

Administração oral dos polissacarídeos sulfatados da rodófito *Gracilaria caudata* na sobrevivência de pós-larvas de tilápia¹

Oral administration of sulfated polysaccharides from *Gracilaria caudata* rhodophyta
on tilapias post-larvae survival

Glacio Souza Araújo^{2,*}, Wladimir Ronald Lobo Farias³, José Ariévil Gurgel Rodrigues⁴, Valeska Martins
Torres⁵ e Grazielle da Costa Pontes⁶

Resumo – Diversos agentes imunostimulantes têm sido estudados visando minimizar o impacto do estresse em cultivos intensivos de organismos aquáticos, dentre eles os polissacarídeos sulfatados (PS) de algas marinhas. Objetivou-se avaliar o efeito da administração oral de PS, extraídos da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata*, na sobrevivência e ganho de peso de pós-larvas (pl) da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, durante a fase de reversão sexual. Os PS foram incorporados à ração dos peixes depois da adição do andrógeno sintético 17- α -metilttestosterona, sendo administrados nas doses de 0,05; 0,1 e 0,2 mg g⁻¹ de peso vivo durante 28 dias. Cada dose administrada, bem como o controle sem PS, foram realizadas em triplicata. Após a administração dos PS, os últimos 5 dias do experimento caracterizaram-se pela indução de uma situação extrema de estresse, quando foram suspensas a aeração e as renovações de água. Os resultados mostraram que a administração de PS de *G. caudata* na dieta não teve efeito no ganho de peso dos animais. Entretanto, ao final do experimento, as taxas de sobrevivência foram significativamente maiores ($p < 0,05$) nas doses de 0,1 e 0,2 mg g⁻¹. O estudo revelou que pequenas doses de PS da alga *G. caudata*, administrados na ração de tilápias, foram capazes de melhorar a sobrevivência dos indivíduos durante a fase de reversão sexual, após submissão à estresse.

Palavras-chave- Alga marinha. Estresse ambiental. Imunostimulante. *Oreochromis niloticus*. Polissacarídeos.

Abstract – Immunostimulant agents such as sulfated polysaccharides (SP) from marine algae have been widely used to minimize stress in cultivated aquatic organisms. The objective of this work was to evaluate the effect of oral administration of SP extracted from the red marine algae *Gracilaria caudata* in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, on post-larvae (pl) survivals after the hormonally induced sexual reversion. SP were incorporated in fish ration prior the addition of synthetic androgen 17- α -methyl-testosterone which was administered to the pl's at doses of 0.05; 0.1 and 0.2 mg g⁻¹ of pl's live weight during 28 days. Each treatment was carried out in triplicate. In the last 5 days after SP administration, severe stress was induced by removal of water aeration and renewal. Results showed that pl's survival rates at the end of the experiment were significantly higher ($p < 0.05$) in 0.1 and 0.2 mg g⁻¹ doses. This study revealed that small doses of SP from marine algae *G. caudata* incorporated in tilapia ration were probably the main cause to increase survival rates hormonally induced sexual reversion.

Key words- *Oreochromis niloticus*. Marine algae. Immunostimulant. Polysaccharides. Environmental stress.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 03/01/2008; aprovado em 11/10/2008

Parte da dissertação que foi apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal do Ceará, para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Pesca no ano de 2006

²Eng. de Pesca, bolsista da CAPES, aluno de doutorado em Engenharia de Pesca, CCA/UFC, Campus do Pici, Bloco 825, CEP: 60 356-000, Fortaleza-CE, glacio@ufc.br

³Eng. de Pesca, D. Sc., pesquisador professor do Dep. de Eng. de Pesca, CCA/UFC, wladimir@ufc.br

⁴Eng. de Pesca, pesquisador colaborador do Dep. de Engenharia de Pesca, CCA/UFC, arieviloengpesca@yahoo.com.br

⁵Eng. de Pesca, aluna de mestrado em Eng. de Pesca, CCA/UFC, valeskamtorres@gmail.com

⁶Eng. de Pesca, pesquisadora colaboradora do Dep. de Engenharia de Pesca, CCA/UFC, grazipesca@yahoo.com.br

Introdução

O cultivo de tilápias cresceu rapidamente nas últimas décadas, principalmente na Ásia (FITZSIMMONS; POSADAS, 1997). A tilápia do Nilo, *O. niloticus*, é um peixe de reprodução contínua, precoce e de fácil desova em cativeiro (MOREIRA et al., 2001), o que frequentemente resulta em superpopulações nos cultivos e causa prejuízos ao bom desempenho zootécnico dos animais.

