



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
AQUICULTURA

EFEITO DA ADIÇÃO DE MANANOLIGOSSACARÍDEOS E NUCLEOTÍDEOS EM
DIETAS DE *Penaeus vannamei* CULTIVADOS EM SISTEMA SIMBIÓTICO:
BENEFÍCIOS ECONÔMICOS, ENZIMAS DIGESTIVAS E ANTIOXIDANTES

Hugo Rodrigo Monteiro de Queiroz Maia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luis Otavio Brito da Silva
Orientador

Prof. Dra. Juliana Ferreira dos Santos
Co-orientadora

RECIFE

DEZEMBRO/2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos
pelo(a) autor(a)

M217e Maia, Hugo Rodrigo Monteiro de Queiroz.
Enzimas digestivas do hepatopâncreas
de *Penaeus vannamei* alimentados com
mananoligossacarídeos e nucleotídeos / Hugo
Rodrigo Monteiro de Queiroz Maia. – Recife, 2024.
62 f.

Orientador(a): Luis Otavio Brito da Silva.

Co-orientador(a): Juliana Ferreira dos Santos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação
em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Recife, BR-
PE, 2025.

Inclui referências.

1. Camarões - Nutrição. 2. Camarões -
Alimentação e rações. 3. Sistema gastrointestinal -
Microbiologia . 4. Bioquímica I. Silva, Luis Otavio
Brito da, orient. II. Santos, Juliana Ferreira dos,
coorient. III. Título

CDD 639.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
AQUICULTURA

EFEITO DA ADIÇÃO DE MANANOLIGOSSACARÍDEOS E NUCLEOTÍDEOS EM
DIETAS DE *Penaeus vannamei* CULTIVADOS EM SISTEMA SIMBIÓTICO:
BENEFÍCIOS ECONÔMICOS, ENZIMAS DIGESTIVAS E ANTIOXIDANTES

Hugo Rodrigo Monteiro De Queiroz Maia

Dissertação a ser julgada adequada para
obtenção do título de Mestre em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura. Defendida em
27/12/2024 pela seguinte Banca
Examinadora.

Prof. Dr. Luis Otavio Brito da Silva

Orientador

Departamento de Pesca e Aquicultura – UFRPE

Prof. Dr. Ranilson de Souza Bezerra

(Membro Interno)

Universidade Federal de Pernambuco – Membro interno

Profª. Dra. Karina Ribeiro

(Membro Suplente Externo)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Dedicatória

Dedico esse trabalho ao meu pai
Fábio Maia, minha mãe Sandra
Monteiro, a minha esposa Juliana
Valença e minha filha Liz Valença
Maia

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura/UFRPE, por todo o esforço de seus integrantes na busca de um ensino de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pós-graduação em nível de mestrado.

Ao orientador, professor Dr. Luis Otavio Brito da Silva por anos de ajuda e amizade desde a graduação.

A professora Dra. Juliana Ferreira dos Santos (UFRPE) pela colaboração no desenvolvimento da dissertação.

Aos professores membros da banca, Dr. Ranilson de Souza Bezerra, Dra. Karina Ribeiro, Dr. Alfredo Olivera e Dra. Gelcirene Costa por fornecerem novos subsídios para a finalização deste documento.

A equipe do Laboratório de Carcinicultura LACAR/DEPAQ/UFRPE: Gênisson Carneiro e Danielle Alves e toda equipe pela colaboração no desenvolvimento da dissertação.

A equipe do Laboratório de Enzimologia (LABENZ): Angélica Silva e Vivian Vasconcelos, pela colaboração nas análises e conhecimentos compartilhados.

A meu pai, minha mãe, minha esposa e minha filha linda sempre me dando forças para continuar.

A meus amigos da Engenharia de Pesca Marcos Canedo, Victor Azevedo, Sidney Andrade e Victor Sacramento.

E, principalmente, ao Senhor Jesus Cristo por toda força que me concedeu para superar todos os obstáculos e alcançar este objetivo.

RESUMO

A utilização de produtos à base de levedura na aquicultura (levedura viva; extrato de levedura; parede celular de levedura e autolisado e hidrolisado de levedura) estão sendo utilizados como estratégia promissora para melhorar a saúde e o desempenho dos organismos aquáticos. Portanto, este estudo avaliou o efeito sinérgico da adição de mananoligossacarídeos (MOS) e nucleotídeos (NT) no crescimento, benefícios econômicos e as atividades de enzimas digestivas e antioxidantes no hepatopâncreas de camarões *Penaeus vannamei* em sistema simbiótico, ao longo de 60 dias. Quatro tratamentos foram avaliados com quatro repetições: dieta controle sem adição de aditivos (C); uma dieta com MOS solubilizados a 2,0 g/kg de ração; uma dieta com NT a 2,0 g/kg de ração; e uma dieta com MOS a 1,0 g/kg de ração e NT a 1,0 g/kg de ração (MOS/NT). Embora os parâmetros de crescimento não tenham apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, os benefícios econômicos da receita líquida, assim como o percentual de incremento comparados ao tratamento controle foram superiores nos tratamentos com aditivos. Ao final do experimento a atividade de protease total no hepatopâncreas foi maior no tratamento controle e no grupo MOS/NT, tripsina, amilase e aminopeptidases (arginina, leucina e alanina) tiveram maior atividade no controle e lipase também teve seus maiores valores no tratamento controle, no entanto não diferiu significativamente do NT e NT/MOS. Os camarões exibiram uma resposta compensatória ao estresse oxidativo, caracterizada pelo aumento da atividade da catalase (CAT) e a redução dos níveis de glutathiona (GSH) nos tratamentos MOS e NT de forma isolada, indicando que possuem mecanismos fisiológicos para lidar com condições de estresse oxidativo a curto prazo. Em relação a melhoria dos benefícios, os resultados sugerem um possível efeito sinérgico de MOS e NT, no entanto para as atividades enzimáticas digestivas, os efeitos dos aditivos não puderam ser observados na maior parte das enzimas avaliadas, corroborando com os parâmetros zootécnicos. Estudos adicionais são necessários para elucidar os mecanismos envolvidos e otimizar o uso desses aditivos em dietas para camarões marinhos.

Palavras-chave: *Penaeus vannamei*, Mananoligossacarídeos, Nucleotídeos, Simbiótico, Enzimas digestivas, Antioxidantes

ABSTRACT

The use of yeast-based products in aquaculture (live yeast, yeast extract, yeast cell wall, and autolyzed and hydrolyzed yeast) has been employed as a promising strategy to improve the health and performance of aquatic organisms. Therefore, this study evaluated the synergistic effect of adding mannan oligosaccharides (MOS) and nucleotides (NT) on growth, economic benefits, and the activities of digestive and antioxidant enzymes in the hepatopancreas of *Penaeus vannamei* shrimp in an intensive system over 60 days. Four treatments were evaluated in quadruplicate: control diet without additives (C); a diet with solubilized MOS at 2.0 g/kg of feed; a diet with NT at 2.0 g/kg of feed; and a diet with MOS at 1.0 g/kg of feed and NT at 1.0 g/kg of feed (MOS/NT). Although growth parameters did not show significant differences between treatments, the economic benefits of net revenue and the increase in net revenue compared to the control treatment for an estimated 1.0 ha of production were higher in treatments with additives. At the end of the experiment, the total protease activity in the hepatopancreas was higher in the control treatment and in the MOS/NT group, trypsin, amylase and aminopeptidases (arginine, leucine and alanine) had higher activity in the control treatment and lipase also had its highest values in the control treatment, however it did not differ statistically from NT and NT/MOS. The shrimp exhibited a compensatory response to oxidative stress, characterized by increased catalase (CAT) activity and reduced glutathione (GSH) levels in the MOS and NT treatments alone, indicating that they have physiological mechanisms to deal with short-term oxidative stress conditions. Regarding the improvement of benefits, the results suggest a possible synergistic effect of MOS and NT, however, for digestive enzymatic activities, the effects of the additives could not be observed in most of the enzymes evaluated, corroborating the zootechnical parameters. Additional studies are needed to elucidate the mechanisms involved and optimize the use of these additives in diets for marine shrimp.

Keywords: *Penaeus vannamei*, Mannan oligosaccharides, Nucleotides, Synbiotic, Digestive enzymes, Antioxidants

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Atividade das enzimas digestivas (protease, tripsina, lipase e amilase) do extrato bruto do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos. 30

Figura 2. Atividade das enzimas digestivas (amino peptidase para os substratos arginina, leucina e alanina) do extrato bruto do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos. 31

Figura 3. Atividades antioxidantes do hepatopâncreas do extrato bruto do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes, formulação e composição nutricional das dietas controle e teste contendo MOS solubilizado e NT para avaliação do desempenho de *P. vannamei* cultivados em sistema simbiótico por 60 dias. 21

Tabela 2. Desempenho zootécnico de *P. vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos. 28

Tabela 3. Benefícios econômicos da utilização de aditivos MOS e NT no cultivo de camarões marinhos. 28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO GERAL	16
2.1 Objetivos Específicos	16
3. HIPÓTESE	16
4. ARTIGO I	18
Efeito de dietas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos no crescimento, benefícios econômicos e atividade de enzimas digestivas e oxidativas do hepatopâncreas de <i>Penaeus vannamei</i> cultivado em sistema simbiótico	18
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
6. REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A carcinicultura tornou-se uma atividade essencial na aquicultura global com produção de 12,75 milhões de toneladas em 2022. Dentre os crustáceos, podemos destacar a espécie *Penaeus vannamei*, conhecido como camarão branco do Pacífico, que possui alta aceitação no mercado internacional e representa 53,3% da produção total de crustáceos (6,8 milhões de toneladas) (FAO, 2024). No Brasil, essa atividade é fortemente concentrada na região Nordeste (99,6% da produção nacional). Dados recentes indicam que, em 2023, o setor produziu aproximadamente 127,5 mil toneladas de camarão, gerando uma receita bruta na ordem de 2,6 bilhões de reais (IBGE, 2024).

Apesar do crescimento significativo da aquicultura, a produção tem enfrentado desafios crescentes que afetam diretamente sua sustentabilidade e eficiência produtiva, com destaque para problemas sanitários e nutricionais. Surtos de doenças infecciosas, como o vírus da mancha branca (*White Spot Syndrome Virus* – WSSV), vírus da mionecrose infecciosa (*Infectious Myonecrosis Virus* – IMNV) e vibrioses, impactam a sobrevivência e o crescimento dos camarões, exigindo novas estratégias de produção (ADENAYA et al., 2023; WAN et al., 2023; THAMMATINNA et al., 2023). A utilização tradicional de antibióticos e quimioterápicos para controle de surtos tem sido uma prática comum em várias regiões produtoras. No entanto, a aplicação frequente e inadequada pode gerar o desenvolvimento de bactérias resistentes (YANO et al., 2014; KHAN et al., 2022).

O sistema simbiótico, que combina prebióticos e probióticos, pode ser uma estratégia alternativa, especialmente diante dos desafios sanitários e ambientais (SANTOS et al., 2022). Os prebióticos são compostos alimentares que o organismo não consegue digerir, mas que são fermentados pelas bactérias, resultando na produção de ácidos graxos de cadeia curta. Essas substâncias são benéficas para a saúde intestinal, ajudando na manutenção de um ambiente equilibrado para as bactérias ácidas lácticas, como as bifidobactérias e lactobacilos (GOH et al., 2022; WEE et al., 2024). Os prebióticos estão associados a múltiplos outros efeitos positivos como a produção de enzimas, competição com patógenos, fortalecimento imunológico e melhoria da digestão (BINDELS et al., 2015; GAMBOA-DELGADO et al., 2016; GUERREIRO et al., 2018; CHAUHAN & SINGH, 2019; BUTT et al., 2021).

Na carcinicultura, o uso de prebióticos tem se tornado uma estratégia que proporciona uma melhoria na saúde e no desempenho dos camarões, além de ajudar a

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

prevenir doenças e otimizar o processo de digestão. Os principais tipos de prebióticos utilizados na carcinicultura são: Mannanoligossacarídeos (MOS) - extraídos de fontes como as paredes celulares de leveduras, especialmente da *Saccharomyces cerevisiae*; Frutooligossacarídeos (FOS)- derivados principalmente de fontes vegetais, como alho, cebola e banana verde; Galactooligossacarídeos (GOS)- produzidos a partir da lactosa, geralmente extraída do leite; Beta-glucanos- encontrados principalmente em leveduras, aveia e outros grãos; Inulina - é uma fibra encontrada em alimentos como chicória, alcachofra e alho (GOH et al., 2022; YILMAZ et al., 2022; WEE et al., 2024).

A escolha de prebióticos para formulação de simbióticos é baseada em sua capacidade de promover benefícios específicos ao hospedeiro, sendo os prebióticos selecionados por sua habilidade de estimular o crescimento de bactérias benéficas, (KOLIDA et al. 2011, BUTT et al. 2021). Alguns estudos têm demonstrado um efeito sinérgico entre prebiótico e probiótico, mostrando que simbióticos são mais eficazes do que o uso isolado de ambos, especialmente na aquicultura, onde são comprovadamente eficazes em melhorar o crescimento, a digestão e a imunidade dos camarões, além de reduzir a mortalidade (MERRIFIELD et al., 2010, AKRAMI et al., 2015, ZHANG et al., 2015, FEBRIANTI et al., 2016).

Desta forma, a utilização de suplementos alimentares à base de levedura na aquicultura (levedura viva – usada como probiótico para colonizar o trato digestivo; extrato de levedura – fonte de nucleotídeos e aminoácidos essenciais para o crescimento; parede celular de levedura – rica em MOS e β -glucanos, usada como prebiótico e imunomodulador e autolisado e hidrolisado de levedura – proteínas de fácil digestão, usadas como fonte nutricional) estão emergindo como estratégia promissora para melhorar a saúde e o desempenho dos organismos aquáticos (AGBOOLA et al., 2021; CESEÑA et al., 2021). Além de ser uma alternativa viável à redução de inclusão de ingredientes tradicionais como a farinha e óleo de peixe, os produtos à base de leveduras, promovem a eficiência digestiva e a absorção de nutrientes essenciais (AGBOOLA et al., 2021; CESEÑA et al., 2021). Esses compostos melhoram o ambiente digestivo e ajudam a regular o pH intestinal, criando condições menos favoráveis para patógenos e mais propícias para a saúde geral do camarão (BABU et al., 2013). Ingredientes à base de levedura, ricos em glucanos e nucleotídeos, têm se mostrado particularmente eficazes, promovendo não só o crescimento de uma microbiota saudável no trato digestivo dos camarões, mas também fortalecendo o

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

sistema imunológico, aumentando a resistência a doenças e reduzindo a mortalidade (AGUIRRE-GUZMAN et al., 2009; DAWOOD et al., 2018). A inclusão de levedura na dieta dos camarões pode fortalecer significativamente suas defesas imunológicas, aumentando a resistência a enfermidades comuns em ambientes de cultivo (JIN et al., 2018). Isso é particularmente crucial para a sustentabilidade da aquicultura, onde a saúde dos organismos cultivados está diretamente ligada à produtividade e ao sucesso econômico.

