



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

# IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 05, pp. 47188-47193, May, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.21773.05.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

## SACCHAROMYCES CEREVISAE COMO LEVEDURA PROBIÓTICA EM CARCINICULTURA: UMA PROSPECÇÃO CIENTÍFICA

Eldo José Rodrigues dos Santos<sup>1\*</sup>, Marluce Pereira Damasceno Lima<sup>2</sup>, Rejane Teixeira do Nascimento<sup>3</sup>, Tamnata Ferreira Alixandre<sup>3</sup>, Maria Christina Sanches Muratori<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinário, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, Teresina (PI) Brasil; <sup>2</sup>Bióloga, Professora, Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus São João dos Patos, Maranhão, Brasil; <sup>3</sup>Bióloga, Professora, Departamento de Ensino do Estado do Piauí, Brasil; <sup>4</sup>Veterinária, Professora Doutora, Departamento de Morfofisiologia Veterinária, Universidade Federal do Piauí, Teresina (PI) Brasil

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 19<sup>th</sup> February, 2021

Received in revised form

17<sup>th</sup> March, 2021

Accepted 03<sup>rd</sup> April, 2021

Published online 30<sup>th</sup> May, 2021

#### Key Words:

*Penaeus monodon*, *Litopenaeus vannamei*, Probiótico, Busca de anterioridade.

#### \*Corresponding author:

Eldo José Rodrigues dos Santos

### ABSTRACT

A aquicultura é uma atividade econômica significativa em muitos países originando produtos que representam uma importante fonte de proteína para consumo humano. Com essa prospecção objetivou-se a busca de anterioridade das produções científicas utilizadas na aplicação de *Saccharomyces cerevisiae* como leveduraprobiótica no cultivo de camarão. A busca de anterioridade científica se deu nas bases de periódicos Scopus, Web of Science e Technology Research Database, utilizando os termos "yeast", "probiotic", "shrimp" e as possíveis combinações entre os referidos termos, ligados pelo conectivo booleano "AND". Em seguida, procedeu-se uma triagem para detectar as publicações relacionadas à aquicultura, envolvendo especificamente o cultivo das espécies "*Litopenaeus vannamei*" e "*Penaeus monodon*", com a utilização de "*Saccharomyces cerevisiae*" como levedura probiótica. A busca de anterioridade revelou que o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à utilização de leveduras como probióticos no cultivo de camarão ainda oferece um vasto campo de estudo a ser explorado, uma vez que, conforme evidenciado na pesquisa, a utilização da levedura *S. cerevisiae* mostra-se como eficiente probiótico modulador de respostas imunes e, consequentemente, provedor do aumento do desempenho produtivo.

Copyright © 2021, Eldo José Rodrigues dos Santos et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Eldo José Rodrigues dos Santos, Marluce Pereira Damasceno Lima, Rejane Teixeira do Nascimento, Tamnata Ferreira Alixandre, Maria Christina Sanches Muratori, 2021. "Saccharomyces cerevisiae como levedura probiótica em carcinicultura: uma prospecção científica", *International Journal of Development Research*, 11, (05), 47188-47193.

## INTRODUCTION

A aquicultura é uma atividade econômica significativa em muitos países originando produtos que representam uma importante fonte de proteína para consumo humano (GENSCHICK et al., 2018; MUSINGUZI et al., 2019; RICKARD et al., 2020; HUA et al., 2019). Porém, animais oriundos da aquicultura são frequentemente acometidos por doenças causadas por micro-organismos patogênicos, resultando em alta taxa de mortalidade, sendo necessárias estratégias para aprimorar a saúde das espécies cultivadas (KLAKEGG et al. 2020). A manipulação da dieta probiótica é uma abordagem útil para melhorar a produtividade e a saúde de camarão cultivado (DUAN et al., 2020; ZHOU et al., 2020). Em sistemas produtivos mais avançados os micro-organismos são utilizados como probióticos para melhorar o desempenho e a sanidade dos animais produzidos. A inclusão de bactérias ácido-láticas e leveduras isoladas do microbioma intestinal à alimentação dos crustáceos favorece a nutrição, a fisiologia e a evolução dos camarões. Esses métodos vêm sendo estudados com base em tecnologias de sequenciamento de DNA, com ênfase na estrutura e diversidade microbiana, bem como

na elucidação da função exata dos micróbios comensais em animais aquáticos (ZHANG et al., 2020). Bactérias probióticas podem produzir substâncias antibacterianas naturais, como ácidos orgânicos e bacterocina (ARASU et al., 2014; AARTI et al., 2017; AARTI et al., 2018), além de produzir enzimas extracelulares, como proteases, amilases e lipases, bem como substâncias promotoras de crescimento, como aminoácidos, vitaminas e ácidos graxos (DIMITROGLOU et al., 2011). Novas pesquisas mostram a possibilidade de uso de duas ou mais espécies de micro-organismos combinados em uma formulação de probióticos para melhoria do desempenho do crescimento de produtos da aquicultura (KLAKEGG et al., 2020). Guzman-Villanueva et al. (2020) relataram que a combinação probiótica de espécies de *Bacillus* sp. e *Enterococcus faecalis* modificou as comunidades bacterianas no hepatopâncreas e no aparelho digestivo do camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, criado em condições superintensivas. Além disso, o estudo sugeriu discreto efeito na expressão de enzimas antioxidantes como a glutatona peroxidase, o que pode explicar, em parte, os mecanismos pelos quais os probióticos conferem efeitos benéficos ao hospedeiro. Leveduras são largamente utilizadas em dietas de humanos e de animais como probióticos devido ao fato de raramente apresentarem