Khaw et al. (2008) compararam a performance da progene base de tilápia GIFT (melhorada geneticamente) produzida nas Filipinas com a nona geração da mesma progene produzida na Malásia, com peso médio inicial de 6,4 g entre a estocagem e a despesca (120 dias) e verificaram que o peso médio de despesca na nona geração foi 64% maior que a progene base (185,5 e 140,9 g, respectivamente), ou seja, apresentou um ganho genético anual de 7,1%.

Para uma boa produção de tilápias é necessário a ausência de proliferação de alevinos durante o cultivo, obtido através da utilização de machos monosexo, drenagem dos viveiros entre dois ciclos, baixas densidades de estocagem e utilização de rações balanceadas, ocorrendo reduzidas taxas de mortalidade e melhoramento do crescimento (GLASSER; OSWALD, 2001).

Dentre as técnicas de reversão sexual, obtendo-se populações monosexo, a mais empregada ocorre através da administração de hormônios masculinizantes (GUERRERO; GUERRERO, 1988), sendo o andrógeno 17- α -metiltestosterona o mais utilizado (POPMA; GREEN, 1990). Porém, a administração de hormônios sexuais acarreta redução das defesas imunológicas dos peixes, tornando-os vulneráveis a uma grande variedade de patógenos, afetando o crescimento e/ou a sobrevivência dos animais (VADSTEIN et al., 1993; SAKAI, 1999).

Segundo Bricknell e Dalmo (2005), o uso de imunostimulantes na aquicultura tem sido recomendado durante eventos que promovam situações de estresse, tais como reprodução, transporte e vacinação, melhorando o bem-estar, a saúde e, dessa forma, protegendo os animais contra o aparecimento de doenças. Esses compostos são encontrados em produtos bacterianos, fungos, animais, algas (macro e microalgas) e plantas.

As algas marinhas são ricas em polissacarídeos sulfatados, moléculas conhecidas por apresentarem diversas atividades biológicas, tais como anticoagulante, antitrombótica, antiviral, antitumoral, antiproliferativa e anti-inflamatória (BOISSON-VIDAL et al., 1995; FARIAS et al., 2001; ATHUKORALA et al., 2007).

No Brasil, poucos estudos relatam o efeito imunostimulante dos polissacarídeos sulfatados de algas

marinhas na aquicultura. Farias et al. (2004) demonstraram que a administração de pequenas doses dos PS extraídos da alga vermelha *Botryocladia occidentalis* na ração de tilápias (*O. niloticus*), durante a reversão sexual, resultou em um aumento significativo no ganho de peso e peso final dos indivíduos. A administração diária dos PS extraídos das macroalgas vermelhas *B. occidentalis*, *Halymenia pseudofloresia* e *Solieria filiformis*, preveniu os efeitos negativos do estresse no camarão *L. vannamei*, proporcionando uma melhoria na taxa de sobrevivência dos animais (COSTA et al., 2006; RODRIGUES, 2006; BARROSO et al., 2007).

Objetivou-se avaliar o efeito dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata* na sobrevivência e ganho de peso final de pós-larvas da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, durante a fase de reversão sexual com o andrógeno 17- α -metiltestosterona, contribuindo assim com a prospecção de novas macromoléculas com efeito imunostimulante.

Materiais e métodos

Período experimental

O tempo total do experimento foi de 33 dias, sendo 28 dias durante a fase de reversão sexual e 5 dias após esse período (maior estresse no cultivo).

Alga marinha e extração dos polissacarídeos sulfatados

A alga marinha vermelha *G. caudata* foi coletada na Praia do Pacheco – Caucaia/CE e levada ao laboratório para separação de epífitas e outros organismos. Em seguida, o material foi desidratado ao sol e cortado em pequenos pedaços para extração dos polissacarídeos sulfatados (PS).

