. **J. World Aquac. Soc.**, n. 41, p. 149-155. 2010.

QIANG, J. et al. Effect of xylooligosaccharides on growth,whole body composition and digestive enzymes activities in hybrid tilapia(*Oreochromis niloticus*×*O.aureus*). *Freshwater Fisheries.* n. 6, 2009.

RUPÉREZ, P.; GÓMEZ-ORDÓNEZ, E.; JIMÉNEZ-ESCRIG, A. Biological activity of algal sulfated and nonsulfated polysaccharides. In: Hernández-Ledesma, B. Herrero, M. **Bioactive compounds from marine foods: plant and animal sources.** Wiley Blackwell, 2014.

SAMRONGPAN, C. et al. Effects of mannanoligosaccharides on growth, survival and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) fry. **J. World Aquac. Soc.**, n. 41, p. 149-155. 2010.

SEBAALI, C. et al. Polysaccharides of the red algae “Pterocladia” growing on the Lebanese coast: Isolation, structural features with antioxidant and anticoagulant activities. **J. Appl. Pharm. Sci.**, v. 2, n. 10, p. 01-10. 2012.



STADTLANDER, T. et al. Effects on low and medium levels of red alga Nori (*Porphyra yezoensis* Ueda) in the diets on growth, feed and metabolism in intensively fed Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquac. Nutr.** 2012.

STAYKOV, Y. et al. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquac. Int.**, n.15, p. 153-161. 2007.

SYNYTSYA, A. et al. Cell wall polysaccharides of marine algae. In: KIM, S.K. **Springer Handbook of Marine Biotechnology**. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.

TAKAHASHI, N.S. Nutrição de peixes. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultores e Pesqueiros, 2011. Disponível em: <http://www.abrappesq.com.br/materias.htm>. Acesso em: 08/07/2015.

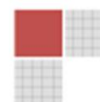
TORRECILLAS, S. et al. Enhanced intestinal epithelial barrier health status on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. **Fish Shellfish Immunol.**, n.34, p. 1485-1495. 2013.

TORRECILLAS, S. et al. Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides. **Fish Shellfish Immunol.**, n. 23, p. 969-981. 2007.

TORRECILLAS, S. et al. Improved feed utilization, intestinal mucus production and immune parameters in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). **Aquac. Nutr.**, n.17, p. 223-233. 2011.

TORRECILLAS, S.; MONTERO, D.; IZQUIERDO, M. Improved health and growth of fish fed mannan oligosaccharides: potencial mode of action. **Fish Immunol.**, n. 36, p. 525-544. 2014.

TRINCHERO, J. et al. Antiretroviral activity of fucoidans extracted from the brown seaweed *Adenocystis utricularis*. **Phytother. Res.**, n. 23, p. 707-712. 2009.



TRUSHENSKI, J. Nutritional impacts on fish mucosa: dietary considerations. In: BECK, B.H.; PEATMAN, E. **Mucosal Health in Aquaculture**. New York: Elsevier, 2015.

VAN LAERE, K.M. et al. Fermentation of plant cell wall derived polysaccharides and their corresponding oligosaccharides by intestinal bacteria. **J. Agric. Food Chem.**, n. 48, p. 1644–1652. 2000.

VAZQUEZ, M.J. et al. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. **Trends Food Sci. Tech.**, n. 11, p. 387–393. 2000.

XU, B. et al. Effect of prebiotic xylooligosaccharides on growth performances and digestive enzyme activities of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). **Fish Physiology and Biochemistry**, n. 35, ed. 3, p 351-357. 2009

XUAN, X. et al. Potential use of macro-algae *Gracilaria lemaneiformis* in diets for the black sea bream juvenile. **Aquac.**, n. 412-413, p. 167-172. 2013.

YOUSELFIAN, M.; AMIRI, M.S. A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. **Afr. J. Biotechnol.**, n.8, p. 7313-7318. 2009.

YUAN, H. et al. Immunomodulation and antitumor activity of carrageenan oligosaccharides. **Cancer lett.**, n. 243, p. 228-234. 2006.

ZHANG, X. et al. Effect of dietary supplementation of probiotic on performance and intestinal microflora of Chinese soft-shelled turtle (*Trionyx sinensis*). **Aquac. Nutr.**, n. 20, p. 667-674. 2014.

ZHU, H. et al. Effect of yeast polysaccharide on some hematologic parameter and gut morphology in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Fish Physiol. Biochem.**, n. 38, p. 1441-1447. 2012.