toxicidade ou serem causadoras de doenças (SOUZA *et al.*, 2011). Um exemplo de levedura probiótica bem caracterizada é a *S. boulardii*, frequentemente usada para aliviar distúrbios do trato GI (SEN; MANSELL, 2020). Estudos realizados por Agarbati *et al.* (2020) demonstraram que leveduras silvestres do ambiente natural e alimentos processados espontaneamente podem representar uma fonte válida de leveduras probióticas em potencial. Os resultados destacaram as aptidões probióticas de 13 leveduras, que podem ser propostas como uma alternativa válida à levedura probiótica amplamente disponível *S. boulardii* contudo precisam de uma caracterização *in vitro* mais definitiva antes de serem utilizadas em ensaios e aplicações para consumo humano. Dentre os microorganismos eucarióticos com propriedades probióticas, a levedura *S. cerevisiae* é a mais conhecida e tornou-se o organismo de escolha para estudos de metabolismo e genética molecular, sendo, o primeiro eucariótico com o genoma completamente sequenciado (GOFFEAU, 1996; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Várias pesquisas relatam o uso de *S. cerevisiae* como levedura probiótica, evidenciando uma correlação positiva da dieta com os parâmetros de crescimento em produtos da aquicultura (CHIU *et al.*, 2010; PETERSON; BRAMBLE; MANNING, 2010). Resultados promissores também foram encontrados por Etienne-Mesmin *et al.* (2011) que, em estudo *in vitro*, investigaram o efeito probiótico de *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3856 contra *Escherichia coli* O157: H7. Diante disso, com essa prospecção objetivou-se realizar uma busca de anterioridade e mapeamento da produção científica utilizadas na aplicação de levedura *S. cerevisiae* como probióticos no cultivo de camarão.

Os artigos selecionados foram publicados no período de 2000 a 2020 incluído aqueles que estavam disponíveis na sua forma *online* para publicação em 2021. Os resultados foram filtrados a fim de obter apenas artigos indexados a periódicos revisados por pares, excluindo-se aqueles que não estavam relacionados à aquicultura. A partir daí os artigos foram selecionados, inicialmente pela relevância do título e leitura dos resumos, envolvendo especificamente o cultivo das espécies *L. vannamei* e *P. monodon*. As publicações enquadradas nos critérios de inclusão foram analisadas na íntegra, a fim de selecionar aquelas que utilizaram *S. cerevisiae* como levedura probiótica. Não foi estabelecido idioma para as publicações como critério de seleção. As informações relacionadas aos artigos de interesse desta prospecção foram detalhadamente analisadas por meio de um fichamento protocolar criado para o presente estudo. Nele foram contemplados os seguintes pontos: autor, ano de publicação, local de realização do trabalho, espécie de camarão cultivada, objetivo do estudo, métodos de cultivo e resultados principais. Não foi possível realizar análise estatística (metanálise) em virtude da variabilidade nos métodos empregados para o cultivo de camarão, bem como dos objetivos de cada estudo. Porém, apesar dessas divergências, importantes reflexões e conclusões podem ser extraídas desta prospecção.

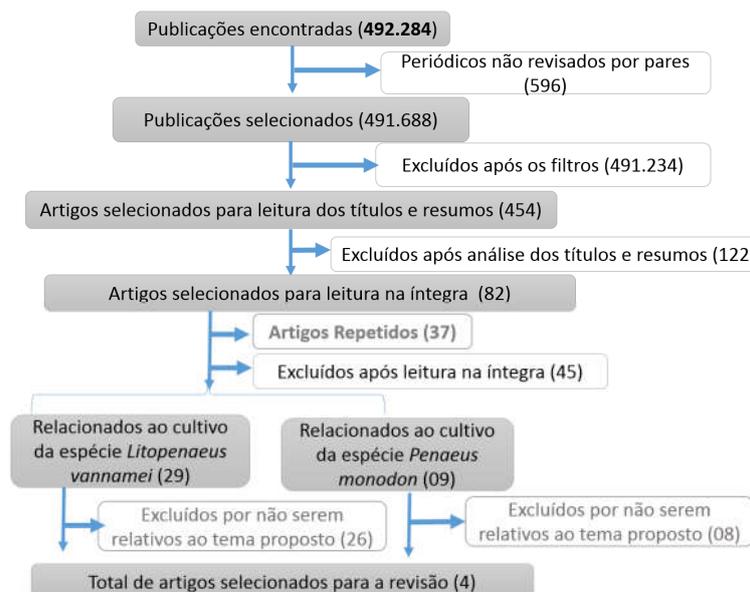
## RESULTADO E DISCUSSÃO

A utilização dos descritores individualmente permitiu que fosse encontrada a maioria das publicações. Após exclusão dos artigos não revisados pelos pares e aplicação dos filtros para aceitação, foram

**Tabela 1. Resultados retornados na busca no periódico da CAPES (Scopus, Web of Science e Technology Research Database)**