Inicialmente, o material seco (2 g) foi hidratado com 100 mL de tampão acetato de sódio 100 mM pH 5,0 + cisteína 5 mM + EDTA 5 mM e a mistura incubada com uma solução de papaína bruta (30 mg mL⁻¹) a 60 °C em banho-maria por 24 h. Após esse período, foram adicionados ao filtrado três volumes de etanol absoluto para a precipitação dos PS durante 24 h a -20 °C. Logo após a precipitação, o material foi centrifugado (7.500 x g; 20 min; 4 °C) e o precipitado lavado duas vezes com 200 mL de etanol 80% e uma vez com 120 mL de etanol absoluto. Finalmente, o extrato bruto de PS foi seco em estufa a 60 °C durante 24 h.

Incorporação dos polissacarídeos sulfatados na ração

Inicialmente, o extrato bruto de PS foi dissolvido em água destilada e misturado uniformemente à ração

seca, contendo 50% de proteína bruta, até a obtenção de uma massa úmida e consistente. Posteriormente, a ração úmida foi distribuída em placas de Petri e seca em estufa a 60 °C por 24 h. Após a secagem, a mesma foi triturada e peneirada até atingir a granulometria inicial, antes de ser submetida à incorporação do hormônio masculinizante. A quantidade total de PS utilizado, em cada tratamento, foi calculado multiplicando-se a biomassa total das pl's por cada dosagem a ser administrada nos referidos tratamentos.

Incorporação do hormônio à ração

Inicialmente foi preparada uma solução estoque de hormônio masculinizante, adicionando-se 6 g de 17- α -metiltestosterona (MT) em 1 L de álcool absoluto. Para a incorporação do hormônio, uma alíquota de 123 mL dessa solução estoque foi diluída em 820 mL de álcool comercial e misturada uniformemente à ração, obtendo-se uma concentração final de 60 mg MT kg⁻¹. Em seguida, a ração com hormônio foi distribuída em bandejas plásticas em camadas de 5 cm de espessura, as quais foram dispostas à sombra durante 48 horas para a completa evaporação do álcool. Após a secagem, a ração foi novamente peneirada e estocada a -4 °C.

Pós-larvas de tilápia

As pós-larvas (pl) de tilápia foram obtidas em uma Estação de Piscicultura do Estado do Ceará, através da técnica de coleta de nuvens em um viveiro de reprodução, utilizando um puçá de 1,5 mm de malha. Os indivíduos aptos ao processo de masculinização foram selecionados em uma tela de 3 mm de malha e transportados ao Laboratório de Aqüicultura do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará em sacos plásticos contendo 1/3 de água e 2/3 de oxigênio.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, o qual consistiu de quatro tratamentos com três repetições cada, sendo as pl estocadas, aleatoriamente, em aquários de 40 L na densidade de 8 pl L⁻¹. No tratamento controle (T₁) foi utilizada ração sem PS e, nos outros três tratamentos, foram utilizadas doses crescentes de PS g⁻¹

de peso vivo (PV) (T₂ = 0,05 mg g⁻¹; T₃ = 0,1 mg g⁻¹ e T₄ = 0,2 mg g⁻¹). A ração foi oferecida em quatro refeições diárias, sendo lançada diretamente na água. Diariamente, foram realizadas contagens das pl mortas e, no final do experimento, 10% dos indivíduos estocados foram pesados para estimar o ganho de peso final.

Para avaliar o efeito dos PS, diferentes situações de estresse foram induzidas durante o cultivo dos peixes. Nas duas primeiras semanas, foi utilizada aeração constante e renovação diária de 20% da água dos aquários, caracterizando uma situação sem estresse.

Para induzir a mortalidade no experimento, as pl foram submetidas a três diferentes níveis de estresse. Durante a 3^a semana de cultivo, os animais foram submetidos a uma situação de pouco estresse, através da supressão da aeração diurna, sendo mantida a renovação de água e aeração no período noturno. Na 4^a semana, a situação de estresse moderado foi induzida no experimento, suprimindo completamente a aeração do sistema, mas mantendo a renovação de água. Finalmente, a situação de estresse elevado se caracterizou pela completa ausência de aeração e de renovação de água. Foi estabelecido um fotoperíodo de 10 h de claro e 14 h de escuro, e temperatura em torno de 30 °C. A qualidade físico-química da água foi monitorada diariamente.