Um dos suplementos alimentares de leveduras é o Mananoligossacarídeo (MOS), que são carboidratos complexos extraídos da parede celular da levedura (*Saccharomyces cerevisiae*). Na aquicultura, são amplamente utilizados como prebiótico, sendo reconhecido por promover a melhoria da saúde intestinal, promovendo o crescimento de bactérias benéficas (como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*); estimular o sistema imunológico, ativando a resposta imunológica inata, aumentando a produção de células fagocíticas e melhorando a resistência a infecções; melhorar a digestibilidade e absorção de nutrientes, favorecendo a integridade da mucosa intestinal, otimizando a absorção de proteínas e minerais essenciais; reduzir a mortalidade pelo estresse ambiental, principalmente composto nitrogenados (YANG et al., 2009; ZHANG et al., 2012; CESENÃ, 2021).

Estudos sobre os mananoligossacarídeos (MOS) indicam que sua adição na alimentação de camarões, como o camarão-branco (*P. vannamei*), pode impulsionar o crescimento e a taxa de sobrevivência. Por exemplo, pesquisadores descobriram que juvenis alimentados com rações suplementadas com MOS crescem mais rápido e têm maiores chances de sobreviver em condições desafiadoras com amônia (ZHANG et al., 2012). Outro estudo revelou que a inclusão de apenas 1% de MOS na dieta foi suficiente para promover esse efeito, mostrando uma eficiência considerável em melhorar o desempenho de crescimento (HAMSAH et al., 2020). Esses resultados sugerem que os MOS não só ajudam os camarões a aproveitar melhor os nutrientes, mas também tornam a aquicultura mais sustentável ao reduzir a dependência de dietas com altas concentrações de proteínas (CHEN et al., 2020 ausente; AKTER et al., 2021).

Outro produto que também é derivado de leveduras são os nucleotídeos, eles são compostos orgânicos derivados da hidrólise do RNA presente nas células de leveduras. Os nucleotídeos são moléculas intracelulares essenciais para a geração de energia, metabolismo e comunicação celular, além de serem os blocos estruturais dos ácidos

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

nucleicos (DNA e RNA), atuam como cofatores na síntese de proteínas e enzimas, como a coenzima NAD⁺, portanto desempenham funções essenciais em processos bioquímicos essenciais, como a divisão celular e a resposta imunológica, que influencia no crescimento e resposta imunológica (BISWAS et al., 2012; KRÜGER E WERF, 2018). A suplementação com nucleotídeos pode melhorar a resposta imunológica dos camarões *Penaeus vannamei*, aumentando sua resistência a infecções virais como o White Spot Syndrome Virus (WSSV) (ANDRINO et al., 2012; XIONG et al., 2018).

Na aquicultura, a farinha de peixe fornece nucleotídeos, mas sua redução nas formulações, devido aos custos elevados, estimulam a suplementação exógena, especialmente em períodos de crescimento rápido ou estresse, quando a síntese interna não é suficiente (DING et al., 2021). Essa suplementação é fundamental para o crescimento e a saúde de espécies como o camarão-branco-do-pacífico (*P. vannamei*), melhorando imunidade e resistência a doenças (XIONG et al., 2018; LI et al., 2007). Estudos indicam que nucleotídeos aumentam as respostas imunológicas, especialmente em condições adversas, beneficiando diversas espécies aquáticas e promovendo maior sobrevivência (BURRELLS et al., 2001; CAO et al., 2011; SHIAU et al., 2015). Esses efeitos fazem dos nucleotídeos aditivos promissores para maximizar o desempenho zootécnico na aquicultura intensiva.

O uso de levedura com propósito suplementação pode estimular a produção de enzimas digestivas em camarões, pois as leveduras produzem enzimas extracelulares (amilase, quitinase, fitase, protease, etc.) e substâncias bioativas (astaxantina, b-carotenoide, glutathione, poliamina, trealose, toxina assassina, etc.) com potencial relevância em processos digestivos e absorção de nutrientes que fornecem energia aos organismos cultivados (ZHENMING et al. 2006; JING et al. 2009; ZHAO et al. 2017). Essa atividade enzimática mais elevada contribui para uma absorção mais eficiente dos nutrientes disponíveis, otimizando o desempenho zootécnico e permitindo uma melhor utilização da dieta (JING et al., 2009; HAMIDOGHLI et al., 2023). Isso não apenas otimiza a utilização de nutrientes essenciais, mas também reduz a pressão sobre recursos marinhos limitados, como a farinha de peixe (ZHAO et al., 2017). Entretanto, poucos estudos têm elucidado o efeito de MOS e nucleotídeos e suas combinações em relação aos efeitos das enzimas digestivas e oxidativas de camarões em sistema intensivos com manejo microbiano com bioflocos e simbióticos.

Diversos estudos têm evidenciado a presença de enzimas digestivas em camarões e

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

outros crustáceos, destacando principalmente as proteases, carboidrases e lipases. Essas enzimas atuam na digestão e, conseqüentemente, na assimilação dos nutrientes presentes nos ingredientes das dietas, contribuindo significativamente para a eficiência alimentar desses organismos (MUHLIA-ALMAZÓN et al., 2003; LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2005). As proteases, como tripsina e quimotripsina, são enzimas essenciais no hepatopâncreas dos camarões, desempenhando papel crucial na digestão de proteínas, que é caracterizada como o nutriente mais oneroso nas dietas de camarões (FERNÁNDEZ GIMENEZ et al., 2002; SÁNCHEZ-PAZ et al., 2003). Moghadam et al. (2023), confirmam a importância das proteases na otimização da digestão proteica, melhorando a absorção de nutrientes e promovendo o crescimento dos camarões. A tripsina, encontrada em alta concentração no trato digestório dos crustáceos, age em diversos processos biológicos, incluindo a digestão de proteínas, a ativação de zimogênios e a mediação entre a ingestão de alimentos e a absorção de nutrientes (FERNÁNDEZ GIMENEZ et al., 2002; SAINZ et al., 2004; LI et al., 2024). Além disso, a compreensão do funcionamento da tripsina pode levar a melhorias nas formulações dietéticas para maximizar o crescimento e a saúde dos crustáceos em condições de cultivo (LI et al., 2024). Estudos indicam que dietas suplementadas com hidrolisados de levedura aumentam a atividade dessa enzima, melhorando a digestão proteica e o desempenho zootécnico de *P. vannamei*, especialmente em dietas de baixo teor de farinha de peixe (NAVARRETE DEL TORO E GARCIA CARREÑO, 2019).

As carboidrases desempenham um papel fundamental na digestão de carboidratos, convertendo amidos em açúcares simples que podem ser prontamente absorvidos e utilizados como fonte de energia. A inclusão de carboidrases, como amilases, nas dietas mostrou-se eficaz para otimizar o aproveitamento energético e promover o crescimento desses crustáceos, especialmente em dietas baseadas em proteínas vegetais (YAO et al., 2019). No caso do *P. vannamei* e outros peneídeos, essas enzimas também ajudam na digestão da quitina presente em seu exoesqueleto e nos microcrustáceos consumidos em ambientes naturais (PERERA et al., 2008; CASTRO et al., 2012).

A lipase atua na digestão de lipídios em camarões, ou seja, na quebra de gorduras em ácidos graxos e glicerol, que são prontamente absorvidos e usados pelo organismo como fonte de energia. Suplementos dietéticos que aumentam a atividade de lipase têm mostrado ser eficazes para promover tanto o crescimento quanto a saúde dos camarões, especialmente em sistemas de cultivo intensivo. Estudos apontam que níveis otimizados

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

de lipídios na dieta, entre 118 e 124 g kg⁻¹, estão associados à melhor desempenho de crescimento, maior tolerância ao estresse e resposta imunológica mais robusta em *P. vannamei* (XIE et al., 2019).

As enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx), desempenham um papel essencial na defesa celular dos camarões contra o estresse oxidativo, especialmente em sistemas intensivos de cultivo. Ao neutralizar as espécies reativas de oxigênio (ROS), essas enzimas protegem as membranas e proteínas celulares de danos que poderiam comprometer a saúde e a sobrevivência dos camarões. Estudos sugerem que a suplementação alimentar com antioxidantes, como a astaxantina e outros compostos naturais, eleva a atividade dessas enzimas, fortalecendo a resistência dos camarões ao estresse oxidativo (YU et al., 2020; LATORRES et al., 2018). Adicionalmente, a introdução de hidrolisados de levedura nas dietas de camarões tem se mostrado eficaz para intensificar a capacidade antioxidante e melhorar a saúde em ambientes de estresse, como em situações de alta concentração de nitrito. Nesses contextos, os camarões suplementados não apenas apresentam maior atividade de SOD e CAT, mas também melhor resiliência e integridade geral (CHEN et al., 2023).

Estudos mais aprofundados sobre como os subprodutos de levedura afetam a produção e atividade dessas enzimas digestivas e oxidativas são fundamentais para entender os mecanismos pelos quais esses aditivos beneficiam os organismos aquáticos. A compreensão desses processos enzimáticos não apenas permite otimizar as formulações de ração, mas também promove um manejo mais eficiente e sustentável da saúde e do crescimento dos camarões.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adição de mananoligossacarídeo e nucleotídeos no crescimento, benefícios econômicos e nas atividades das enzimas digestivas e antioxidantes no hepatopâncreas do camarão marinho *Penaeus vannamei* em sistema intensivo.

2.1 Objetivos Específicos

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

- Avaliar o efeito da adição suplementar de mananoligossacarídeo e nucleotídeos no crescimento dos camarões *P. vannamei*;
- Avaliar o efeito da adição suplementar de mananoligossacarídeo e nucleotídeos em relação ao benefício econômico na produção dos camarões *P. vannamei*;
- Avaliar o perfil enzimático do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dieta com a inclusão de mananoligossacarídeo e nucleotídeos.
- Avaliar o perfil das enzimas antioxidantes do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dieta com a inclusão de mananoligossacarídeo e nucleotídeos.

3. HIPÓTESE

- A adição de mananoligossacarídeo e nucleotídeos na dieta melhora o crescimento e rentabilidade do cultivo de *P. vannamei*;
- A adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos na dieta melhora a atividade de enzimas no hepatopâncreas de *P. vannamei*.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

4. ARTIGO CIENTÍFICO

**Artigo científico encaminhado à Revista Fish and Fisheries
(ISSN: 1467-2979)**

Todas as normas de redação e citação, deste artigo, atendem aquelas estabelecidas pela referida revista.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

Efeito de dietas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos no crescimento, benefícios econômicos e atividade de enzimas digestivas e antioxidantes do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* cultivado em sistema simbiótico

RESUMO

Este estudo avaliou o efeito da suplementação de mananoligossacarídeos (MOS) e nucleotídeos (NT) no desempenho zootécnico, benefícios econômicos e nas atividades das enzimas digestivas e antioxidantes no hepatopâncreas de camarões *Penaeus vannamei* cultivados em sistema simbiótico, ao longo de 60 dias. Quatro tratamentos foram avaliados com quatro repetições: dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos (MOS) solubilizados a 2,0 g/kg de ração; dieta com nucleotídeos (NT) a 2,0 g/kg de ração; dieta com mananoligossacarídeos a 1,0 g/kg de ração e nucleotídeos a 1,0 g/kg de ração (MOS/NT). Embora os parâmetros de crescimento não tenham apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, foi observado uma melhora nos benefícios econômicos, principalmente com o incremento da receita líquida, que apresentou melhores valores, quando comparado ao tratamento controle. Para uma estimativa de 1,0 ha de produção, os valores foram superiores nos tratamentos com MOS e NT. Ao final do experimento a atividade de protease total no hepatopâncreas foi maior no tratamento controle e no grupo MOS/NT, tripsina, amilase e aminopeptidases (arginina, leucina e alanina) tiveram maior atividade no controle e lipase também teve seus maiores valores no tratamento controle, no entanto não diferiu significativamente do NT e NT/MOS. Os camarões exibiram uma resposta compensatória ao estresse oxidativo, caracterizada pelo aumento da atividade da catalase (CAT) e a redução dos níveis de glutathione (GSH) nos tratamentos MOS e NT de forma isolada, indicando que possuem mecanismos fisiológicos para lidar com condições de estresse oxidativo a curto prazo. Em relação a melhoria dos benefícios, os resultados sugerem um possível efeito sinérgico de MOS e NT, no entanto para as atividades enzimáticas digestivas, os efeitos dos aditivos não puderam ser observados na maior parte das enzimas avaliadas, corroborando com os parâmetros zootécnicos.

Palavras-chaves: *Penaeus vannamei*, Mananoligossacarídeos, Nucleotídeos, Simbiótico, Enzimas digestivas, Antioxidantes

INTRODUÇÃO

A utilização de aditivos à base de levedura na aquicultura está emergindo como estratégia promissora para melhorar a saúde e o desempenho dos organismos aquáticos (Agboola et al., 2021). Os aditivos são cada vez mais aplicados como alternativas de promoção da eficiência digestiva e a absorção de nutrientes essenciais (Cesenã et al., 2021). Esses compostos melhoram o ambiente digestivo e ajudam a regular o pH intestinal, criando condições menos favoráveis para patógenos e mais propícias para a saúde geral do camarão (Babu et al., 2013).

Ingredientes à base de levedura são ricos em glucanos, mananoligossacarídeos (MOS), nucleotídeos (NT) e têm se mostrado particularmente eficazes, promovendo não só o crescimento de uma microbiota saudável no trato digestivo dos camarões, mas também fortalecendo o sistema imunológico, aumentando a resistência a doenças, reduzindo a mortalidade (Aguirre-Guzmán et al., 2009; Dawood et al., 2018).