Descritores	Bases científicas pesquisadas			Total de publicações
	Scopus	Web of Science	Technology Research Database	
Probiotic	36.349	35.877	18.735	90.961
Shrimp	73.840	65.975	34.394	174.209
Yeast	77.949	68.031	45.697	191.677
Probiotic and shrimp	1.322	1.282	845	3.449
9Shrimp and yeast	5.165	4.832	3.460	13.457
Yeast and probiotic	6.825	6.730	4.522	18.077
Probiotic and shrimp and yeast	176	157	121	454
Total	201.626	182.884	107.774	492.284

Fonte: Autoria própria (2020)



**Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos pesquisados. O número de artigos em cada etapa está entre parênteses**

## METODOLOGIA

A busca de anterioridade científica foi realizada no Portal Periódicos da CAPES, onde foram pesquisadas as seguintes bases: Scopus, Web of Science e Technology Research Database, utilizando-se os termos "yeast", "probiotic", "shrimp" ligados pelo conectivo booleano "and".

obtidas 176, 157 e 121 publicações correspondentes aos três descritores concomitantemente, nas bases indexadas ao Portal Periódicos da CAPES: Scopus, Web of Science e Technology Research Database, respectivamente, totalizando 454 publicações (Tabela 1). Analisando-se os artigos encontrados na busca mais restritiva e excluindo-se as duplicidades, 29 artigos se referem especificamente à espécie *L. vannamei* e nove à espécie *P. monodon*.

Tabela 2. Resultados dos artigos selecionados para revisão sobre *Saccharomyces cerevisiae* como probióticos em cultivo de camarões *Litopenaeus vannamei* e *Penaeus monodon*

Autores	Local e Ano	Objetivos	Métodos utilizados	Principais resultados
Immanuel, G. et al., 2007	Chettikulam, Tamilnadu, Índia (2007)	Avaliar os efeitos de uma emulsão de lipídios, probióticos e fitoterápicos fornecidos na alimentação de pós-larvas de <i>P. monodon</i> , para produzir camarões saudáveis e com uma melhor resistência ao estresse e doença.	Três dietas de enriquecimento diferentes foram preparadas: uma dieta com emulsão de lipídios (B), dietas probióticas (C1: <i>Lactobacillus acidophilus</i> ; C2: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) e uma dieta à base de ervas (D).	Neste estudo, foi observado que as pós-larvas de <i>P. monodon</i> alimentadas com os probióticos (C1 e C2) tiveram a maior taxa de sobrevivência e a menor carga de micro-organismo patogênico <i>Vibrio harveyi</i> no hepatopâncreas e tecidos musculares.
Li, P. et al., 2009	St. Louis, MO, USA (2009)	Comparar o desempenho e a sanidade do <i>Litopenaeus vannamei</i> após adição de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> do prebiótico comercial GroBiotic®-A como suplementos dietéticos	Dois testes de crescimento separados: o primeiro teste foi avaliado o desempenho do <i>L. vannamei</i> cultivados em salinidade adequada para a espécie comparados com baixa salinidade; o segundo teste foi realizado com as mesmas condições de salinidade anteriores após adição de probióticos. Em ambos foi realizada avaliação da eficiência para eliminação de <i>Vibrio harveyi</i> .	No primeiro teste, não foi observado efeito dietético significativo nas respostas hematológicas, imunológicas e na eficiência de depuração de <i>Vibrio harveyi</i> após 10 semanas nos camarões cultivados. No segundo ensaio a suplementação dietética com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> mostrou uma melhora na taxa de sobrevivência dos camarões cultivados em baixa salinidade.
Rodrigues, M.S. et al., 2018	Santa Catarina, Brasil 2018	Avaliar os efeitos da suplementação alimentar com manoproteínas (MP) derivado da parede celular de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sobre o desempenho, resposta imune e vilosidades intestinais de <i>L. vannamei</i> cultivadas em um sistema de biofloc.	Foram formuladas três dietas com diferentes concentrações de manoproteínas (0,02%; 0,08%; 0,12%) e um grupo controle sem aditivo de MP. O experimento utilizou 12 unidades experimentais (800 L) estocadas com 400 camarões/m <sup>3</sup> com 3,64 ± 0,07 g de peso inicial, em triplicata.	Os animais que receberam suplementos dietéticos de 0,08% e 0,12% de MP tiveram maior área de superfície interna das vilosidades intestinais (p < 0,05). Camarões alimentados com MP mostraram um aumento de aproximadamente 10% na sobrevivência em comparação aos animais no tratamento controle (p < 0,05).
Martínez-Antonio, E.M. et al., 2019	La Paz, México 2019	Determinar o efeito da dieta sobre a suscetibilidade à baixa salinidade seguida de exposição ao estresse agudo (hipóxia e fuga), em termos de desempenho de cultura e indicadores fisiológicos.	Foram realizados os testes de redução de salinidade e manipulação de organismos, alimentação e composição da dieta, testes de estresse e análises bioquímicas em camarões alimentados com dieta experimental.	Neste trabalho ficou evidenciado que a dieta enriquecida com suplementação probiótica ( <i>S. cerevisiae</i> ) pode aumentar os níveis energéticos dos camarões, permitindo-lhes uma melhor resposta aos fatores causadores de estresse multifatoriais, comuns em sistemas de cultivo. Além disso, os probióticos comerciais aumentaram a taxa de sobrevivência dos camarões cultivados em baixa salinidade.