Os dados de sobrevivência e ganhos de peso médio diário e final dos animais foram submetidos à análise de variância com fator único (ANOVA) e, posteriormente, ao teste de Tukey para diferenciação das médias, ao nível de significância de 5% do programa BioEstat versão 5.0. Anteriormente à análise de variância, os dados de sobrevivência foram transformados para $\arcsen\sqrt{1/(1-4p)}$, onde p é a proporção de indivíduos sobreviventes.

Resultados e discussões

Qualidade de água

Os parâmetros físico-químicos não sofreram grandes variações durante o cultivo (Tabela 1). Entretanto, a concentração de oxigênio dissolvido na água decresceu

Tabela 1- Variação da concentração de oxigênio dissolvido (O₂D) (mg L⁻¹), Temperatura (°C), pH da água, e a sobrevivência total (ST) das pós-larvas durante o período de cultivo

| Eventos | O ₂ D (mg L ⁻¹) | Temperatura (°C) | pH | ST (%) |
|---------------------------------|--|------------------|-------------|--------|
| Sem estresse | 4,73 ± 0,13 | 26,90 ± 0,35 | 7,98 ± 0,21 | 90,65 |
| Sem aeração diurna | 0,32 ± 0,07 | 26,90 ± 0,26 | 7,71 ± 0,08 | 97,73 |
| Sem aeração | 0,30 ± 0,03 | 25,40 ± 0,24 | 8,44 ± 0,13 | 95,73 |
| Sem aeração e renovação de água | 0,30 ± 0,13 | 25,60 ± 0,24 | 8,14 ± 0,03 | 83,95 |

Os valores representam à média de duas determinações diárias

bruscamente quando foi suspensa a aeração diurna, caindo de $4,73 \pm 0,13$ (sem estresse) para $0,32 \pm 0,07$ mg L⁻¹ (estresse), mantendo-se praticamente constante até o final do experimento. Por outro lado, foi observado um aumento da sobrevivência de 90,65 para 97,73%, demonstrando a alta resistência das pós-larvas na ausência de aeração diurna e adaptação às condições de cultivo.

Muitas espécies de peixes regulam seus parâmetros hematológicos de acordo com as condições ambientais, principalmente quando os animais sofrem algum tipo de estresse, tais como variações de temperatura, nível de oxigênio dissolvido e pH (TAVARES-DIAS; MORAES, 2004). Embora algumas espécies de peixes tolerem baixas concentrações de oxigênio (OSTRAND; WILDE, 2001), esse fator afeta significativamente a saúde e o desempenho dos animais aquáticos (NOGA; FRANCIS-FLOYD, 1991).

Os alevinos de tilápia demonstraram resistência a uma condição extrema de cultivo ao final de 33 dias. Tran-Duy et al. (2008) verificaram os efeitos de duas concentrações de oxigênio dissolvido (3,0 e 5,6 mg L⁻¹) no peso corpóreo e crescimento da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com peso médio de 21 e 147 g e observaram que no nível de oxigênio dissolvido maior, o peso corpóreo foi significativamente maior ($p < 0,01$) comparado com a concentração mais baixa. Também foi verificado que o crescimento dos peixes com peso médio menor (21 g) foi significativamente maior do que os demais (147 g).

Sobrevivência

A taxa de sobrevivência acumulada diferiu significativamente entre os tratamentos ($p < 0,05$; $F=32,919$) e foi relativamente alta ao final do experimento, variando de 87,61% no tratamento T₁ sem polissacarídeo a 97,70% no tratamento T₃ = 0,1 mg g⁻¹, sendo este, juntamente com o T₄ = 0,2 mg g⁻¹, diferentes significativamente dos tratamentos T₁ e T₂, demonstrando os efeitos positivos dessas substâncias nas maiores dosagens (Tabela 2). Quando a sobrevivência foi avaliada

semanalmente, já na primeira semana ocorreu diferença significativa entre o tratamento T₃ e os demais tratamentos ($p < 0,05$; $F=16,690$), provavelmente devido a uma adaptação dos peixes às condições de cultivo, fato que não ocorreu durante a segunda semana de experimento, onde não foram observadas diferenças significativas entre os mesmos ($p < 0,05$).