O MOS, é um bioproduto obtido a partir da parede celular de levedura, é amplamente reconhecido por sua capacidade de promover a saúde intestinal e aumentar a resistência dos camarões a patógenos (Yang et al., 2009; Zhang et al., 2012; Cesena, 2021). Esse prebiótico favorece o crescimento de bactérias benéficas no intestino, o que fortalece a barreira intestinal e reduz a presença de microrganismos patogênicos. Além disso, pesquisas demonstram que a suplementação com MOS pode melhorar o desempenho zootécnico, aumentando as taxas de crescimento e a eficiência alimentar dos camarões, características essenciais para sistemas de cultivo intensivo (Torrecillas et al., 2014; Gainza e Romero, 2020).

Os nucleotídeos (NT), especialmente aqueles provenientes de leveduras, desempenham um papel crucial em processos bioquímicos, como a divisão celular e a modulação da resposta imunológica (Biswas et al., 2012). A inclusão de NT na dieta tem demonstrado potencial para aumentar a imunidade dos camarões, elevando sua resistência contra infecções virais, como o Vírus da Síndrome da Mancha Branca (WSSV) (Andrino et al., 2012; Xiong et al., 2018). Além de fortalecer o sistema imunológico, estudos sugerem que os nucleotídeos podem otimizar a utilização de proteínas da dieta, promovendo um crescimento mais eficiente nos camarões (Gil, 2002; Ringø et al., 2012; Silva et al., 2025).

As enzimas digestivas desempenham um papel fundamental na digestão e absorção de nutrientes em camarões e outros crustáceos, com destaque para proteases, carboidrases e lipases. Essas enzimas são essenciais para garantir a eficiência alimentar, promovendo o crescimento e a saúde desses organismos (Muhlía-Almazán et al., 2003; López-López et al., 2005). As proteases merecem atenção especial, pois são responsáveis pela digestão de proteínas, que representam um dos componentes mais onerosos nas dietas de camarões (Fernández Giménez et al., 2002; Sánchez-Paz et al., 2003). Estudos recentes, como os de Moghadam et al. (2023), reforçam a importância das proteases na otimização da digestão proteica, resultando em uma absorção mais eficiente de nutrientes e, conseqüentemente, promovendo o crescimento saudável dos camarões.

Além das enzimas digestivas, o sistema enzimático de defesa antioxidante é essencial para proteger organismos aeróbicos contra espécies reativas de oxigênio (ROS), que podem causar danos significativos a moléculas como DNA, proteínas e lipídios (Ahmed, 2005; Zhang et al., 2009). Enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) e glutathione-S-transferase (GST), são cruciais na neutralização de radicais livres. Essas enzimas são frequentemente utilizadas como biomarcadores em estudos ecotoxicológicos para avaliar os impactos de contaminantes nos organismos (Stohs & Bagchi, 1995; Harayashiki et al., 2018; Frías-Espéricueta et al., 2022). Ademais, a interação entre o sistema imunológico e o sistema antioxidante sugere que as respostas oxidativas podem servir como indicadores valiosos da imunidade em organismos expostos a estressores ambientais (Holmblad & Söderhäll, 1999; Campa-Córdova et al., 2005).

Apesar da importância das enzimas digestivas e antioxidantes para a nutrição e saúde dos camarões, ainda são poucos os estudos que avaliam os efeitos dos mananoligossacarídeos (MOS) e dos nucleotídeos (NT) sobre essas enzimas. Dessa forma, com o crescente interesse no uso de aditivos alimentares em dietas para camarões, voltado para a melhoria do desempenho zootécnico e fortalecimento do sistema imunológico, se faz necessário entender o papel desses aditivos em relação às atividades das enzimas no hepatopâncreas dos camarões. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação com MOS e NT no crescimento, benefícios econômicos e nas atividades das enzimas digestivas e antioxidantes presentes

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

no hepatopâncreas do camarão marinho *Penaeus vannamei* cultivado em sistema simbiótico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental e dietas experimentais

O estudo foi conduzido durante 60 dias no Laboratório de Carcinicultura (LACAR), do Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Brasil. Quatro tratamentos foram estabelecidos em delineamento inteiramente casualizado, cada um com quatro repetições: dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos (MOS) solubilizados a 2,0 g/kg de ração; dieta com nucleotídeos (NT) a 2,0 g/kg de ração; e dieta com mananoligossacarídeos a 1,0 g/kg de ração e nucleotídeos a 1,0 g/kg de ração (MOS/NT) (Tabela 1).

Foram adicionadas as dietas experimentais fontes comerciais de mananoligossacarídeos (MOS - 27,2% de mananas, Hypergen, Biorigin, São Paulo, Brasil), e nucleotídeos (NT - 15% de RNA, Biotide Extra, Biorigin, São Paulo, Brasil) (Tabela 1). Todas as dietas experimentais foram processadas no Centro Avançado do Pescado Continental - Instituto de Pesca (São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil). Os ingredientes foram moídos em moinho de martelo (modelo M300, Ferraz Máquinas e Engenharia Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) até alcançarem uma granulometria inferior a 600 µm. Em seguida, foram misturados por 15 minutos (modelo M2200, Ferraz Máquinas e Engenharia Ltda., Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), extrusados a 80–90°C (modelo E62, Ferraz Máquinas e Engenharia Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) em pellets de 1,4 mm de diâmetro, e secos a 90–100°C até atingirem um teor de umidade de 120 g kg⁻¹. Os pellets foram quebrados, embalados em sacos selados e armazenados congelados até o uso.

Tabela 1. Ingredientes, formulação e composição nutricional das dietas controle e teste contendo MOS solubilizado e NT para avaliação do desempenho de *P. vannamei* cultivados em sistema simbiótico por 60 dias.

Ingredientes (g kg ⁻¹)	Dieta			
	Control	NT	MOS	NT/MOS

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

Farinha de Trigo ^a	120	118	118	118
Farelo de soja ^b	220	220	220	220
Farinha de Carne e ossos ^c	120	120	120	120
Subproduto de aves ^d	120	120	120	120
Arroz quebrado ^e	138,1	138,1	138,1	138,1
Farelo de arroz ^e	40	40	40	40
Farinha de peixe ^f	60	60	60	60
Hemoglobina ^g	62,60	62,60	62,60	62,60
Lecitina de soja ^h	5	5	5	5
Óleo de peixe ^f	15	15	15	15
Óleo de frango ⁱ	15	15	15	15
Cloreto de potássio ^j	7	7	7	7
Sal	3,1	3,1	3,1	3,1
Óxido de magnésio ^k	12,34	12,34	12,34	12,34
Calcário dolomita ^l	40	40	40	40
Suplemento de vitaminas e minerais ^m	5	5	5	5
DL-Metionina ⁿ	1,86	1,86	1,86	1,86
L-Treonina ^r	3,23	3,23	3,23	3,23
Nutribinder ^s	6	6	6	6
Fylax (Antifúngico) ^t	3	3	3	3
Vitamina C (35%) ^u	0,57	0,57	0,57	0,57
Emulsificante ^w	2,0	2,0	2,0	2,0
Antioxidante Banox ^x	0,2	0,2	0,2	0,2
NT ^y	0,0	2,00	0,00	1,0
MOS ^c	0,0	0,0	2,00	1,0
Composição centesimal (g/kg)				
Umidade (%)	8.13	12.67	13.75	9.01
Proteína (%)	37.73	36.39	37.87	37.08
Lípídeo (%)	5.99	7.08	6.67	6.08
Fibras (%)	4.52	4.29	5.57	6.12
Cinzas (%)	13.50	13.30	12.72	13.20

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

^aCidade Bella Moinho / Ponta Grossa-PR; ^bCooperativa Comigo – Rio Verde-GO; ^cMinerva S/A – Mirassol D’oeste/MT; ^dFrango Rico / Votuporanga-SP; ^eDallas / Nova Alvorada do Sul-MS; ^fBFP bioprodutos de pescado LTDA / ITAJAÍ-SC; ^gHemoprot – Lins-SP; ^hAdicel Indústria e Comércio - Ingredientes para Indústrias de Alimentos – Belo Horizonte-MG; ⁱFrango Rico / Votuporanga-SP; ^jBrasil Química Ind. e Com. LTDA / Batatais-SP; ^kMagnesium do Brasil AS / Fortaleza-CE; ^lMineracao João Vaz Sobrinho LTDA, Arcos, MG; ^mDe Heus nutrição animal– Rio Claro-SP; ⁿRhodimet® NP99 Adisseo a bluestar company; ^oL-Threonine 98% Ajinomoto do Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda; ^pNutri-Bind Aqua Adisseo a bluestar company; ^qSelko Feed Aditivos, ^rHeilongjiang NHU Biotechnology CO. Ltd / China; ^sDuas Rodas, Jaraguá do Sul - SC; ^tAlltech, São Pedro do Ivaí, PR; ^uBiotide Extra/Biorigin/ Lençóis Paulista, SP; ^vHypergen/Biorigin/ Lençóis Paulista, SP

2.2 Sistema de cultivo

O sistema experimental contou com 16 tanques de fibra de vidro (0,8 m³, 1,0 m²), cada um preenchido com 720 L de água com salinidade de 25 g/L previamente clorada com 30 ppm de cloro ativo. Após 48 horas foram adicionados 80 L de água de um berçário de camarões com as seguintes características: nitrogênio de amônia total (NAT) = 0,38 mg/L, N-NO₂ = 0,58 mg/L, N- NO₃ = 12,23 mg/L, alcalinidade total = 108 mg CaCO₃/L, pH = 7,15, sólidos sedimentáveis (SS) = 8,4 ml/L e salinidade = 25 g/L.

Após a estocagem dos camarões nas unidades de produção, foi preparado o simbiótico de acordo com as seguintes etapas:

Esquema do Processo de Preparação e Aplicação do Simbiótico

1. Preparação do Simbiótico:

○ Produto comercial:

- *Bacillus subtilis*
- *B. licheniformis*
- *B. amyloliquefaciens*
- *B. megaterium*
- *B. pumilus*
- Quantidade: 0,57 g (Concentração de 10⁹ UFC/g)
- Produto: Proquatic® PondPlus®, MSD Saúde Animal

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

- Outros ingredientes:
 - Açúcar: 6,4 g
 - *Lithothamnium* (Lothar, Primasea): 3,2 g
 - Água com salinidade de 25 g/L: 0,3 L
- Tempo de ativação: 2 horas
- 2. Adição de Farelo de Arroz e Água
 - Farelo de arroz: 64 g (granulometria < 200 µm)
 - Água com salinidade de 25 g/L: 0,34 L
- 3. Processo anaeróbio: Duração – 24 horas
- 4. Processo aeróbio: Duração – 24 horas
- 5. Aplicação nas unidades experimentais: 40 mL por tanque experimental, a cada 3 dias

Para manter a alcalinidade acima de 100 mg CaCO₃/L e o pH acima de 7,5, foram adicionados hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio a 20 g/m³ a cada cinco dias ao longo do estudo. Não foram realizadas trocas de água durante o experimento; apenas a água evaporada foi repostada com água doce. As unidades experimentais foram cobertas com tela preta com 70% de proteção UV para evitar a fuga dos camarões. A aeração foi mantida por um soprador radial de 1,5 HP, com controle individual para cada tanque, utilizando tubos micro perfurados (0,70 m por unidade).

2.3 Qualidade de água

O nitrogênio da amônia total - NAT (APHA, 2012), nitrogênio-nitrito - NO₂-N (Fries, 1971), ortofosfato - PO₄⁻³ (APHA, 2012) e alcalinidade total - TA (APHA, 2012) foram monitorados a cada 10 dias. O oxigênio dissolvido - OD e temperatura - T (AT-160, AlfaKit, Brasil) foram monitorados às 8h e às 16h. Salinidade (AZ86031), pH (Asko AK90, Brasil) e sólidos sedimentáveis foram monitorados a cada cinco dias (Avnimelech 2012).

2.4 Ensaio de alimentação de camarões

Os camarões com um peso médio de $4,0 \pm 0,04$ g foram transferidos para os tanques experimentais (100 camarões/m³, 80 camarões/m²) e alimentados três vezes ao dia (às 8h, 13h e 16h). Inicialmente, a taxa diária de alimentação foi de 4,5% do peso corporal, sendo gradualmente reduzida para 2,7% ao longo dos 60 dias de estudo. Os ajustes da taxa de alimentação foram realizados diariamente, considerando o consumo estimado em bandeja de alimentação (uma bandeja por tanque) e a mortalidade observada entre os camarões (Van Wyk et al., 1999). O peso dos camarões (amostra de n=30) foi monitorado a cada 10 dias para avaliar o crescimento e ajustar a quantidade de ração oferecida. Ao final do período experimental, todos os camarões foram contados e os seguintes parâmetros de desempenho foram calculados: ganho de peso relativo, incremento de biomassa, taxa de mortalidade e fator de conversão alimentar (FCA), utilizando as equações abaixo:

- *Ganho relativo de peso (%GP)* = $100 \times [(\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}) / \text{Peso inicial (g)}]$

- *Incremento de biomassa (%GB)* = $100 \times [(\text{Biomassa final (kg)} - \text{Biomassa inicial (kg)}) / \text{Biomassa inicial (kg)}]$

- *Taxa de mortalidade (% Mort)* = $[((\text{n}^\circ \text{ inicial de camarões} - \text{n}^\circ \text{ final de camarões}) / \text{n}^\circ \text{ inicial de camarões}) \times 100]$

Para estimar a produção em uma área de 1 hectare, foram considerados os custos de alimentação (ração x FCA, aditivo) e a receita bruta (biomassa x preço do kg do camarão). Os custos dos aditivos utilizados foram de USD 6,5 para NT/kg e USD 9,5 para MOS/kg, enquanto o custo da ração de engorda foi de USD 0,80 por kg. O preço do camarão foi fixado em USD 3,90 por quilograma. A taxa de câmbio considerada foi de USD 1 = BRL 5,66 (em 18/10/2024).