Após leitura pormenorizada, apenas quatro artigos foram selecionados para esta revisão, por atenderem a todos os critérios de elegibilidade (Figura 1). Os benefícios da utilização de probióticos na carcinocultura incluem a melhora da digestibilidade dos nutrientes, aumento da tolerância ao estresse e estímulo a reprodução (MOHAPATRA et al., 2013; JAMAL et al., 2019), além de melhora da taxa de conversão alimentar com consequente aumento do peso final e rendimento de animais (APÚN-MOLINA et al., 2015). Os mecanismos de ação dos probióticos incluem a estimulação de citocinas (IL-1, IL-6, IL-10, IL-12 e TNF- $\alpha$ ), produção e recrutamento de macrófagos e células T, produção de anticorpos e de substâncias inibitórias aos patógenos e competição com os patógenos na colonização do intestino e aderência à superfície epitelial do trato gastrointestinal (JAMAL et al., 2019). Micro-organismos são comumente utilizados em preparações probióticas, destacando-se a *S. cerevisiae*, bactérias do ácido láctico, *Enterococcus* sp., *Lactobacillus* sp. e *Bacillus* sp., bacteriófagos e algas unicelulares (HAI, 2015; CHEN et al., 2020). Micro-organismos probióticos biorremediadores utilizados no cultivo de *L. vannamei*, também podem favorecer o aumento da degradação da matéria orgânica na água melhorando sua qualidade e a sanidade dos camarões (SANTOS et al., 2018). A *S. cerevisiae* possui propriedade antimicrobiana moderada contra bactérias e fungos, bem como, atividade antioxidante (óxido-nítrico redutor, atividade sequestradora de radicais hidroxila e ação quelante de íons metálicos), podendo influenciar positivamente a assimilação de colesterol e produção de vitamina B12, glutatona, sideróforo e biofilme forte, além da produção de celulose e das enzimas amilase, protease e lipase (FAKRUDDIN et al. 2017). Pelo

exposto, a *S. cerevisiae* tem sido escolhida como probiótico na aquicultura, incluindo os cultivos: de *Artemia* sp. (MARQUES et al., 2005; MARQUES, 2006), *Epinephelus coioides* (CHIU et al., 2010), *Cyprinus carpio* (DHANARAJ et al., 2010), *Labeo rohita* (MOHAPATRA et al., 2014), *Oreochromis niloticus* (SUTTHI et al., 2018; HUSSAIN et al., 2018), *Pangasianodon hypophthalmus* (BOONANUNTANASARN et al., 2019), *Lates calcarifer* (SIDDIK et al., 2019) e *Daphnia similis* (SILVA CAMPOS et al., 2020). Verificando a seleção de artigos, constata-se que, apesar de ser uma levedura com conhecidas propriedades probióticas, *S. cerevisiae* ainda é pouco utilizada no cultivo de camarão. Os estudos que empregam essa levedura como probiótico no cultivo de camarões *L. vannamei* e *P. monodon* estão apresentados na Tabela 2.

Dos quatro artigos selecionados, apenas um se refere ao cultivo de *P. monodon* com a utilização de *S. cerevisiae* como levedura probiótica. Todas as outras pesquisas apresentadas na tabela 2 utilizam *L. vannamei* em seus experimentos. Entretanto, em todos os trabalhos analisados, o emprego da levedura *S. cerevisiae* melhorou a sanidade dos camarões, entretanto, não foram evidenciadas interferências significativas nos padrões zootécnicos. Dentre os artigos selecionados para análise, apenas um foi desenvolvido no Brasil, no qual os autores avaliaram o uso de manoproteína derivada de paredes celulares da levedura *S. cerevisiae* como alternativa viável para aumentar as vilosidades intestinais e microvilosidades *L. vannamei*, bem como, promover a resposta imunológica em sistema de bioflocos.

Esse sistema foi associado a bactérias heterotróficas (que controlam o acúmulo de compostos de nitrogênio) e a bactérias quimioautotróficas em bioflocos microbianos. Essa combinação de tratamentos resultou em maior densidade de criação e consequente aumento da taxa de sobrevivência (RODRIGUES et al., 2018). Assim, faz-se necessária a utilização de estratégias para melhorar a tolerância ambiental de animais aquáticos. O trabalho de Li et al. (2009) mostrou que a suplementação dietética probiótica comercial bem como a utilização da levedura *S. cerevisiae* melhorou a taxa de sobrevivência dos camarões cultivados. Porém esse resultado foi observado apenas em ambiente de baixa salinidade, indicando o uso potencial de *S. cerevisiae* como estratégia de suplementação nesse tipo de ambiente de cultivo. Sistemas de cultivo de camarões tropicais (*L. vannamei* e *P. monodon*) são realizados em águas com baixa salinidade no intuito de reduzir os custos com sal marinho artificial e a quantidade de águas residuais salgadas. Apesar desses camarões serem tolerantes a baixas salinidades, pode ocorrer uma diminuição significativa de sua imunidade inata provocando alterações na composição microbiana da água, o que resulta em aumento da suscetibilidade a patógenos bacterianos e consequente redução da produtividade (LI, YEH e CHEN, 2010; TENDENCIA e VERRETH, 2011; BAUER et al., 2021).