Ainda de acordo com a tabela, durante a terceira semana de reversão sexual, os tratamentos T₃ e T₄ apresentaram sobrevivências de 99,79% cada, diferindo significativamente do tratamento T₁ (96,55%) ($p < 0,05$; $F = 10,002$), mas semelhantes entre si, já demonstrando os melhores resultados nas maiores dosagens. O tratamento T₂ apresentou sobrevivência semelhante entre os demais tratamentos (97,81%). Na última semana, com a supressão completa da aeração, foi observado que o tratamento T₃ diferiu significativamente dos demais tratamentos ao nível de 5%, com taxa de sobrevivência de 99,37% ($p < 0,05$; $F = 4,777$), sendo a melhor taxa encontrada ao final da reversão sexual.

Entretanto, após o 5º dia de término do período de reversão sexual dos animais, a suspensão da renovação de água no sistema proporcionou uma queda na sobrevivência dos tratamentos T₂ = 0,05 mg g⁻¹ e T₁ = sem polissacarídeo, que apresentaram as menores taxas (90,29 e 95,10%, respectivamente). Nos tratamentos T₃ = 0,1 mg g⁻¹ e T₄ = 0,2 mg g⁻¹, foram encontradas as maiores taxas de sobrevivência dos peixes, com médias de 99,33 e 99,22%, respectivamente, diferindo significativamente entre os demais ($p < 0,05$; $F=62,707$), mas não entre si, demonstrando um efeito positivo das maiores dosagens dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata*. Estudos envolvendo imunostimulantes relatam que os efeitos negativos do estresse em organismos aquáticos, em diversas fases de desenvolvimento, podem ser minimizados mediante diferentes formas de administração. Park e Jeong (1996) observaram um aumento significativo na sobrevivência

Tabela 2 - Sobrevivência acumulada e semanal das pós-larvas de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, no final da reversão sexual (28 dias) e 5 dias após esse período

| Semana | Sem polissacarídeo | 0,05 mg g ⁻¹ | 0,1 mg g ⁻¹ | 0,2 mg g ⁻¹ | p |
|--|--------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------|
| 1 | 97,50a | 97,39a | 99,22b | 97,71a | < 0,05 |
| 2 | 96,96a | 97,29a | 99,37a | 99,06a | > 0,05 |
| 3 | 96,55a | 97,81a,b | 99,79b | 99,79b | < 0,05 |
| 4 | 96,57a | 98,12a | 99,37b | 98,36a | < 0,05 |
| Sobrevivência acumulada (%) | 87,61a | 90,60a | 97,70b | 95,72b | < 0,05 |
| Sobrevivência acumulada (%) após 5 dias | 95,10a | 90,29b | 99,33c | 99,22c | < 0,05 |

Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas ao nível de 5%

de juvenis de tilápia, *O. niloticus*, infectados pela bactéria *Edwardsiella tarda* quando foram alimentados com ração suplementada com 0,1 mg g⁻¹ de polissacarídeo extraído do fungo *Coriolus versicolor*.

Tinman et al. (2000) relataram que a suplementação com peptídeo glicano na ração para híbridos de tilápias (*O. aureus* x *O. niloticus*), infectadas com a bactéria *Streptococcus difficile*, estimulou a produção das células de defesas não-específicas dos animais. Banhos de imersão em camarões *Litopenaeus vannamei* com PS extraídos de uma microalga cianofíceia resultou na melhoria de alguns parâmetros imunológicos, tais como a atividade da enzima superóxido dismutase e a geração do ânion superóxido (CAMPA-CÓRDOVA et al., 2002). Fu et al. (2007) utilizaram diferentes vias (oral, imersão e injeção) para administrar os PS da alga marinha vermelha *Gelidium amansii* em camarões *L. vannamei* infectados com a bactéria *Vibrio alginolyticus*. A administração por via oral resultou no melhor tratamento contra a infecção pelo patógeno.