Para o cálculo dos benefícios econômicos, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- *Receita líquida* = (biomassa x USD 3.89) - custos de alimentação (quantidade de ração + aditivo)

- *Incremento de receita líquida (%)* = $[(\text{receita líquida dos tratamentos com aditivos} - \text{receita líquida do tratamento controle}) / \text{receita líquida do tratamento controle}] \times 100$

Custo de ração e aditivo por kg de camarão produzido = $((\text{Quantidade de ração} \times \text{USD } 0,80) + (\text{Custo do aditivo})) / \text{Biomassa final}$

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

2.6 *Análise enzimática*

Para as análises enzimáticas digestivas, foram amostrados cinco camarões por unidade experimental, aos 30 e 60 dias do período de cultivo. Após a coleta, os hepatopâncreas foram retirados e pesados. Em seguida, foram homogeneizados (40 mg/mL em tampão Tris-HCl 0,1 M e NaCl 0,15 mM, pH 8) e centrifugados a 10000 xg por 15 minutos em centrífuga refrigerada (4° C) para preparação do extrato bruto. A concentração de proteína total foi determinada pelo método de Bradford (1976), utilizando albumina sérica bovina como padrão.

A atividade total de protease alcalina foi medida conforme descrito por Bezerra et al. (2005). Para isso, utilizou-se azocaseína a 2% (p/v) (50 µL) preparada em tampão Tris-HCl 0,1 M, pH 8,0, e incubada com 30 µL de extrato bruto por 60 minutos a 25° C. A reação foi interrompida com a adição de 240 µL de TCA (ácido tricloroacético) a 10% (p/v). Após 15 minutos, as amostras foram centrifugadas a 8000 xg por 5 minutos. Em uma placa de microtitulação de 96 poços, 70 µL do sobrenadante foram adicionados a 140 µL de NaOH 1 M, e a absorbância foi lida a 450 nm usando um espectrofotômetro de microplacas (Bio-Rad xMark, Hercules CA, EUA). Os controles foram preparados com tampão Tris-HCl 0,1 M, pH 8,0, em vez do extrato bruto. Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima capaz de hidrolisar azocaseína, resultando em uma mudança de 0,001 na absorbância por minuto por miligrama de proteína.

A atividade de tripsina foi determinada usando BApNA 8,0 mM (N α -benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como substrato, de acordo com o protocolo de Buarque et al. (2009). As atividades foram determinadas em triplicata, sendo que uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para liberar 1 µmol de p-nitroanilina por minuto ($\epsilon = 9100 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ calculado para microplaca). A atividade específica foi expressa em mU.mg⁻¹ de proteína.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

A atividade total de amilase foi medida seguindo o método de Bernfeld (1955), utilizando amido solúvel a 2% (m/v) como substrato. Para a determinação da atividade, foi gerada uma curva padrão com concentrações crescentes de maltose. Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima capaz de liberar 1 µg de maltose por minuto por miligramas de proteína.

A atividade de lipase foi medida utilizando uma modificação do método de Arye et al. (2007), empregando 8,0 mM de p-nitrofenil palmitato (p-NPP) dissolvido em 10% de isopropanol como substrato. Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima que catalisa a hidrólise de 1 µmol de p-nitrofenol (p-NP) por minuto por miligrama de proteína ($\epsilon = 17.500 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

2.7 Atividade de aminopeptidase

As atividades das aminopeptidases foram avaliadas utilizando aminoacil β-naftilamida (AA-NA) com os substratos específicos: Arg, Leu e Ala. O procedimento, adaptado de Oliveira, Freitas Jr e Alves (1999), consistiu na incubação de 50 µL de substrato (4,2 mM), 600 µL de tampão fosfato de sódio 50 mM, pH 7,0, e 50 µL de H₂O deionizada, em uma temperatura de 37 °C. Após o equilíbrio térmico, foi adicionado 50 µL do extrato enzimático. A reação foi conduzida por 120 minutos e, em seguida, interrompida pela adição de 250 µL de reagente Garnet fresco a 1 mg/mL, preparado em tampão acetato de sódio 0,2 M, pH 4,2, contendo 10% v/v Tween 20.

A absorbância foi medida a 525 nm para determinar a quantidade de β-naftilamina liberada. Uma unidade de atividade enzimática (U) foi definida como a quantidade de enzima necessária para liberar 1 µmol de p-nitroanilina por minuto ($\epsilon = 9100 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, calculado para microplaca). A atividade específica foi expressa em mU.mg⁻¹ de proteína.

2.8 Análises antioxidantes

A coleta dos camarões, a homogeneização dos hepatopâncreas (preparação do extrato bruto) e a determinação da proteína total estão descritas no item 2.4.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada monitorando a diminuição da concentração de peróxido de hidrogênio pela absorbância a 240 nm, a 25° C, utilizando um espectrofotômetro UV com cubeta de quartzo (Aebi, 1984).

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

Os níveis de glutathiona reduzida (GR) foram estimados pelo método de Sedlak e Lindsay (1968), que se baseia na reação do reagente de Ellman (DTNB) com tiol livre, resultando em um dissulfeto misto e ácido 2-nitro-5-tiobenzóico. A absorbância do produto de reação foi medida a 412 nm.

A peroxidação lipídica (PL), medida como malondialdeído (MDA), foi quantificada pela adição de 25 mL de TCA a 7,5%, seguida de filtração e adição de 5 mL de TBA (ácido tiobarbitúrico) a 0,01 M a 5 mL do extrato. As amostras foram então aquecidas em banho-maria a 90°C por 45 minutos e, após o resfriamento, a absorbância foi medida a 532 nm. Os resultados foram expressos em μM de MDA por mg de amostra (Wallin et al., 1993).

2.9 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software BioEstat 5.3. Inicialmente, os dados foram testados para homogeneidade de variância pelo teste de Cochran ($p < 0,05$) e para normalidade pelo teste de Lilliefors ($p < 0,05$). Para os dados com distribuição normal e variância homogênea foi aplicada a ANOVA unidirecional paramétrica, seguida pelo teste de Tukey para comparações múltiplas ($p < 0,05$). Para os dados não paramétricos foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), seguido pelo teste post hoc de Dunn com correção de Holm-Bonferroni.

3. RESULTADOS

3.1 Qualidade de água

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os tratamentos para nenhuma das variáveis de qualidade de água. A temperatura média da água foi mantida em $27,19 \pm 0,38^\circ\text{C}$, a concentração de oxigênio dissolvido de $6,57 \pm 0,37$ mg/L, a salinidade de $24,51 \pm 0,86$ g/L e pH $7,66 \pm 0,38$. As concentrações de compostos nitrogenados permaneceram estáveis ao longo do experimento, com nitrogênio da amônia total variando entre 0,15 e 0,42 mg/L e nitrogênio-nitrito entre 0,46 e 0,52 mg/L. A alcalinidade total apresentou valores entre 150 e 159 mg/L, o ortofosfato variou entre 16,07 a 18,54 mg/L, e os sólidos sedimentáveis ficaram entre 5,40 e 6,43 mg/L.

3.2 Desempenho zootécnico

Os valores médios de incremento percentual de peso, incremento percentual de biomassa, taxa de mortalidade e crescimento diário dos camarões alimentados com a dieta experimental ao longo de 60 dias estão apresentados na Tabela 1. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, com valores de incremento de peso entre 177% a 213%, incremento de biomassa entre 116% a 134%, taxa de mortalidade entre 21% a 25% e crescimento diário entre 0,12 g a 0,14 g.

Tabela 1. Desempenho zootécnico de *P. vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos.

Tratamentos	%GP	%GB	%Mort.	Crescimento diário g
Controle	177,48±17,89	116,48±9,38	21,72±3,82	0,12±0,02
MOS	193,16±32,81	131,31±35,67	21,25±4,51	0,13±0,03
NT	209,26±21,56	133,07±11,88	24,58±1,91	0,14±0,02
NT/MOS	213,77±16,11	134,79±9,31	25,25±3,98	0,14±0,02

Ganho relativo de peso (%GP) = $100 \times [(\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}) / \text{Peso inicial (g)}]$; Incremento de biomassa (%GB) = $100 \times [(\text{Biomassa final (kg)} - \text{Biomassa inicial (kg)}) / \text{Biomassa inicial (kg)}]$; Taxa de mortalidade (% Mort) = $[(\text{n}^\circ \text{ inicial de camarões} - \text{n}^\circ \text{ final de camarões}) / \text{n}^\circ \text{ inicial de camarões}] \times 100$; dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos (MOS) solubilizados a 2,0 g/kg de ração; dieta com nucleotídeos (NT) a 2,0 g/kg de ração; e dieta com mananoligossacarídeos a 1,0 g/kg de ração e nucleotídeos a 1,0 g/kg de ração (MOS/NT)

Os benefícios econômicos observados com o uso de aditivos para estimativa de 1 ha em comparação ao tratamento controle variam entre USD 368 a USD 1,280 e o percentual de incremento de receita líquida comparado ao controle entre 2 a 7% (Tabela 2).

Tabela 2. Benefícios econômicos da utilização de aditivos MOS e NT no cultivo de camarões marinhos.

Tratamentos	RB USD	CR USD	CA USD	RL USD	RLC USD	IRL %	Ckg USD
Controle	27,951.30	9,517.78		18,433.52			1.33
MOS	28,902.90	9,960.38	140.81	18,801.71	368.18	2	1.34
NT	29,507.40	10,229.23	98.36	19,179.81	746.29	4	1.35

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

MOS/NT	28,817.10	8,985.02	118.22	19,713.85	1,280.33	7	1.22
--------	-----------	----------	--------	-----------	----------	---	------

Controle = $(7,167 \times 3.90) - (7,167 \times 1.66 \times 0.80) + (0.0)$; MOS = $(7,411 \times 3.90) - (7,411 \times 1.68 \times 0.80) + (7,411 \times 0.0095 \times 2)$; NT = $(7,566 \times 3.90) - (7,566 \times 1.69 \times 0.80) + (7,566 \times 0.0065 \times 2)$; MOS/NT = $(7,389 \times 3.90) - (7,389 \times 1.52 \times 0.80) + (7,389 \times (0.0095 \times 1) + (7,389 \times 0.0065 \times 1))$; RB - receita bruta; CR - custo com ração; CA = Custo com Aditivos ; RL = receita líquida; RLC = receita líquida comparando os tratamentos com aditivos em relação ao controle; IRL= incremento percentual de receita líquida; Ckg= custo do quilograma do camarão considerando apenas os custos com ração.

3.3 Atividade das enzimas digestivas

A atividade de protease total no hepatopâncreas dos camarões no tratamento controle apresentou maiores valores quando comparado aos tratamentos com aditivos aos 30 dias de cultivo (Figura 1). Aos 60 dias, o controle e MOS/NT mostraram maior atividade enzimática em comparação com os tratamentos com aditivos isolados. Em relação à tripsina, a atividade enzimática exibiu maiores valores no tratamentos controle aos 30 dias e aos 60 dias. Para a atividade da lipase, aos 30 dias não se observou diferença significativa entre os tratamentos, e aos 60 dias, observou-se os maiores valores no controle, mas este foi igual estatisticamente ao NT e MOS/NT. Após 30 dias, a atividade da amilase no controle foi maior quando comparada aos tratamentos NT e MOS/NT e igual ao tratamento MOS. Aos 60 dias os valores observados no controle foram significativamente maiores em relação aos demais tratamentos.

As atividades de aminopeptidase para os substratos arginina, leucina e alanina, estão sumarizadas na Figura 2. Para as enzimas aminopeptidases o tratamento controle demonstrou atividade significativamente superior em comparação aos tratamentos suplementados com MOS, NT e MOS/NT, em ambos os períodos avaliados.

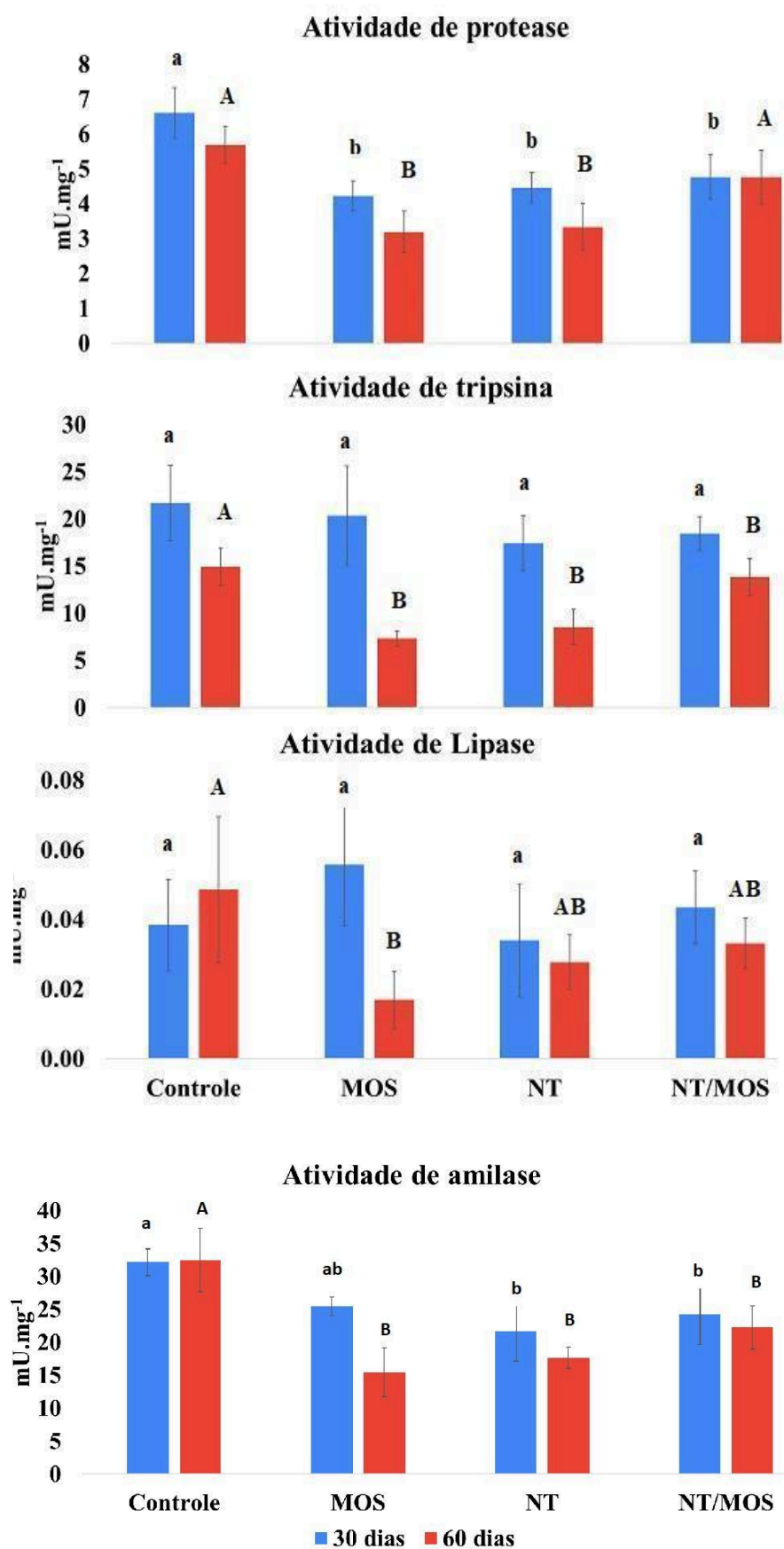


Figura 1. Atividade das enzimas digestivas (protease total, tripsina, lipase e amilase) do extrato bruto do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei* alimentados com dietas suplementadas com mananoligossacarídeos e nucleotídeos. Dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos solubilizados na proporção de 2,0g kg ração⁻¹ (MOS); dieta com nucleotídeos 2,0 g kg ração⁻¹ (NT) e dieta com mananoligossacarídeos solubilizados a 1,0 g kg ração⁻¹ e nucleotídeos 1,0 g kg ração⁻¹ (MOS/NT). Dados são expressos em média e desvio padrão por ANOVA ($p < 0.05$) seguido por teste de Tukey para dados normais e teste de não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo Dunn para dados não normais. Letras minúsculas denotam diferença significativa entre os tratamentos com 30 dias de cultivo. Letras maiúsculas denotam diferença estatística entre os tratamentos com 60 dias de cultivo. Atividade de protease utilizando azocaseína a 2% (p/v); Atividade de tripsina utilizando BApNA 8,0 mM (N α -benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida) como substrato; Atividade de amilase utilizando amido a 2% como substrato; Atividade de lipase utilizando p-NPP 8,0 mM (p-nitrofenil palmitato) como substrato.