Corroborando com esses achados, Martinez-Antonio et al. (2019) também evidenciaram que é possível aumentar o status energético de camarão *L. vannamei* pela manipulação dietética, que resultou em potencial melhora do desempenho de crescimento e modulação da resposta ao estresse frente a múltiplos fatores (baixa salinidade, hipóxia e manipulação). Entretanto, vale salientar que no referido trabalho, uma dieta experimental composta por levedura comercial (*S. cerevisiae*) e uma mistura probiótica (levedura, bacilos e lactobacilos) foi testada, documentando as atividades individuais, o que pode ter proporcionado efeitos sinérgicos entre estes componentes, resultando em melhor assimilação de carboidratos e consequente taxa de sobrevivência. Além da *S. cerevisiae*, outros micro-organismos como *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp., *Carnobacterium* sp., *Enterococcus* sp. são encontradas como componentes de produtos comerciais probióticos utilizados na carcinicultura (JAMAL et al., 2019; KHADEMZADE et al., 2020). Em um dos trabalhos analisados nesta pesquisa, foi evidenciado aumento do crescimento de pós-larvas de *P. monodon* alimentadas com *S. cerevisiae* e *L. acidophilus*, em consequência da supressão do crescimento de bactérias patogênicas devido ao antagonismo competitivo entre os patógenos e o probióticos, resultando em melhoria no sistema imunológico do hospedeiro (IMMANUEL et al., 2007). Pattukumar et al. (2014) avaliaram o efeito da suplementação dietética e hídrica do probiótico *Streptococcus phocae* PI80 sobre o crescimento, resposta imune e utilização alimentar de *P. monodon* criados em lagoa demonstrando indução da modulação imunológica e aumento da produção de camarões.

Nimrat et al. (2019) avaliaram os efeitos de probióticos microbianos mistos (*Bacillus* sp. e leveduras) como um suplemento dietético no crescimento, sobrevivência e mudanças microbiológicas em *L. vannamei* na fase juvenil, constatando redução do número de bactérias potencialmente patogênicas (*V. parahaemolyticus* e *V. cholerae*) no trato digestivo. Esses efeitos podem ser alcançados independentemente da forma de administração (células microencapsuladas ou liofilizadas) ou composição probiótica (bactérias, leveduras e/ou microalgas) (NIMRAT, BOONTHAI e VUTHIPHANDCHAI, 2011). Esses probióticos devem ser oferecidos periodicamente em intervalos máximos de quatro dias, intervalos maiores que cinco dias reduzem significativamente o rendimento com consequente redução da produtividade (APÚN-MOLINA et al., 2015). Os demais trabalhos retornados nesta pesquisa relatam o uso de outras espécies de leveduras, como por exemplo *Debaryomyces hansenii* como probiótico para *L. vannamei* e *P. monodon*, por aumentar a atividade enzimática antioxidante em hemócitos (ANGULO et al., 2020; PACHECO et al. 2012). Ainda como exemplo, pode ser citada a pesquisa de Yang et al. (2010) que demonstraram aumento do desempenho de crescimento e competência

antioxidante de *L. vannamei* com utilização de uma dieta suplementada com a levedura marinha *Rhodospiridium paludigenum*. Com a análise das publicações retornadas neste estudo tornam-se evidentes os benefícios da utilização de leveduras como micro-organismos probióticos no cultivo de camarão, de forma que ainda há a necessidade de estudos acerca da microbiota intestinal em animais aquáticos para a elucidação de seu papel na nutrição, fisiologia e desenvolvimento do hospedeiro. Para isso, Zhang et al. (2020) destaca que podem ser utilizados modelos de estudo gnotobiótico (com animais cultivados em condições axênicas ou com linhagens microbianas definidas) em pesquisas que visam o entendimento das interações intestinais de microbiota-hospedeiro na aquicultura, o que facilita a produção de animais saudáveis e o desenvolvimento sustentável da aquicultura. Ficou evidenciado nessa pesquisa que o fornecimento de *S. cerevisiae* como levedura probiótica aumenta os níveis energéticos dos camarões *L. vannamei* e *P. monodon* melhorando as suas taxas de sobrevivência em cultivos com baixa salinidade, favorecendo uma melhor resposta aos fatores causadores de estresse multifatoriais. Além disso, aumenta a área de superfície interna das vilosidades intestinais e atua no sistema imunológico reduzindo a carga microbiana causada por *Vibrio harveyi* nos tecidos.

## CONCLUSÃO

A busca de anterioridade revelou que o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à utilização de leveduras como probióticos no cultivo de camarão ainda oferece um vasto campo de estudo a ser explorado, uma vez que, conforme evidenciado na pesquisa, a utilização da levedura *S. cerevisiae* mostra-se como eficiente probiótico modulador de respostas imunes e, consequentemente, provedor do aumento do desempenho produtivo.