A administração oral de quitosana, um polissacarídeo obtido de crustáceos, aumentou a sobrevivência em 80% de carpa comum, *Cyprinus carpio*, após infecção com a bactéria *Aeromonas hydrophila* (GOPALAKANNAM; ARUL, 2006). As taxas de sobrevivência observadas durante toda a fase de reversão sexual nos tratamentos T₃ e T₄ foram maiores em relação aos demais tratamentos. Os peixes que receberam a menor dose de PS (0,05 mg g⁻¹) e os que não receberam o polissacarídeo (controle) ficaram mais susceptíveis aos efeitos negativos advindos da má qualidade de água e ausência de aeração, durante os últimos 5 dias. Assim, as pós-larvas dos tratamentos T₃ e T₄ foram mais resistentes ao elevado grau de estresse no final do experimento.

A administração de 0,2 mg g⁻¹ não resultou em uma melhoria da taxa de sobrevivência, já que em todo o experimento, esta foi inferior ao tratamento T₃=0,1 mg g⁻¹, com exceção da terceira semana (valores iguais), sendo diferente significativamente na primeira e quarta semanas. Alguns estudos relatam que a administração de uma dose ótima de um imunostimulante é extremamente importante para se obter uma resposta efetiva e vários relatos têm demonstrado que doses baixas surtem um melhor efeito

do que doses mais elevadas (BOONYARATPALIN et al., 1995; PARK; JEONG, 1996; TINMAN et al., 2000).

Quando induzimos, por 5 dias, uma situação extrema de estresse no experimento, a maior sobrevivência acumulada foi obtida nos tratamentos contendo 0,1 e 0,2 mg g⁻¹ (99,33 e 99,22%, respectivamente). Rodrigues (2006) reportou que a imersão diária em 1,0 mg L⁻¹ dos PS da alga marinha vermelha *Halymenia pseudofloresia* de camarões adultos de *L. vannamei* reduziu significativamente a taxa de mortalidade quando os animais foram submetidos a condições adversas de estresse. A atividade fagocítica e a produção de ânion superóxido foram aumentadas após a administração da microalga *Spirulina platensis* na dieta da carpa comum *Cyprinus carpio* (WATANUKI et al., 2006).

Pesquisas relatam que a utilização de doses mais elevadas de imunostimulantes pode causar imunossupressão em peixes (SAKAI, 1999). Segundo este autor, o efeito de compostos imunostimulantes é diretamente dependente de uma dose ideal, pois doses altas podem não melhorar e até mesmo serem inibidoras da resposta imunológica. Assim, a utilização de testes com diferentes doses é uma estratégia chave para a descoberta de doses ótimas que possam ser mais efetivas durante eventos que promovam estresse, tais como no transporte e no ciclo reprodutivo dos animais aquáticos (BRICKNELL; DALMO, 2005).

Os imunostimulantes se traduzem como as melhores ferramentas na indução do crescimento e sobrevivência em camarões (AZAD et al., 2005), sendo também a melhor alternativa durante o monitoramento de doenças infecciosas, ocasionadas pelo estresse, as quais agredem o sistema imune em camarões (ALDAY-SANZ, 2007).

Peso médio final e ganho médio de peso diário

De acordo com a Tabela 3, o peso médio final das pós-larvas no experimento variou de 0,183 a 0,191 g, e o ganho médio de peso diário variou de 0,00657 a 0,00678 g. Para ambos os casos, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$).