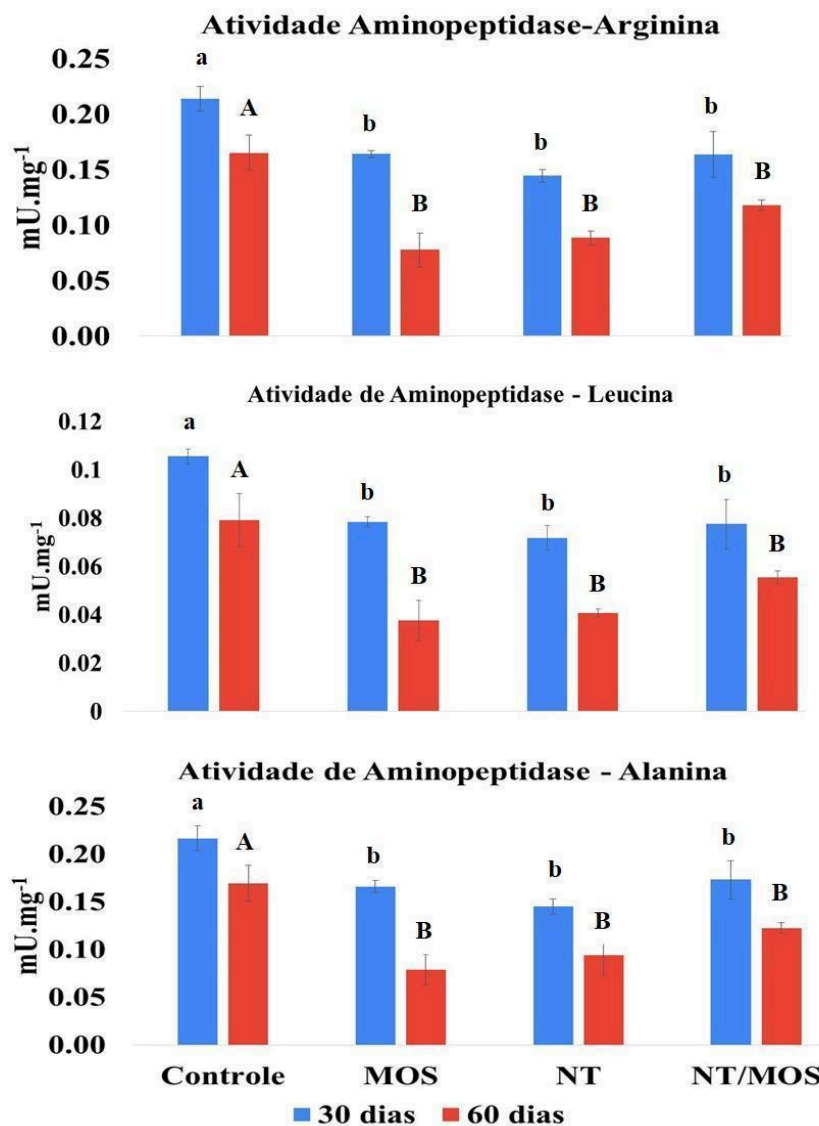


Figura 2. Atividade das enzimas digestivas (amino peptidase para os substratos arginina, leucina e alanina) do extrato bruto do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei*, cultivado em sistema simbiótico, alimentados com dietas com MOS e NT. Dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos solubilizados na proporção de 2,0g kg ração⁻¹ (MOS); dieta com nucleotídeos 2,0 g kg ração⁻¹ (NT) e dieta com mananoligossacarídeos solubilizados a 1,0 g kg ração⁻¹ e nucleotídeos 1,0 g kg ração⁻¹ (MOS/NT). Dados são expressos em média e desvio padrão por ANOVA ($p < 0.05$) seguido por teste de Tukey para dados normais e teste de não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo Dunn para dados não normais. Letras minúsculas denotam diferença significativa entre os tratamentos com 30 dias de cultivo. Letras maiúsculas denotam diferença estatística entre os tratamentos com 60 dias de cultivo. A atividade da amino peptidase foi avaliada usando aminoacil β -naftilamida (AA-NA) com os

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

seguintes substratos: Arg, Leu e Ala como substrato.

3.4 Enzimas antioxidantes e concentração de Malondialdeído (MDA)

Em relação à catalase, aos 30 dias, o tratamento controle apresentou uma atividade significativamente mais elevada em comparação com os demais tratamentos. Aos 60 dias, os tratamentos MOS e NT mostraram maior atividade de catalase em relação ao controle e ao tratamento combinado de MOS/NT. Para o GSH, aos 30 dias, a atividade no tratamento controle, MOS e MOS/NT foram maiores do que o tratamento NT. Aos 60 dias, o controle e o MOS/NT seguiram com as maiores atividades, destacando-se dos demais tratamentos.

Quanto à concentração de MDA, observou-se que, aos 30 dias, o tratamento com NT e MOS/NT apresentaram os menores valores quando comparado ao tratamento com MOS, contudo eles foram significativamente semelhantes ao controle. Aos 60 dias, não foram observadas diferenças significativas na concentração de MDA entre os tratamentos (Figura 3).

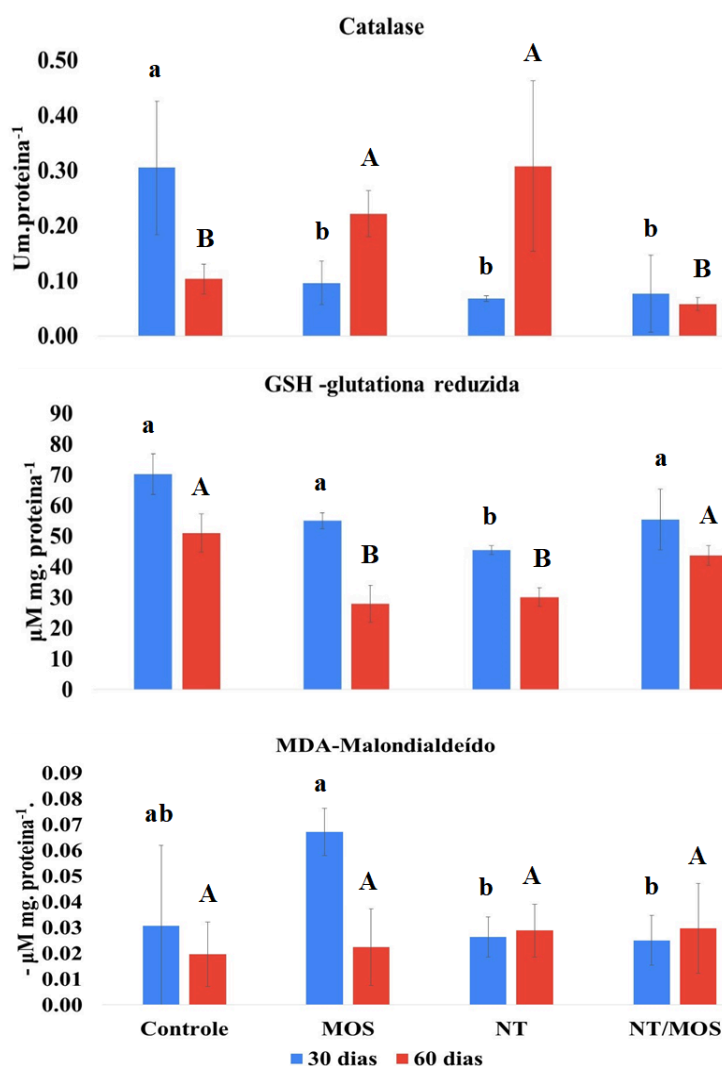


Figura 4. Atividades das enzimas antioxidantes e concentração de Malondialdeído (MDA) do hepatopâncreas de *Penaeus vannamei*, cultivado em sistema simbiótico, alimentados com dietas com MOS e NT. Dieta controle sem adição de aditivos (C); dieta com mananoligossacarídeos solubilizados na proporção de 2,0g kg ração⁻¹ (MOS); dieta com nucleotídeos 2,0 g kg ração⁻¹ (NT) e dieta com mananoligossacarídeos solubilizados a 1,0 g kg ração⁻¹ e nucleotídeos 1,0 g kg ração⁻¹ (MOS/NT). Dados são expressos em média e desvio padrão por ANOVA ($p < 0.05$) seguido por teste de Tukey para dados normais e teste de não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo Dunn para dados não normais. Letras minúsculas denotam diferença significativa entre os tratamentos com 30 dias de cultivo. Letras maiúsculas denotam diferença estatística entre os tratamentos com 60 dias de cultivo.

4. DISCUSSÃO

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

As variáveis de qualidade da água neste estudo se mantiveram dentro dos intervalos recomendados para cultivo de *P. vannamei* (Samocha, 2019). Desta forma a inclusão de aditivos a base de leveduras, como mananoligossacarídeos (MOS) e nucleotídeos (NT) e sua combinação, nas dietas parece não ter influenciado essas variáveis.

Diversos estudos têm demonstrado que a adição de NT e MOS na alimentação de camarões cultivados em sistema de água clara pode melhorar o desempenho zootécnico. Li et al. (2018) observaram melhorias no desempenho de *Penaeus vannamei* com suplementação de 5 g de MOS kg ração⁻¹ quando comparado ao controle, entretanto as dosagens de 2,5 e 10 g de MOS kg ração⁻¹ foram semelhantes ao controle, durante por 28 dias. Zhang et al. (2012) encontraram benefícios em concentrações de 2 a 8 g de MOS kg ração⁻¹ durante 56 dias de cultivo. Novriadi et al. (2021) ao reduzir a farinha de peixe de 10% para 3%, e adicionar nucleotídeos em concentrações de 50 e 100 mg kg ração⁻¹, não observaram efeito negativo no desempenho dos camarões. Por outro lado, Rairat et al. (2022) não observaram impacto no crescimento, mas notaram melhoria na sobrevivência dos camarões após 45 dias de suplementação com nucleotídeos com concentrações de 250 a 750 mg kg ração⁻¹ em dietas com 21% de farinha de peixe.

Wang et al. (2021) observaram resultados semelhantes ao presente estudo, com tendência de aumento no desempenho zootécnico para os camarões alimentados com rações suplementadas com os aditivos, mas sem diferenças significativas em relação ao controle. No presente estudo não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros zootécnicos entre os tratamentos, MOS, NT e MOS/NT em relação ao controle, entretanto os tratamentos com adição de aditivos mostraram valores numéricos superiores, proporcionando um aumento na receita líquida e no percentual de receita quando comparado ao tratamento controle.

Em comparação com o tratamento controle, os tratamentos com adição dos aditivos (MOS e NT) impactaram os custos de alimentação (ração mais aditivo), entretanto devido a um aumento de receita bruta foram economicamente mais eficientes, em comparação com o tratamento controle. Os custos com alimentação por kg de camarão foram menores no tratamento MOS/NT (USD 1.22), entretanto semelhantes entre controle (USD 1.33), MOS (USD 1.34), NT (USD 1.35). O percentual de incremento de receita com os aditivos variou entre 2 a 7%, demonstrando o impacto

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

econômico positivo do uso dos aditivos para a produção de camarões marinhos. Estudos de Silva et al. (2025) com a inclusão de NT para cultivo de camarões em sistema simbiótico já demonstram benefícios econômicos.

Essas ferramentas de análises financeiras podem ser utilizadas para comparar as diferentes formas, aditivos e quantidades suplementadas, pois o custo de produção e o fator de conversão alimentar são fatores limitantes para a viabilidade econômica da produção de camarões. Portanto, para obter maiores lucros e vantagem competitiva, é necessária uma relação eficiente entre o fator de conversão alimentar, peso final e custo de produção, sendo crucial para a saúde financeira das fazendas de camarão.