## REFERÊNCIAS

- AARTI, C.; KHUSRO, A.; VARGHESE, R.; ARASU, M. V.; AGASTIAN, P.; AL-DHABI, N. A.; ILAVENIL, S.; CHOI, K. C. In vitro investigation on probiotic, anti-*Candida*, and antibiofilm properties of *Lactobacillus pentosus* strain LAP1. Archives of oral biology, May 2018, Vol.89, pp.99-106.
- AARTI, C.; KHUSRO, A.; VARGHESE, R.; ARASU, M. V.; AGASTIAN, P.; AL-DHABI, N. A.; ILAVENIL, S.; CHOI, K. C. In vitro studies on probiotic and antioxidant properties of *Lactobacillus brevis* strain LAP2 isolated from Hentak, a fermented fish product of North-East India. Food science & technology, December 2017, Vol.86, pp.438-446.
- AGARBATI, A.; CANONICO, L.; MARINI, E.; ZANNINI, E.; CIANI, M.; COMITINI, F. Potential Probiotic Yeasts Sourced from Natural Environmental and Spontaneous Processed Foods. Foods, v. 9(3): 287, 2020. doi: 10.3390/foods9030287.
- APÚN-MOLINA, J.P.; SANTAMARÍA-MIRANDA, A.; LUNA-GONZÁLEZ, A.; IBARRA-GÁMEZ, J.C.; MEDINA-ALCANTAR, V.; RACOTTA, I.S. Growth and metabolic responses of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in polyculture fed with potential probiotic microorganisms on different schedules. Latin American Journal of Aquatic Research. Volume 43, Issue 3, 1 July 2015, Pages 435-445. DOI: 10.3856/vol43-issue3-fulltext-5.
- ARASU, M.; KIM, D.; KIM, P.; JUNG, M.; ILAVENIL, S.; JANE, M.; LEE, K.; AL-DHABI, N.; CHOI, K. In vitro antifungal, probiotic and antioxidant properties of novel *Lactobacillus plantarum* K46 isolated from fermented sesame leaf. Annals of Microbiology, 2014, Vol.64 (3), pp.1333-1346.
- BAUER, J.; TEITGE, F.; NEFFE, L.; ADAMEK, M.; JUNG, A.; PEPLER, C.; STEINHAGEN, D.; JUNG, A.; SCHROERS, V. Impact of a reduced water salinity on the composition of *Vibrio* spp. in recirculating aquaculture systems for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its possible risks for shrimp health and food safety. Journal of Fish Diseases. January 2021, Vol.44 (1), pp.89-105.