A administração oral dos PS de *G. caudata* não surtiu efeitos no ganho de biomassa pelos animais. Entretanto, alguns trabalhos reportam estímulos relacionados ao

Tabela 3 - Peso médio final (g) e ganho médio de peso diário (g) das pós-larvas de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, ao término do período experimental

| Tratamentos | Peso médio final (g) | Ganho médio de peso diário (g) | p |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------|
| Sem polissacarídeo | 0,189 ± 0,0098a | 0,00674 ± 0,00035a | > 0,05 |
| 0,05 mg g ⁻¹ | 0,189 ± 0,0070a | 0,00673 ± 0,00025a | > 0,05 |
| 0,1 mg g ⁻¹ | 0,191 ± 0,0057a | 0,00678 ± 0,00020a | > 0,05 |
| 0,2 mg g ⁻¹ | 0,183 ± 0,0034a | 0,00657 ± 0,00122a | > 0,05 |

Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas ao nível de 5%

uso de imunostimulantes, promovendo, em alguns casos, ganho de peso. Rivera et al. (2002) relataram que o incremento de 10% do extrato da alga marinha parda *Macrocystis pyrifera* na dieta de camarões *L. vannamei* resultou em uma maior biomassa final ao final de 25 dias de administração. Farias et al. (2004) reportaram que diferentes doses de PS (0,05; 0,1 e 0,2 mg g⁻¹) da alga marinha vermelha *B. occidentalis* na ração de reversão de tilápias resultaram em um melhor ganho de biomassa quando os animais receberam a dosagem de 0,1 mg g⁻¹.

Rodrigues (2006) relatou que a imersão diária, por duas semanas, de camarões adultos de *L. vannamei* em soluções contendo 1,0 mg L⁻¹ dos PS da alga marinha vermelha *Halymenia pseudofloresia* promoveu um comportamento mais ativo, aumento da frequência de mudas e maior apetite nos animais. A administração de doses adequadas de imunostimulantes promove um aumento da resistência a diferentes enfermidades e melhora o estado de saúde dos animais (BRICKNELL; DALMO, 2005). O presente estudo demonstrou que o efeito da adição dos PS da alga marinha vermelha *G. caudata*, aumentando a sobrevivência, varia de acordo com a dosagem administrada.

Conclusão

A administração oral dos polissacarídeos sulfatados da alga marinha vermelha *Gracilaria caudata* na ração de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, durante a fase de reversão sexual, melhorou a taxa de sobrevivência dos peixes, após a indução de uma situação extrema de estresse no cultivo. No entanto, esse efeito não se traduziu em um melhor ganho de peso dos mesmos.

Agradecimentos

Os nossos sinceros agradecimentos quanto à realização deste trabalho são para a CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

ALDAY-SANZ, V. Why shrimp cannot be vaccinated? **Global Aquaculture Advocate**, v. 10, n. 01, 2007. 84 p.

ATHUKORALA, Y. et al. Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 09, p. 1711-1716, 2007.

AZAD, I. S. et al. Routes of immunostimulation vis-a-vis survival and growth of *Penaeus monodon* postlarvae. **Aquaculture**, v. 248, n. 01-04, p. 227-234, 2005.

BARROSO, F. E. C. et al. Efeito do polissacarídeo sulfatado extraído da alga marinha vermelha *Botryocladia occidentalis* nas pós-larvas do camarão *Litopenaeus vannamei*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 01, p. 58-63, 2007.

BOISSON-VIDAL, C. et al. Biological activities of polysaccharides from marine algae. **Drugs of the Future**, v. 20, n. 12, p. 1237-1249, 1995.

BOONYARATPALIN, S. et al. Effects of peptidoglycan (PG) on growth, survival, immune responses, and tolerance to stress in black tiger shrimp, *Penaeus monodon*. In: SHARIFF, M.; SUBASIGHE, R. P.; ARTHUR, J. R. **Diseases in Asian Aquaculture**. Philippines: Asian Fisheries Society, 1995. p. 469-477. v. 11.

BRICKNELL, I.; DALMO, R. A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 19, n. 05, p. 457-472, 2005.

CAMPA-CÓRDOVA, A. I. et al. Generation of superoxide anion and SOD activity in haemocytes and muscle of American white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as a response to beta-glucan and sulfated polysaccharide. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 12, n. 04, p. 353-366, 2002.

COSTA, F. H. F. et al. Enhancement of disease resistance against infectious myonecrosis virus (IMNV) of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* by sulfated polysaccharide extracts from the red seaweeds *Botryocladia occidentalis* and *Solieria filiformis*. In: FEIRA NACIONAL DE CAMARÃO, 2006, Natal. **Anais...** Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/Revista>>. Acesso em: 24 out. 2006.