A atividade de proteases totais, tripsina, amilase lipase e aminopeptidases (arginina, leucina e alanina) no hepatopâncreas dos camarões se destacaram no tratamento controle ao final do cultivo. Um dos modos de ação do MOS está relacionado ao crescimento da microbiota benéfica no trato gastrointestinal do animal, que pode contribuir para a excreção de enzimas digestivas e para a alteração no metabolismo de nutrientes (Torrecillas et al., 2014; Gainza e Romero, 2020), melhorando o desempenho zootécnico, e a eficiência alimentar dos camarões. Widanarni et al. (2019) encontraram uma correlação positiva entre as atividades de protease, lipase e amilase e as concentrações de MOS administrado através de Artêmia enriquecida, para larvas de *Penaeus vannamei*, em concentrações de 0, 3, 6 e 12 mg L⁻¹, resultando em melhor crescimento das pós-larvas. Genç et al. (2024) avaliaram a atividade de protease de *Farfantepenaeus aztecus* cultivado em sistema de bioflocos e observaram que os camarões alimentados com dietas contendo 1 e 2g MOS kg ração⁻¹, apresentaram maior atividade proteolítica em comparação com dietas com 3 e 4 MOS kg ração⁻¹, além da dieta controle sem MOS. Para lipase e amilase, dietas com 2 e 3 MOS kg ração⁻¹ apresentaram as maiores atividades. Sang et al. (2011) mostraram que o MOS poderia melhorar a atividade das enzimas digestivas no hepatopâncreas e no intestino médio de *Cherax destructor*, aumentando a biodisponibilidade de nutrientes. Wang et al (2021) avaliaram o efeito do MOS na dieta basal de *P. vannamei* nas concentrações de 0, 0,2, 0,4, 0,8 e 1,6g MOS kg ração⁻¹. A maior atividade da lipase foi registrada com 0,4g MOS kg ração⁻¹, a atividade tripsina demonstrou os maiores valores em 0,4g, 0,8 e 1,6g MOS kg ração⁻¹ e α -amilase não foi afetada pelo nível de inclusão do MOS. Já os nucleotídeos podem otimizar a utilização de proteínas da dieta, promovendo um crescimento mais eficiente nos camarões (Gil, 2002; Ringø et al.,

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

2012). Eles desempenham um papel fundamental para a síntese proteica e proliferação celular, especialmente nas células do hepatopâncreas responsáveis pela produção de enzimas digestivas, como a tripsina (Guo et al., 2016; Xiong et al., 2018).

No presente estudo as atividades das enzimas digestivas prevaleceram no tratamento controle, não sendo observadas alterações substanciais nos tratamentos com aditivos. Os estudos anteriores realizados com MOS mostraram que o seu efeito nas enzimas digestivas pode ser diferente entre espécies ou entre estágios de desenvolvimento (Torrecillas et al., 2014), somando-se as tecnologias de cultivo empregadas. Além disso, as tecnologias aplicadas no cultivo podem exercer alguma influência nos processos fisiológicos dos animais, uma vez que os estudos indicam que os sistemas com formação de agregados microbianos com os bioflocos e possivelmente seus derivados, oferecem nutrição adicional e melhora a atividade das enzimas digestivas em camarões cultivados (Xu et al., 2020). Widanarni et al. (2019) enfatizam que mais estudos são necessários para elucidar o papel dos prebióticos na atividade das enzimas digestivas.

O aumento da enzima catalase nos tratamentos MOS e NT isolados foram significativamente maiores aos 60 dias de cultivo e pode ter contribuído para reduzir o estresse oxidativo nos camarões, já que essa enzima tem a função de decompor o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água (H_2O) e oxigênio (O_2), protegendo as células contra danos causados por radicais livres (Karakus, 2020). Um aumento na atividade da catalase indica que os camarões estão respondendo ativamente a uma carga oxidativa aumentada.

A diminuição da GSH sugere que os camarões têm usado suas reservas de glutathione para neutralizar os danos oxidativos, particularmente por meio do sistema de glutathione peroxidase (GPx), que requer GSH para desintoxicar peróxidos lipídicos (Wang et al., 2018). Seus níveis reduzidos estão associados a níveis mais altos de espécies reativas de oxigênio (ROS) e malondialdeído (MDA), levando a danos oxidativos em tecidos de camarão (Han et al., 2020).

Apesar do aumento da catalase e redução do GSH aos 60 dias de cultivo, os valores de malondialdeído (MDA) que é um subproduto da peroxidação lipídica e é frequentemente utilizado como um marcador para avaliar o estresse oxidativo em organismos, foram semelhantes entre os tratamentos.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

Camarões que apresentam um aumento na atividade da catalase (CAT) e uma diminuição nos níveis de glutathione (GSH) provavelmente estão em um estado de resposta compensatória ao estresse oxidativo. Sua condição fisiológica sugere que eles estão passando ou passaram recentemente por estresse oxidativo, mas tiveram capacidade de lidar com a condição a curto prazo.

O sistema simbiótico com a utilização de farelos vegetais fermentados por micro-organismo probióticos, como fertilizantes para viveiros de camarões, envolve uma interação entre diversos microrganismos, como bactérias, fitoplâncton e zooplâncton (Pimentel et al., 2023a; 2023b; 2024). Esses microrganismos desempenham papéis essenciais no processo de nutrição e metabólitos (Xu e Pan 2012; Xu et al., 2012). Em águas claras, o uso de aditivo a base de leveduras tem demonstrado efeito positivo (Murthy et al., 2009; Cao et al., 2011; Sang et al. 2014; Li et al. 2018; Xiong et al., 2018). Entretanto em sistema simbiótico, há uma escassez desses estudos, somando-se a isto, a complexidade do sistema fornece outras variáveis que podem interferir nas condições dos animais.

No presente estudo a combinação dos fatores produtivos (peso final, produtividade e FCA) nos tratamentos com aditivos foram suficientes para promover benefícios econômicos. Entretanto novos estudos devem investigar outros parâmetros fisiológicos, como a resposta imune humoral e celular, a composição da microbiota intestinal, a expressão de genes relacionados à digestão e imunidade, além de desafios com patógenos, a fim de proporcionar uma compreensão mais abrangente dos mecanismos da sinergia entre a adição conjunta NT e MOS em *P. vannamei* cultivado em sistema simbiótico.

6. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem um benefício econômico do uso combinado de MOS e NT (MOS/NT) em relação à receita líquida e o incremento de receita quando comparado ao tratamento controle em cultivos de *Penaeus vannamei* em sistema simbiótico. Para as atividades enzimáticas digestivas, os efeitos dos aditivos não puderam ser observados na maior parte das enzimas avaliadas, corroborando com os parâmetros zootécnicos. Os camarões exibiram uma resposta compensatória ao estresse oxidativo, caracterizada pelo aumento da atividade da catalase (CAT) e a redução dos níveis de glutathione (GSH)

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

nos tratamentos MOS e NT de forma isolada, indicando que possuem mecanismos fisiológicos para lidar com condições de estresse oxidativo a curto prazo.

6. REFERÊNCIAS

- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. In: Methods in Enzymology (Vol. 105, pp. 121–126). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/s0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/s0076-6879(84)05016-3).
- Agboola, J.O., Overland, M., Skrede, A., Hansen, J.O. (2021). Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. Reviews in Aquaculture, 13, 949–970. <https://doi.org/10.1111/raq.12507>.
- Aguirre-Guzman, G., Sanchez-Martinez, J.G., Campa-Cordova, A.I., Luna-Gonzalez, A., Ascencio, F. (2009). Penaeid shrimp immune system. Thai Journal of Veterinary Medicine, 39(3), 205–215. <https://doi.org/10.56808/2985-1130.2175>
- Ahmed, R.G. (2005). Is there a balance between oxidative stress and antioxidant defense system during development? Medical Journal of Islamic Academy of Sciences, 15(2), 55–63. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3017930>.
- Akter, M.N., Sutriana, A., Talpur, A.D., et al. (2016). Dietary supplementation with mannan oligosaccharide influences growth, digestive enzymes, gut morphology, and microbiota in juvenile striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. Aquaculture International, 24, 127–144. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9913-8>.
- Andrino, K.G.S., Augusto, E., Serrano, J.R., Valeriano, L., Corre, J.R. (2012). Effects of dietary nucleotides on the immune response and growth of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Asian Fisheries Science, 25, 180–192. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2012.25.2.007>.
- APHA (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Ed., American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Aryee, A.N., Simpson, B.K., Villalonga, R. (2007). Lipase fraction from the viscera of grey mullet (*Mugil cephalus*): Isolation, partial purification and some biochemical characteristics. Enzyme and Microbial Technology, 40(3), 394–402. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.07.009>.
- Avnimelech, Y. (2012). Biofloc Technology – A practical guide book, 2nd Ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States.

- MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...
- Babu, D.T., Antony, S.P., Joseph, S.P., Bright, A.R., Philip, R. (2013). Marine yeast *Candida aquatextoris* S527 as a potential immunostimulant in black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112(3), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.12.002>.
- Bernfeld, P. (1955). Amylases, α and β . In S.P. Colowick & N.O. Kaplan (Eds.), *Methods in Enzymology* (pp. 149–158). Academic Press.
- Bezerra, R.S., Lins, E.J.F., Alencar, R.B., Paiva, P.M.G., Chaves, M.E.C., Coelho, L.C.B.B., Carvalho Jr, L.B. (2005). Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Process Biochemistry*, 40, 1829–1834. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.06.066>.
- Biswas, G., Korenaga, H., Nagamine, R., Kono, T., Shimokawa, H., Itami, T., Sakai, M. (2012). Immune stimulant effects of a nucleotide-rich baker's yeast extract in the kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquaculture*, 366–367. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.001>.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248–254. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- Buarque, D.S., Castro, P.F., Santos, F.M.S., Lemos, D., Júnior, L.B.C., Bezerra, R.S. (2009). Digestive peptidases and proteinases in the midgut gland of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Aquaculture Research*, 40(7), 861–870. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02183.x>.
- Campa-Córdova, A., Hernández Saavedra, N., Aguirre-Guzmán, G., Ascencio, F. (2005). Immunomodulatory response of superoxide dismutase in juvenile American white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) exposed to immunostimulants. *Ciencias Marinas*, 31. <https://doi.org/10.7773/cm.v31i4.32>.
- Cao, J.M., Xu, D.D., Huang, Y.H., Lan, H.B., Chen, B., Zhao, H.X. (2011). Effects of dietary nucleotides on growth performance, tissue biochemical composition and non-specific immunity of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Fisheries of China*, 35, 594–603. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1231.17230>.
- Ceseña, C.E., Vega-Villasante, F., Aguirre-Guzman, G., Luna-Gonzalez, A., Campa-Córdova, Á.I. (2021). Atualização sobre o uso de levedura na aquicultura

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

de camarão: uma minirevisão. *International Aquatic Research*, 13, 1–16.
<https://doi.org/10.22034/IAR.2021.1904524.1066>.

Dawood, M.A.O., Koshio, S., Esteban, M.Á. (2018). Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 10, 950–974. <https://doi.org/10.1111/raq.12209>.

Fernández Giménez, A.V., García-Carreño, F.L., Navarrete del Toro, M.A., Fenucci, J.L. (2002). Digestive proteinases of *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) and relationship with molting. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 132(3), 593–598.
[https://doi.org/10.1016/s1096-4959\(02\)00080-5](https://doi.org/10.1016/s1096-4959(02)00080-5).

Frías-Espericueta, M.G., Bautista-Covarrubias, J.C., Osuna-Martínez, C.C., Delgado-Álvarez, C., Bojórquez, C., Aguilar-Juárez, M., Roos-Muñoz, S., Osuna-López, I., Páez-Osuna, F. (2022). Metals and oxidative stress in aquatic decapod crustaceans: A review with special reference to shrimp and crabs. *Aquatic Toxicology*, 242, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.106024>.

Gainza, O., Romero, J. (2020). Effect of mannan oligosaccharides on the microbiota and productivity parameters of *Litopenaeus vannamei* shrimp under intensive cultivation in Ecuador. *Scientific Reports*, 10, 2719.
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-59587-y>.

Genç, E., Kaya, D., Genç, M., Keskin, E., Yavuzcan, H., Guroy, D., & Aktaş, M. (2024). Effect of dietary mannan oligosaccharide inclusion on production parameters of *Farfantepenaeus aztecus* cultured in a biofloc system. *Journal of the World Aquaculture Society*. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.13086>.

Gil, A. (2002). Modulation of the immune response mediated by dietary nucleotides. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(Suppl 3), S1–S4.
<https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601475>.

Guo, J.; Guo, B.; Zhang, H.; et al. (2016) Effects of nucleotides on growth performance, immune response, disease resistance, and intestinal morphology in shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with a low fish meal diet. *Aquaculture International*, v. 24, p. 1007–1023, 2016. DOI: [10.1007/s10499-015-9967-7](https://doi.org/10.1007/s10499-015-9967-7).

Han, S., Wang, L., Wang, Y., Chen, Y., Wang, B., Wang, M., & Lin, J. (2020). Effects of the glutathione administration via dietary on intestinal microbiota of white shrimp,

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

- Penaeus vannamei*, under cyclic hypoxia conditions. *ISJ-Invertebrate Survival Journal*, 36-50. <https://doi.org/10.25431/1824-307X/ISJ.V0I0.36-50>.
- Harayashiki, C., Reichelt-Brushett, A., Butcher, P., Benkendorff, K. (2018). Ingestion of inorganic mercury by juvenile black tiger prawns (*Penaeus monodon*) alters biochemical markers. *Ecotoxicology*, 27. <https://doi.org/10.1007/s10646-018-1975-8>.
- Holmblad, T., Söderhäll, K. (1999). Cell adhesion molecules and antioxidative enzymes in a crustacean: possible role in immunity. *Aquaculture*, 172(1–2), 111–123. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00446-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00446-3).
- Karakus, Y. (2020). Typical Catalases: Function and Structure. Glutathione System and Oxidative Stress in Health and Disease. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90048>.
- Li, Y.-C., Liu, H., Dai, X., Li, J., Ding, F. (2018). Effects of dietary inulin and mannan oligosaccharide on immune related genes expression and disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 76, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.02.034>.
- López-López, S., Nolasco, H., Villarreal-Colmenares, H., Civera-Cerecedo, R. (2005). Digestive enzyme response to supplemental ingredients in practical diets for juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture Nutrition*, 11, 79–85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00305.x>.
- Moghadam, H., Sourinejad, I., Johari, S.A. (2023). Digestive enzyme activities, intestinal histology, and gut microbiota of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with turmeric, curcumin, and nanomicelle curcumin. *Aquaculture International*, 31, 15–30. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00962-z>.
- Muhlia-Almazán, A., García-Carreño, F.L., Sánchez-Paz, J.A., Yepiz-Plascencia, G., Peregrino-Uriarte, A.B. (2003). Effects of dietary protein on the activity and mRNA level of trypsin in the midgut gland of the white shrimp *Penaeus vannamei*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 135, 373–383. [https://doi.org/10.1016/s1096-4959\(03\)00091-5](https://doi.org/10.1016/s1096-4959(03)00091-5).
- Murthy, H.S., Li, P., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M. III. (2009). Dietary β -glucan and nucleotide effects on growth, survival and immune responses of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Applied Aquaculture*, 21, 160–168. <https://doi.org/10.1080/10454430903113644>.

- MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...
- Novriadi, R., Ilham, I., Roige, O., Segarra, S. (2021). Effects of dietary nucleotides supplementation on growth, total haemocyte count, lysozyme activity and survival upon challenge with *Vibrio harveyi* in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 21, 2352. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100840>
- Novriadi, R., Roige, O., Segarra, S. (2022). Effects of dietary nucleotide supplementation on performance, profitability, and disease resistance of *Litopenaeus vannamei* cultured in Indonesia under intensive outdoor pond conditions. *Animals*, 12, 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani12162036>.
- Oliveira, S. M., Freitas, J. O., Alves, K. B. (1999) Rabbit kidney aminopeptidases: purification and some properties. *Immunopharmacology*, v. 45, n. 1–3, p. 215-221. [https://doi.org/10.1016/S0162-3109\(99\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0162-3109(99)00080-6).
- Pimentel OALF, They NH, Andrade RJV, Oliveira VQ, Amado AM, Gálvez AO, Brito LO. Ionic adjustments do not alter plankton composition in low salinity *Penaeus vannamei* intensive nursery with synbiotic system. *Chemistry and Ecology*. 2023; 39 (4) 357-375. <https://doi.org/10.1080/02757540.2023.2186405>
- Pimentel OALF, Oliveira VQ, Andrade RJV, Oliveira CYB, Santos EP, Pereira AML, Brito LO, Gálvez AO. Plankton community in *Penaeus vannamei* nurseries with synbiotic system under different frequencies of adjustment on Ca:Mg:K ratio in low salinity water. *Aquaculture and Fisheries*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.09.003>
- Pimentel OALF, Wasielesky W, Sena RPO, Ramiro BO, Bezerra A, Krummenauer D. Microbial community composition, nitrification process, and growth of *Penaeus vannamei* in a synbiotic nursery system inoculated with different probiotic microorganisms. *Aquaculture*. 2024; 592: 741254. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741254>
- Rairat T, Chuchird N, Keetanon A, Carcano P, Comi M, Koppe W (2022) Effects of dietary yeast-derived nucleotide and RNA on growth performance, survival, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* infection in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports* 27, 2352-2239. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101352>.
- Ringø, E., Olsen, R.E., Gonzalez, J.L., Wadsworth, S., Song, S.K. (2012). Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. *Journal of Marine*

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

- Science: Research & Development, 2(1), 1-23.
<https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000104>.
- Samocha, T.M. (2019). Sustainable biofloc systems for marine shrimp – The Texas A&M AgriLife Research Experience. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 463 p.
- Sánchez-Paz, A., García-Carreño, F., Muhlia-Almazán, A., Hernández-Saavedra, N.Y., Yepiz-Plascencia, G. (2003). Differential expression of trypsin mRNA in the white shrimp (*Penaeus vannamei*) midgut gland under starvation condition. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 292, 1–17.
[https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(03\)00142-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00142-4).
- Sang, H.M., Fotedar, R., Filer, K. (2011). 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), 629–635.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00812.x>.
- Sang, H.M., Kien, N.T., Thanh Thuy, N.T. (2014). Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, survival, physiological, immunological and gut morphological conditions of black tiger prawn (*Penaeus monodon*, Fabricius 1798). Aquaculture Nutrition, 20(3), 341-348. <https://doi.org/10.1111/anu.12083>.
- Sedlak, J., Lindsay, R.H. (1968). Estimation of total, protein-bound, and non protein sulfhydryl groups in tissue with Ellman's reagent. Analytical Biochemistry, 25, 192–205. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(68\)90092-4](https://doi.org/10.1016/0003-2697(68)90092-4).
- Silva, D. A. Da; Souza, K. B. S. De; Almeida Costa, G. K. de; et al (2025). Effects of dietary nucleotides on performance, proximate composition, health status, nitrogen stress resistance, and return on investment for Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, raised in an intensive synbiotic system. *Aquaculture International*, v. 33, p. 34, DOI: [10.1007/s10499-024-01729-4](https://doi.org/10.1007/s10499-024-01729-4).
- Stohs, S., Bagchi, D. (1995). Mechanisms in the toxicity of metal ions. Free Radical Biology & Medicine, 18, 321–336. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(94\)00159-H](https://doi.org/10.1016/0891-5849(94)00159-H).
- Torrecillas, S., Montero, D., Izquierdo, M. (2014). Improved health and growth of fish fed mannan oligosaccharides: potential mode of action. Fish and Shellfish Immunology, 36, 525–544. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2013.12.029>.
- Van Wyk, P. (1999). Nutrition and feeding of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture systems. In P. Van Wyk, M. Davis-Hodgkins, R. Laramore, K.L. Main, J. Mountain,

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

& J. Scarpa (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems* (pp. 125–140). Florida: Department of Agriculture and Consumer Services - Harbor Branch Oceanic Institute.

Wallin, B., Rosengren, B., Shertzer, H.G., Camejo, G. (1993). Lipoprotein oxidation and measurement of thiobarbituric acid reacting substances formation in a single microtiter plate: its use for evaluation of antioxidants. *Analytical Biochemistry*, 208(1), 10–15. <https://doi.org/10.1006/abio.1993.1002>.

Wang, X., Xu, W., Zhou, H., Zhang, Y., Gao, W., Zhang, W., & Mai, K. (2018). Reduced glutathione supplementation in practical diet improves the growth, anti-oxidative capacity, disease resistance and gut morphology of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 73, 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.11.043>.

Wang, T., Yang, J., Lin, G., Li, M., Zhu, R., Zhang, Y., Mai, K. (2021). Effects of dietary mannan oligosaccharides on non-specific immunity, intestinal health, and antibiotic resistance genes in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Frontiers in Immunology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.772570>.

Widanarni, W., Taufik, A., Yuhana, M., Ekasari, J. (2019). Dietary mannan oligosaccharides positively affect the growth, digestive enzyme activity, immunity and resistance against *Vibrio harveyi* of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19, 271–278. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_4_01.

Xia, Z., & Wu, S. (2018). Effects of glutathione on the survival, growth performance and non-specific immunity of white shrimps (*Litopenaeus vannamei*). *Fish & Shellfish Immunology*, 73, 141–144. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.12.015>.

Xiong, J., Jin, M., Yuan, Y., Luo, J.X., Lu, Y., Zhou, Q.C., Liang, C., Tan, Z.L. (2018). Dietary nucleotide-rich yeast supplementation improves growth, innate immunity and intestinal morphology of Pacific white prawn (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 24, 1425–1435. <https://doi.org/10.1111/anu.12679>.

Xu, W., Yu, X., Haochang, S., Xiaojuan, H., Yunna, X., Li, Z., Wen G., Cao, Y. (2020). Effects of feeding frequency on growth, feed utilization, digestive enzyme activity and body composition of *Litopenaeus vannamei* in biofloc-based zero-exchange intensive systems. *Aquaculture*, v. 522, p. 735079, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735079>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

- Xu, W.J., Pan, L.Q., 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture* 356-357, 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.022>.
- Xu, W.J., Pan, L.Q., Sun, X.H., Huang, J., 2012. Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquac. Res.* 44 (7), 1093–1102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>.
- Yang, Y., Iji, P.A., Choct, M. (2009). Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. *World's Poultry Science Journal*, 65, 97–114. <https://doi.org/10.1017/S0043933909000087>.
- Yong, A.S.K., Mok, W.Y., Tamrin, M.L.M., Shapawi, R., Kim, Y. (2020). Effects of dietary nucleotides on growth, survival and metabolic response in whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* against ammonia stress condition. *Aquaculture Research*, 51, 2252–2260. <https://doi.org/10.1111/are.14570>.
- Zhang, H., Pan, L., Miao, J., et al. (2009). Effects of mercuric chloride on antioxidant system and DNA integrity of the crab *Charybdis japonica*. *Journal of Ocean University of China*, 8, 416–424. <https://doi.org/10.1007/s11802-009-0416-y>.
- Zhang, J., Liu, Y., Tian, L., Yang, H., Liang, G., Xu, D. (2012). Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, gut morphology and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 33, 1027–1032. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.05.001>.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo indicam que, embora não tenham sido observadas diferenças significativas nos índices zootécnicos com a suplementação de MOS e NT, os benefícios econômicos foram presentes com a inclusão dos aditivos, especialmente com o uso combinado. A ausência de impacto direto nos parâmetros de desempenho zootécnico destaca a importância de considerar outros fatores ao avaliar o efeito de aditivos dietéticos na carcinicultura.

Para as atividades enzimáticas digestivas, os efeitos dos aditivos não puderam ser observados na maior parte das enzimas avaliadas, corroborando com os parâmetros zootécnicos. E os camarões exibiram uma resposta compensatória ao estresse oxidativo, caracterizada pelo aumento da atividade da catalase (CAT) e a redução dos níveis de glutathione (GSH) nos tratamentos MOS e NT de forma isolada, indicando que possuem mecanismos fisiológicos para lidar com condições de estresse oxidativo a curto prazo.

Estudos futuros, incluindo a análise de doses distintas e parâmetros imunológicos, poderão fornecer uma compreensão mais completa sobre os mecanismos de ação e otimização do uso de MOS e NT em conjunto, contribuindo para práticas mais eficientes e sustentáveis na produção de camarões.

REFERÊNCIAS

ADENAYA, A.; BERGER, M.; BRINKHOFF, T.; RIBAS-RIBAS, M.; WURL, O. Usage of antibiotics in aquaculture and the impact on coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, 2023, 188, 114645. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114645>.

AGUIRRE-GUZMAN, G.; SANCHEZ-MARTINEZ, J. G.; CAMPA-CORDOVA, A. I.; LUNA-GONZALEZ, A.; ASCENCIO, F. Penaeid shrimp immune system. **Thai Journal of Veterinary Medicine**, 2009, v. 39, n. 3, p. 205–215. DOI: <https://doi.org/10.56808/2985-1130.2175>

AGBOOLA, J.O., OVERLAND, M., SKREDE, A., HANSEN, J.O. Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. **Reviews in Aquaculture**, 2021 13, 949–970. <https://doi.org/10.1111/raq.12507>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

AKRAMI, R.; NASRI-TAJAN, M.; JAHEDI, A.; JAHEDI, M.; RAZEGHI MANSOUR, M.; JAFARPOUR, S. A. Effects of dietary synbiotic on growth, survival, *Lactobacillus* bacterial count, blood indices, and immunity of beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1754) juvenile. **Aquaculture Nutrition**, 2015, v. 21, n. 6, p. 952–959. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12219>.

AKTER, M. N.; ZAHAN, K.; ZAFAR, M. A.; KHATUN, N.; RANA, M. S.; MURSALIN, M. I. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, feed utilization, body composition and haematological parameters in Asian catfish (*Clarias batrachus*) juveniles. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 2021, v. 21, p. 559–567. DOI: <https://doi.org/10.46989/001c.117128>.

ANDRINO, K. G. S.; AUGUSTO, E.; SERRANO, J.; VALERIANO, L.; CORRE, J. Effects of dietary nucleotides on the immune response and growth of juvenile Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Asian Fisheries Science**, 2012, v. 25, p. 180–192. DOI: <https://doi.org/10.33997/j.afs.2012.25.2.007>.

BABU, D. T.; ANTONY, S. P.; JOSEPH, S. P.; BRIGHT, A. R.; PHILIP, R. Marine yeast *Candida aquaetextoris* S527 as a potential immunostimulant in black tiger shrimp *Penaeus monodon*. **Journal of Invertebrate Pathology**, 2013, v. 112, n. 3, p. 243–252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.12.002>.

BINDELS, L. B.; DELZENNE, N. M.; CANI, P. D.; WALTER, J. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, 2015, v. 12, p. 303–310. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2015.47>.

BISWAS, G.; KORENAGA, H.; NAGAMINE, R.; KONO, T.; SHIMOKAWA, H.; ITAMI, T.; SAKAI, M. Immune stimulant effects of a nucleotide-rich baker's yeast extract in the kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. **Aquaculture**, 2012, v. 366–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.001>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

BURRELLS, C.; WILLIAMS, P. D.; FORNO, P. F. Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds: 1. Effects on resistance to disease in salmonids. **Aquaculture**, 2001, v. 199, p. 159–169. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00577-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00577-4).

BUTT, U. D.; LIN, N.; AKHTER, N.; SIDDIQUI, T.; LI, S.; WU, B. Overview of the latest developments in the role of probiotics, prebiotics and synbiotics in shrimp aquaculture. **Fish & Shellfish Immunology**, 2021, v. 114, p. 263-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.05.003>.

CAO, J. M.; XU, D. D.; HUANG, Y. H.; LAN, H. B.; CHEN, B.; ZHAO, H. X. Effects of dietary nucleotides on growth performance, tissue biochemical composition and non-specific immunity of juvenile *Litopenaeus vannamei*. **Journal Fisheries of China**, 2011, v. 35, p. 594–603. DOI: <https://doi.org/10.3724/SP.J.1231.17230>.

CASTRO, P. F.; FREITAS JR, A. C.; SANTANA, W. M.; COSTA, H. M.; CARVALHO JR, L. B.; BEZERRA, R. S. Comparative study of amylases from the midgut gland of three species of penaeid shrimp. **Journal of Crustacean Biology**, 2012, v. 32, n. 4, p. 607–613. DOI: <https://doi.org/10.1163/193724012X634206>.

CESENÃ, C. E.; VEGA-VILLASANTE, F.; AGUIRRE-GUZMAN, G.; LUNA-GONALVEZ, A.; CAMPA-CÓRDOVA, Á. I. Update on the use of yeast in shrimp aquaculture: A minireview. **International Aquatic Research**, 2021, v. 13, p. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.22034/IAR.2021.1904524.1066>.

CHAUHAN, A.; SINGH, R. Probiotics in aquaculture: a promising emerging alternative approach. **Symbiosis**, 2019, v. 77, p. 99–113. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-018-0580-1>.