- BOONANUNTANASARN, S.; DITTHAB, K.; JANGPRAI, A.; NAKHARUTHAI, C. Effects of Microencapsulated *Saccharomyces cerevisiae* on Growth, Hematological Indices, Blood Chemical, and Immune Parameters and Intestinal Morphology in Striped Catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 2019, Vol.11 (2), pp.427-437. DOI: 10.1007/s12602-018-9404-0.
- CHEN, G.; WANG, Z.; HUANG, J.; LI, H. The exploitation of probiotics, prebiotics and synbiotics in aquaculture: present study, limitations and future directions: a review. Aquaculture International, Jun 2020, Vol.28 (3), pp.1017-1041.
- CHIU, C.H.; CHENG, C.H.; GUA, W.R.; GUU, Y.K.; CHENG, W. Dietary administration of the probiotic, *Saccharomyces cerevisiae* P13, enhanced the growth, innate immune responses, and disease resistance of the grouper, *Epinephelus coioides*. Fish & shellfish immunology, 2010, Vol.29 (6), pp.1053-1059. DOI: 10.1016/j.fsi.2010.08.019.
- Cultured in Recirculating Systems. Journal of applied aquaculture, 19 May 2009, Vol. 21 (2), pp.110-119.
- DHANARAJ, M.; HANIFFA, M.A.; SINGH, S.V.A.; AROCKIARAJ, A.J.; RAMAKRISHNAN, C.M.; SEETHARAMAN, S.; ARTHIMANJU, R. Effect of Probiotics on Growth Performance of Koi Carp (*Cyprinus carpio*). Journal of applied aquaculture, 08 September 2010, Vol.22 (3), pp.202-209. DOI: 10.1080/10454438.2010.497739.
- DIMITROGLOU, A.; MERRIFIELD, D. L.; CARNEVALI, O.; PICCHIETTI, S.; AVELLA, M.; DANIELS, C.; GÜROY, D.; DAVIES, S. J. Microbial manipulations to improve fish health and production – A Mediterranean perspective. Fish & shellfish immunology, 2011, Vol.30 (1), pp.1-16.
- DUAN, Y.; WANG, Y.; DING X.; XIONG, D.; ZHANG, J. Response of intestine microbiota, digestion, and immunity in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to dietary succinate. Aquaculture, v. 517, 734762, 2020.
- ETIENNE-MESMIN, L.; LIVRELLI V, PRIVAT M, DENIS S, CARDOT JM, ALRIC M, BLANQUET-DIOT S. Effect of a new probiotic *Saccharomyces cerevisiae* strain on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in a dynamic gastrointestinal model. Appl Environ Microbiol. 77(3):1127-31, 2011.
- FAKRUDDIN, M.; HOSSAIN MN, AHMED MM. Antimicrobial and antioxidant activities of *Saccharomyces cerevisiae* IFST062013, a potential probiotic. BMC Complementary and Alternative Medicine, 17(1), 64, 2017.
- GENSCHICK, S.; MARINDA P, TEMBO G, KAMINSKI AM, THILSTED SH. Fish consumption in urban Lusaka: The need for aquaculture to improve targeting of the poor. Aquaculture, v. 492, 280-289, 2018.
- GOFFEAU, A.; BARRELL, B. G.; BUSSEY, H.; DAVIS, R. W.; DUJON, B.; FELDMANN, H.; GALIBERT, F.; HOHEISEL, J.D.; JACQ, C.; JOHNSTON, M.; LOUIS, E.J.; MEWES, H.W.; MURAKAMI, Y.; PHILIPPSSEN, P.; TETTELIN, H.; OLIVER, S.G. Life with 6000 Genes. Science, 25 Oct 1996: Vol. 274, Issue 5287, pp. 546-567. DOI: 10.1126/science.274.5287.546n.
- GUZMÁN-VILLANUEVA, L. T.; ESCOBEDO-FREGOSO C, BARAJAS-SANDOVAL DR, GOMEZ-GIL B, PEÑARODRÍGUEZ A, MARTÍNEZ-DIAZ SF, BALCÁZAR JL, QUIROZ-GUZMÁN E. Assessment of microbial dynamics and antioxidant enzyme gene expression following probiotic administration in farmed Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture, v. 519, 734907, 2020.
- HAI, N. V. Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: A review. Fish & shellfish immunology. August 2015, Vol.45 (2), pp.592-597.
- HUA K, COBCROFT JM, COLE A, CONDON K, JERRY DR, MANGOTT A, PRAEGER C, VUCKO MJ, ZENG C, ZENGER K, STRUGNELL JM. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets. Journal home page for One Earth, v. 1 (3), 316-329, 2019.
- HUSSAIN, S.M.; ASLAM, N.; JAVID, A.; LIAQUAT, S.; SHAHZAD, M.M.; ARSALAN, M.ZH.; KHALID, M.A. Efficacy of Probiotics Supplementation on Mineral Digestibility, Haematological Parameters and Carcass Composition of *Oreochromis niloticus* Fingerlings Fed Canola Meal Based Diets. Pakistan Journal of Zoology, Oct 31, 2018, Vol.50 (5), p.1825.
- IMMANUEL, G.; CITARASU, T.; SIVARAM, V.; MICHAEL BABU, M.; PALAVESAM, A. Delivery of HUFA, probiotics and biomedicine through bioencapsulated *Artemia* as a means to enhance the growth and survival and reduce the pathogenesis in shrimp *Penaeus monodon* postlarvae. Aquaculture International, 2007, Vol.15(2), pp.137-152.
- JAMAL, M. T.; ABDULRAHMAN, I. A.; HARBI, M. A.; CHITHAMBARAN, S. Probiotics as alternative control measures in shrimp aquaculture: A review. Journal of Applied Biology & Biotechnology. Vol. 7(03), pp. 69-77, May-June, 2019.
- KHADEMZADE, O.; ZAKERI, M.; HAGHI, M.; MOUSAVI, S. M. The effects of water additive *Bacillus cereus* and *Pediococcus acidilactici* on water quality, growth performances, economic benefits, immunohematology and bacterial flora of whiteleg shrimp (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) reared in earthen ponds. Aquaculture Research. May 2020, Vol.51(5), pp.1759-1770.
- KLAKEGG, O.; MYHREN, S, JUELL, RA, AASE M, SALONIUS K, SORUM H. Improved health and better survival of farmed lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) after a probiotic bath with two probiotic strains of *Aliivibrio*. Aquaculture, v. 518, 734810, 2020.
- Li, C. C.; Yeh, S. T.; Chen, J. C. Innate immunity of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* weakened by the combination of a *Vibrio alginolyticus* injection and low salinity stress. Fish & Shellfish Immunology. 28(1), 121–127. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.10.003>.
- LI, P.; WANG, X.; MURTHY, S.; GATLIN, D. M.; CASTILLE, F. L.; LAWRENCE, A. L. Effect of Dietary Supplementation of Brewer's Yeast and GroBiotic®-A on Growth, Immune Responses, and Low-Salinity Tolerance of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of applied aquaculture, 19 May 2009, Vol.21 (2), pp.110-119.
- MARQUES, A.; DINH, T.; IOAKEIMIDIS, C.; HUYS, G.; SWINGS, J.; VERSTRAETE, W.; DHONT, J.; SORGELOOS, P.; BOSSIER, P. Effects of Bacteria on *Artemia franciscana* Cultured in Different Gnotobiotic Environments. Applied and Environmental Microbiology, 2005, Vol. 71(8), p.4307.
- MARQUES, A.; THANH, T.H.; VERSTRAETE, W.; DHONT, J.; SORGELOOS, P.; BOSSIER, P. Use of selected bacteria and yeast to protect gnotobiotic *Artemia* against different pathogens. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 334 (2006) 20-30.
- Martínez-Antonio, E.M.; Racotta, I. S.; Ruvalcaba-Márquez, J. C.; Magallón-Barajas, F. Modulation of stress response and productive performance of *Litopenaeus vannamei* through diet. PeerJ, 2019, Vol. (5).
- MOHAPATRA, S.; CHAKRABORTY, T.; PRUSTY, A.K.; PANIPRASAD, K.; MOHANTA, K.N. Beneficial effects of dietary probiotics mixture on hemato-immunology and cell apoptosis of *Labeo rohita* fingerlings reared at higher water temperatures. PloS one, 01 January 2014, Vol.9(6), p.e100929.
- MUSINGUZI, L.; LUGYA, J.; RWEZAWULA P.; KAMYA A.; NUWAHEREZA C.; HALAFO J.; KAMONDO S.; NJAYA F.; AURA C.; SHOKO A. P.; OSINDE R.; NATUGONZA V.; OGUTU-OHWAYO R. The extent of cage aquaculture, adherence to best practices and reflections for sustainable aquaculture on African inland waters. Journal of Great Lakes Research, v. 45 (6), 1340-1347, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0100929.
- NIMRAT, S.; BOONTHAI, T.; VUTHIPHANDCHAI, V. Effects of probiotic forms, compositions of and mode of probiotic administration on rearing of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) larvae and postlarvae. Animal Feed Science and Technology. Volume 169, Issue 3-4, 3 nov. 2011, Pages 244-258. DOI: 10.1016/j.anifeeds.2011.07.003.
- NIMRAT, S.; KHAOPONG, W.; SANGSONG, J.; BOONTHAI, T.; VUTHIPHANDCHAI, V. Dietary administration of *Bacillus* and