FARIAS, W. R. L.; NAZARETH, R. A.; MOURÃO, P. A. S. Dual effects of sulfated D-galactans from the red alga *Botryocladia occidentalis* preventing thrombosis and inducing platelet aggregation. **Thrombosis and Haemostasis**, v. 86, n. 06, p. 1540-1546, 2001.

FARIAS, W. R. L. et al. Enhancement of growth in tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) by sulfated D-galactans extracted from marine algae. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 189-195, 2004. Número especial.

FITZSIMMONS, K.; POSADAS, B. C. Consumer demand for tilapia products in the U.S & the effects on local markets in exporting countries. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 4. **Tilapia Aquaculture Proceedings**, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, 1997. p. 613-623.

FU, Y. W. et al. The immunostimulatory effects of hot-water extract of *Gelidium amansii* via immersion, injection and dietary administrations on white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against *Vibrio alginolyticus*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 22, n. 06, p. 673-685, 2007.

GLASSER, F.; OSWALD, M. High stocking densities reduce *Oreochromis niloticus* yield: model building to aid the optimisation of production. **Aquatic Living Resources**, v. 14, p. 319-326, 2001.

GOPALAKANNAM, A.; ARUL, V. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan, and levamisole on the

- immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture**, v. 255, n. 01-04, p. 179-187, 2006.
- GUERRERO, R. D.; GUERRERO, L. A. Feasibility of commercial production of Nile tilapia fingerlings in Philippines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, ano? Cidade?. **Proceedings...** Manila, Philippines: Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, 1988. p. 183-186.
- KHAW, H. L.; PONZONI, R. W.; DANTING, M. J. C. Estimation of genetic change in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by comparing contemporary progeny produced by males born in 1991 or in 2003. **Aquaculture**, v. 275, n. 01-04, p. 64-69, 2008.
- MOREIRA, H. L. M. et al. **Fundamentos da moderna aqüicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200 p.
- NOGA, E. J.; FRANCIS-FLOYD, R. Medical management of channel catfish: the environment. **Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian**, v. 13, n. 01, p. 160-166, 1991.
- OSTRAND, K. G.; WILDE, G. R. Temperature, dissolved oxygen, and salinity tolerances of five prairie stream fishes and their role in explaining fish assemblage patterns. **Transactions of the American Fishing Society**, v. 103, p. 742-749, 2001.
- PARK, H. H.; JEONG, H. D. Enhanced resistance against *Edwardsiella tarda* in tilapia (*Oreochromis niloticus*) by administration of protein-bound polysaccharide. **Aquaculture**, v. 143, n. 03, p. 135-143, 1996.
- POPMA, T. J.; GREEN, B. W. **Manual de producción aqüícola: reversion sexual de tilapia em lagunas de tierra**. Arburn: Asociación Americana de Soya, 1990. 35 p.
- RIVERA, G. et al. Inclusión de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos balanceados para camarón. **CIVA**, p. 244-252, 2002.
- RODRIGUES, J. A. G. **Atividade anticoagulante de galactanas sulfatadas de algas marinhas vermelhas do gênero *Halymenia* e seu efeito imunoestimulante no camarão marinho *Litopenaeus vannamei***. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. **Aquaculture**, v. 172, n. 01, p. 63-92, 1999.
- TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. **Hematologia de Peixes Teleósteos**. Ribeirão Preto: [s.l.], 2004. 144 p.
- TINMAN, S. et al. Effect of long-term oral administration of peptidoglycan (PG- Ajinomoto product) on growth rate and immunostimulant response of hybrid tilapia (*Oreochromis aureus* X *O. niloticus*). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Panorama da Aqüicultura Magazine, 2000. p. 524-532.
- TRAN-DUY, A. et al. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 275 n. 01-04, p. 152-162, 2008.
- VADSTEIN, O. et al. A strategy to obtain microbial control during larval development of marine fish. In: REINERTSEN, H. et al. ed. **Fish Farming Technology**: Bakema Publishers, 1993. p. 69-75.
- WATANUKI, H. et al. Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. **Aquaculture**, v. 258, n. 01-04, p. 157-163, 2006.