CHEN, M.; CHEN, X.-Q.; TIAN, L.-X.; LIU, Y.-J.; NIU, J. Beneficial impacts on growth, intestinal health, immune responses and ammonia resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed dietary synbiotic (mannan oligosaccharide and *Bacillus licheniformis*). **Aquaculture Reports**, 2020, v. 17, 100408. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100408>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

CHEN, Q.; HUANG, S.; DAI, J.; WANG, C.; CHEN, S.; QIAN, Y.; GONG, Y.; HAN, T. Effects of synthetic astaxanthin on the growth performance, pigmentation, antioxidant capacity, and immune response in black tiger prawn (*Penaeus monodon*). *Aquaculture Nutrition*, 2023, p. 6632067, 14 páginas. DOI: [10.1155/2023/6632067](https://doi.org/10.1155/2023/6632067).

DAWOOD, M. A. O.; KOSHIO, S.; ESTEBAN, M. Á. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: A review. **Reviews in Aquaculture**, 2018, v. 10, p. 950–974. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12209>.

Ding, T.; Song, GE.; Liu, X.; Xu, M., Li, Y. Nucleotides as optimal candidates for essential nutrients in living organisms: A review. *Journal of Functional Foods*, 2021, v. 82, p. 104498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104498>.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture, 2024: Blue transformation in action. Rome: FAO, 2024. Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 266p.

FEBRIANTI, D.; YUHANA, M. Dietary synbiotic microcapsule influence the immune responses, growth performance and microbial populations to white spot syndrome virus in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Fisheries and Aquatic Science**, 2016, v. 11, p. 28–42. DOI: 10.3923/jfas.2016.28.42.

FERNÁNDEZ GIMENEZ, A. V.; GARCÍA-CARREÑO, F. L.; NAVARRETE DEL TORO, M. A.; FENUCCI, J. L. Digestive proteinases of *Artemesia longinaris* (Decapoda, Penaeidae) and relationship with molting. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 2002, v. 132, n. 3, p. 593–598. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1096-4959\(02\)00080-5](https://doi.org/10.1016/S1096-4959(02)00080-5).

GAMBOA-DELGADO, J.; FERNÁNDEZ-DÍAZ, B.; NIETO-LÓPEZ, M.; CRUZ-SUÁREZ, L. E. Nutritional contribution of torula yeast and fishmeal to the growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* as indicated by natural nitrogen stable isotopes. **Aquaculture**, 2016, v. 453, n. 20, p. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.026>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

GENÇ, E., KAYA, D., GENÇ, M., KESKIN, E., YAVUZCAN, H., GUROY, D., & AKTAŞ, M. (2024). Effect of dietary mannan oligosaccharide inclusion on production parameters of *Farfantepenaeus aztecus* cultured in a biofloc system. **Journal of the World Aquaculture Society**. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.13086>.

GOH, J.X.H., TAN, T.-H.L., LAW, W.-F.J., SER, H.-L., KHAW, K.-Y., LETCHUMANAN, V., LEE, L.-H., GOH, B.-H. (2022). Harnessing the potentialities of probiotics, prebiotics, synbiotics, paraprobiotics, and postbiotics for shrimp farming. **Rev Aquac.** 14, 1478–1557. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12659>

GUERREIRO, I.; OLIVA-TELES, A.; ENES, P. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, 2018, v. 10, p. 800–832. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12201>.

HAMIDOGHLI, A.; LEE, Y.; HWANG, S.; CHOI, W.; CHOI, Y.-H.; BAI, S. C. Evaluation of yeast hydrolysate in a low-fishmeal diet for whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Animals**, 2023, v. 13, n. 11, p. 1877. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13111877>.

HAMSAH, H.; WIDANARNI, W.; ALIMUDDIN, A.; et al. Immune response and resistance of Pacific white shrimp larvae administered probiotic, prebiotic, and synbiotic through the bio-encapsulation of *Artemia* sp. **Aquaculture International**, 2019, v. 27, p. 567–580. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00346-w>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Pecuária Municipal 2023. Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, v. 51, p. 1-12, 2024.

JIN, M.; XIONG, J.; ZHOU, Q.; YUAN, Y.; WANG, X.; SUN, P. Dietary yeast hydrolysate and brewer's yeast supplementation could enhance growth performance, innate immunity capacity and ammonia nitrogen stress resistance ability of Pacific

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Fish and Shellfish Immunology**, 2018, v. 82, p. 121–129.

JING, L.; ZHENMING, C.; XIANGHONG, W.; YING, P.; ZHE. The selection of alkaline protease-producing yeasts from marine environments and evaluation of their bioactive peptide production. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**, 2009, v. 27, n. 4, p. 753–761. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00343-009-9198-8>.

KOLIDA, S.; GIBSON, G. R. Synbiotics in health and disease. **Annual Review of Food Science and Technology**, 2011, v. 2, p. 373–393. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022510-133739>.

KRUGER, D. AND WERF, M.V.D. Benefits of nucleotide supplementation in poultry. **Ohly Application Note**, 2018. 1-3.

LATORRES, J. M.; RIOS, D. G.; SAGGIOMO, G. et al. Functional and antioxidant properties of protein hydrolysates obtained from white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Journal of Food Science and Technology**, 2018 v. 55, p. 721–729. DOI: [10.1007/s13197-017-2983-z](https://doi.org/10.1007/s13197-017-2983-z).

LI, G.; YUAN, H.; FU, Z.; LUO, X.; XUE, Z.; ZHANG, S. Investigating the impact of varied dietary protein levels on *Litopenaeus vannamei*: An exploration of the intestinal microbiota and transcriptome responses. **Animals**, 2024, v. 14, p. 372. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14030372>.

LI, P.; GATLIN, D. M. III; NEILL, W. H. Dietary supplementation of a purified nucleotide mixture transiently enhanced growth and feed utilization of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. **Journal of World Aquaculture Society**, 2007, v. 38, p. 281–286. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00096.x>.

LÓPEZ-LÓPEZ, S.; NOLASCO, H.; VILLARREAL-COLMENARES, H.; CIVERA-CERECEDO, R. Digestive enzyme response to supplemental ingredients in practical diets for juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. **Aquaculture**

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

Nutrition, 2005, v. 11, p. 79–85. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00305.x>.

MERRIFIELD, D. L.; DIMITROGLOU, A.; FOEY, S. J.; DAVIES, R. T. M.; BAKER, J.; BØGWALD, J.; CASTEX, M.; RINGØ, E. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. **Aquaculture**, 2010, v. 302, n. 1-2, p. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>.

MOGHADAM, H.; SOURINEJAD, I.; JOHARI, S. A. Digestive enzyme activities, intestinal histology, and gut microbiota of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with turmeric, curcumin, and nanomicelle curcumin. **Aquaculture International**, 2023, v. 31, p. 15–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00962-z>.

MUHLIA-ALMAZÁN, A.; GARCÍA-CARREÑO, F. L.; SÁNCHEZ-PAZ, J. A.; YEPIZ-PLASCENCIA, G.; PEREGRINO-URIARTE, A. B. Effects of dietary protein on the activity and mRNA level of trypsin in the midgut gland of the white shrimp *Penaeus vannamei*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 2003, v. 135, p. 373–383. DOI: [https://doi.org/10.1016/s1096-4959\(03\)00091-5](https://doi.org/10.1016/s1096-4959(03)00091-5).

NAVARRETE DEL TORO, M. A.; GARCÍA-CARREÑO, F. L. The toolbox for protein digestion in decapod crustaceans: a review. **Reviews in Aquaculture**, 2019, v. 11, p. 1005–1021. ISSN 1753-5131. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12276>.

PERERA, E.; MOYANO, F. J.; DÍAZ, M.; PERDOMO-MORALES, R.; MONTEROALEJO, V.; ALONSO, E.; GALICH, G. S. Polymorphism and partial characterization of digestive enzymes in the spiny lobster *Panulirus argus*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, 2008, v. 150, n. 3, p. 247–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2008.03.009>.

SAINZ, J. C.; GARCÍA-CARREÑO, F. L.; HERNÁNDEZ-CORTÉS, P. *Penaeus vannamei* isotrypsins: purification and characterization. **Comparative Biochemistry**

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

and Physiology Part B, 2004, v. 138, p. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2004.03.002>.

SÁNCHEZ-PAZ, A.; GARCÍA-CARREÑO, F.; MUHLIA-ALMAZÁN, A.; HERNÁNDEZ-SAAVEDRA, N. Y.; YEPIZ-PLASCENCIA, G. Differential expression of trypsin mRNA in the white shrimp (*Penaeus vannamei*) midgut gland under starvation condition. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 2003, v. 292, p. 1–17. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(03\)00142-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00142-4).

SANG, H.M., FOTEDAR, R., & FILER, K. (2011). 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), 629-635. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2095.2010.00812.x/full>

SANTOS, S. M.; WASIELESKY, W.; BRAGA, Í.; Use of different stocking densities of *Litopenaeus vannamei* juveniles using "synbiotics": effects on water quality, microorganisms, bioflocs composition and zootechnical performance. **Aquaculture International**, 2024, v. 32, p. 6133–6151. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-024-01459-7>.

SHIAU, S.-Y.; GABAUDAN, J.; LIN, Y.-H. Dietary nucleotide supplementation enhances immune responses and survival to *Streptococcus iniae* in hybrid tilapia fed diet containing low fish meal. **Aquaculture Reports**, 2015. v. 2, p. 77-81. DOI: [10.1016/j.aqrep.2015.08.002](https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.08.002).

THAMMATINNA, K.; SINPRASETPORN, A.; NAKNAEN, A.; SAMERNATE, T.; NUANPIROM, J.; CHANWONG, P.; SOMBOONWIWAT, K.; POGLIANO, J.; SATHAPONDECHA, P.; THAWONSUWAN, J.; NONEJUIE, P.; CHAIKEERATISAK, V. Nucleus-forming vibriophage cocktail reduces shrimp mortality in the presence of pathogenic bacteria. **Scientific Reports**, 2023, v. 13, p. 17844. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44840-x>

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

WAN, X.; XIE, G.; WANG, C.; XU, T.; ZHANG, Q. A confirmed case of infectious myonecrosis virus (IMNV) infection in cultured *Penaeus vannamei* in China. **Aquaculture**, 2023, 577, 739953. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739953>.

KHAN, M.; PAUL, S. I.; RAHMAN, M. M.; LIVELY, J. A. Antimicrobial resistant bacteria in shrimp and shrimp farms of Bangladesh. *Water*, 2022, 14(19), 3172. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14193172>.

WEE, WENDY.; HAMID, N. K. A.; MAT, K.; KHALIF, R. I. A. R.; RUSLI, N. D.; RAHMAN, M. M.; KABIR, M. A.; WEI, L. S. The effects of mixed prebiotics in aquaculture: A review. **Aquaculture and Fisheries**, 2024. v. 9, p. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.02.005>

XIE, S.; WEI, D.; FANG, W.; WAN, M.; GUO, T.; LIU, Y.; YIN, P.; TIAN, L.; NIU, J. Optimal dietary lipid requirement of postlarval white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in relation to growth performance, stress tolerance and immune response. **Aquaculture Nutrition**, 2019, v. 25, n. 1. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12937>.

XIONG, J.; JIN, M.; YUAN, Y.; LUO, J. X.; LU, Y.; ZHOU, Q. C.; LIANG, C.; TAN, Z. L. Dietary nucleotide-rich yeast supplementation improves growth, innate immunity and intestinal morphology of Pacific white prawn (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture Nutrition**, 2018, v. 24, p. 1425–1435. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12679>.

YANG, Y., IJI, P.A., CHOCT, M. Dietary modulation of gut microflora in broiler chickens: a review of the role of six kinds of alternatives to in-feed antibiotics. **World's Poultry Science Journal**, 2009 65, 97–114. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933909000087>.

YANO, Y.; HAMANO, K.; SATOMI, M.; TSUTSUI, I.; BAN, M.; AUE-UMNEOY, D. Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Vibrio* species related to food safety isolated from shrimp cultured at inland ponds in Thailand. **Food Control**, 2014, v. 38, p. 30-36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.019>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

YAO, W.; LI, X.; CHOWDHURY, M.A.K.; WANG, J.; LENG, X. Dietary protease, carbohydrase and micro-encapsulated organic acid salts individually or in combination improved growth, feed utilization and intestinal histology of Pacific white shrimp. **Aquaculture**, 2019, v. 503, p. 88–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.064>.

YILMAZ, S.; YILMAZ, E.; DAWOOD, M. A.; RINGØ, E.; AHMADIFAR, E.; ABDEL-LATIF, H. M. R. Probiotics, prebiotics, and synbiotics used to control vibriosis in fish: A review. **Aquaculture**, 2022, v. 547, Article 737514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737514>

YU, W.; LIU, J. Astaxanthin isomers: Selective distribution and isomerization in aquatic animals. **Aquaculture**, 2020 v. 520, p. 734915. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2019.734915](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734915).

ZHANG, C.-N.; LI, X.-F.; XU, W.-N.; ZHANG, D.-D.; LU, K.-L.; WANG, L.-N.; TIAN, H.-Y.; LIU, W.-B. Combined effects of dietary fructooligosaccharide and *Bacillus licheniformis* on growth performance, body composition, intestinal enzyme activities, and gut histology of triangular bream (*Megalobrama terminalis*). **Aquaculture Nutrition**, 2015, v. 21, n. 6, p. 755–766. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12200>.

ZHANG, J.; LIU, Y.; TIAN, L.; YANG, H.; LIANG, G.; XU, D. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, gut morphology and stress tolerance of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Fish and Shellfish Immunology**, 2012, v. 33, p. 1027–1032. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.05.001>.

ZHAO, L.; WANG, W.; HUANG, X.; GUO, T.; WEN, W.; FENG, L.; WEI, L. The effect of replacement of fishmeal by yeast extract on the digestibility, growth and muscle composition of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture Research**, 2017, v. 48, p. 311–320. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12883>.

MAIA, H. R. M. Q. Efeito da adição de mananoligossacarídeos e nucleotídeos em dietas...

ZHENMING, C.; ZHIQIANG, L.; LINGMEI, G.; FANG, G.; CHUNLING, M.;
XIANGHONG, W.; HAIFENG, L. **J Ocean U China**, 2006. V. 5, n.3, p. 251-256.
DOI:10.1007/s11802-006-0010-5