- yeast probiotics improves the growth, survival, and microbial community of juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Aquaculture, 2019. DOI: 10.1080/10454438.2019.1655517.
- Pattukumar, V.; Kanmani, P.; Satish Kumar, R.; Yuvaraj, N.; Paari, A.; Arul, V. Enhancement of innate immune system, survival and yield in *P. enaeus monodon* reared in ponds using *S. treptococcus phocae* PI 80. Aquaculture Nutrition. October 2014, Vol.20(5), pp.505-513.
- PETERSON, B.C.; BRAMBLE, T.C.; MANNING, B.B. Efeitos de Bio-Mos® no crescimento e sobrevivência de bagres-canal desafiados com *Edwardsiella ictaluri*. Journal of the World Aquaculture Society, February 2010, Vol.41 (1), pp.149-155. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2009.00323.x.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, c2007. 830 p.
- RICKARD LN, BRITWUM K, NOBLET CL, EVANS KS. Factory-made or farm fresh? Measuring U.S. support for aquaculture as a food technology. Marine Policy, online, 2020.
- RODRIGUES, M. S.; BOLÍVAR, N.; LEGARDA, E. C.; GUIMARÃES, A. M.; GUERTLER, C.; DO ESPÍRITO SANTO, C. M.; MOURIÑO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q.; FRACALOSI, D. M.; DO NASCIMENTO VIEIRA, F. Mannoprotein dietary supplementation for Pacific white shrimp raised in biofloc systems. Aquaculture, 10 March 2018, Vol.488, pp.90-95.
- SANTOS, G.P.C.; PEREIRA, S.V.; MENDES, E.S.; DA SILVA, L.O.B.; DE MACEDO, S.J. Hydrology variables of *Litopenaeus vannamei* culture system with addition of bioremediation microorganisms. Archives of Veterinary Science. Volume 23, Issue 3, 1 June 2018, Pages 11-21. DOI: 10.5380/avs.v23i3.51680.
- SEN, S.; MANSELL, T.J. Yeasts as probiotics: Mechanisms, outcomes, and future potential. Fungal Genetics and Biology.v. 137, 2020. DOI: 10.1016/j.fgb.2020.103333.
- SIDDIK, M.A.B; CHUNGU, P.; FOTEDAR, R.; HOWIESON, J. Bioprocessed poultry by-product meals on growth, gut health and fatty acid synthesis of juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch). PLoS ONE, 2019, Vol.14(4). DOI: 10.1371/journal.pone.0215025.
- SILVA CAMPOS, C.V.F.; SILVA FARIAS, R.; SILVA, S.M.B.C.; SEVERI, W.; BRITO, L.O.; GÁLVEZ, A.O. Production of *Daphnia similis Claus*, 1876 using wastewater from tilapia cultivation in a biofloc system. Aquaculture International, 1 February 2020, Vol.28 (1), pp.403-419. DOI: 10.1007/s10499-019-00470-7
- SOUZA, R. B.; Costa, F. G. P.; Lima, M. R.; Pinheiro, S. G. Utilização de leveduras de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) nas rações de aves. Revista Eletrônica Nutritime. v. 8, n. 6, p. 1632-1646, 2011.
- SUTTHI, N.; THAIMUANGPHOL, W.; RODMONGKOLDEE, M.; LEELAPATRA, W.; PANASE, P. Growth performances, survival rate, and biochemical parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in water treated with probiotic. Comparative Clinical Pathology, 2018, Vol.27(3), pp.597-603. DOI: 10.1007/s00580-017-2633-x.
- TENDENCIA, E. A.; VERRETH, J. A. J. Temperature fluctuation, low salinity, water microflora: Risk Factors for WSSV outbreaks in *Penaeus monodon*. The Israeli Journal of Aquaculture. IIC.63.2011.548, 1– 7. 2011.
- YANG, S.P.; WU, Z.H.; JIAN, J.C.; ZHANG, X.Z. Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Volume 309, Issue 1-4, 22 nov. 2010, Pages 62-65. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.09.032.
- ZHANG M, SHAN C, TAN F, LIMBU SM, CHEN L, DU, Z. Gnotobiotic models: Powerful tools for deeply understanding intestinal microbiota-host interactions in aquaculture. Aquaculture, v. 517, 2020.
- ZHOUAD. L.; LI, H.; QIN, J.G.; WANG, X.; CHEN, L.; XU, C.; LI, E. Dietary prebiotic inulin benefits on growth performance, antioxidant capacity, immune response and intestinal microbiota in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at low salinity. Aquaculture, v. 518, 734847, 2020.

\*\*\*\*\*