



University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 11, No. 3, 2025, pages: 63-79
DOI: 10.22124/janb.2026.31927.1299



RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on growth performance, survival and some hemato-immunological indices of Asian seabass (*Lates calcarifer*)

Marzie Ghanbarpour¹, Gholamreza Badzohreh^{1*}, Ebrahim Sotoudeh¹, Vahid Morshedi²

1- Department of Fisheries, Faculty of Nano and Bioscience and Technology, Persian Gulf University, Bushehr, Bushehr, Iran

2- Department of Fisheries and Biology, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Bushehr, Iran

Received 23 July 2025 Revised 18 September 2025 Accepted 21 September 2025 Published online 22 August 2026

KEYWORDS

Asian seabass
Saccharomyces cerevisiae
Growth performance
Immunity
Hematological indices

ABSTRACT

Introduction: For many years, antibiotics have been extensively applied in aquaculture, serving both to treat bacterial infections and to act as growth promoters. However, using antibiotics can negatively impact the environment and human health alike. For example, antibiotic use may result in the release of resistant bacterial strains into the environment, as well as the accumulation of drug residues in fish tissues. The EU has currently banned the use of antibiotics in animal nutrition. Consequently, efforts have been made to find an effective substitute for antibiotics in aquafeed. As eco-friendly alternatives to antibiotic reliance, various additives such as probiotics and postbiotics have been used to improve resistance to diseases in aquatic animals. Among different types of probiotic strains, *Saccharomyces cerevisiae* (yeast) and yeast fermentation products have been widely used in aquaculture since they enhance nonspecific immunity. Yeast fermentation products, as a product separated from inner yeast cells, could be a functional source of nutrients. *S. cerevisiae* fermentation product is a new fermented product. This product comprises a rich source of nutrients that can enhance the immunity and growth of fish.

Materials and methods: In this experiment, the effects of various levels of *S. cerevisiae* fermentation product were investigated on the growth performance, survival, and some hematological and immunological responses in juvenile Asian seabass (*Lates calcarifer*). First, 240 healthy

fish with an average body weight of 9.08 ± 0.41 g were randomly distributed to 12 polyethylene tanks with a capacity of 300 L and a density of 20 fish per tank. The fish were divided into four experimental groups in three replications and were fed four diets as follows: control (without adding *S. cerevisiae* fermentation product), FP₁: 0.5%, FP₂: 1%, and FP₃: 2% *S. cerevisiae* fermentation product. The fish were fed three times a day until satiation for 8 weeks. At the end, fish were anesthetized for biometric measurements, and growth indices including weight gain percentage (WG), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), and feed conversion ratio (FCR) were calculated. Hemato-immunological parameters were assessed by collecting blood samples from the treatment and control groups at the end of the experiment. The data analysis in this study was performed using SPSS software version 21. Data were presented as the mean of 3 replicates $\pm$ standard deviation using the Duncan post-hoc test to compare means of each treatment.

Results and Discussion: The results indicated that adding *S. cerevisiae* fermentation product in the diet significantly enhanced the growth performance of juvenile Asian seabass. In this study, WG, PER, SGR in FP₁, FP₂ and FP₃ were significantly higher than in control. In contrast, the lowest FCR values of 1, 1.05, and 1.09 were recorded in FP₃, FP₂, and FP₁, respectively, indicating a positive effect of these products on improving FCR. In the present study, growth indices showed a direct correlation with the level of added yeast, and all diets containing yeast resulted in increased growth indices, which could be attributed to enhance nutrient absorption. Bioactive compounds such as nucleotides, mannan oligosaccharides, and amino acids present in the fermentation products can enhance the palatability and food consumption in fish. The present results showed that hematological indices had no significant differences between the treatments and control group ($P > 0.05$). Hematological alterations in fish may be different and depend on fish species, yeast types, experimental conditions, yeast concentrations, and the duration of trials. In the present study, the level of neutrophils in diets containing yeast was significantly higher than in the control group. The number of neutrophils in the treatment FP₃ showed significant differences compared to the control group ($P < 0.05$). Immunological assessments demonstrated significant increases in lysozyme activity, total protein, immunoglobulin levels, and albumin in the serum of Asian seabass fed with *S. cerevisiae* fermentation product ($P < 0.05$). In this study, the increase in neutrophils in the blood may be responsible for the elevated lysozyme level in Asian seabass. Compounds such as beta-glucans and mannan oligosaccharides in fermented products can enhance the innate immune system in fish, resulting in increased levels of immune-active proteins

Conclusion: The results of the present study showed that the growth performance of juvenile Asian seabass fed with diets containing different levels of *S. cerevisiae* improved. Additionally, the innate immune responses and antioxidant capacity of Asian seabass improved in this

study. However, no significant changes were observed in the blood parameters. The findings of this study suggest that using 1-2% *S. cerevisiae* fermentation product in diets could improve the growth and immunity of juvenile Asian seabass.

*Corresponding author: badzohre@pgu.ac.ir





"مقاله پژوهشی"

تأثیر محصولات تخمیری ساکارومیسیس سرویسیه بر عملکرد رشد، بازماندگی و برخی شاخص های خونی و ایمنی ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*)

مرضیه قنبرپور^۱، غلامرضا بادزهره^{۱*}، ابراهیم ستوده^۱، وحید مرشدی^۲

۱- گروه شیلات، دانشکده علوم و فناوری نانو و زیستی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر

۲- گروه شیلات و زیست شناسی، پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، بوشهر

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۳۱

کلمات کلیدی

چکیده

محصولات تخمیری مخمرها از ترکیبات مغذی تشکیل شده که در رشد و ایمنی آبزیان مؤثرند. در این مطالعه تأثیر سطوح مختلف محصولات تخمیری ساکارومیسیس سرویسیه بر رشد، بازماندگی و شاخص های خونی و ایمنی ماهی سی باس آسیایی بررسی شد. ابتدا ۲۴۰ عدد ماهی سی باس آسیایی با میانگین وزن اولیه 9.08 ± 0.41 گرم به صورت تصادفی در ۱۲ مخزن ۳۰۰ لیتری و با تراکم ۲۰ عدد در هر مخزن توزیع شد. ماهیان در چهار تیمار شامل شاهد (بدون افزودن محصولات تخمیری ساکارومیسیس سرویسیه)، تیمار FP₁ ۰/۵٪، محصولات تخمیری، تیمار FP₂ ۱٪ و تیمار FP₃ ۲٪ به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و راندمان کارایی پروتئین ماهیان در تیمارهای محصولات تخمیری ساکارومیسیس سرویسیه در مقایسه با شاهد اختلاف معنی دار داشت ($P < 0.05$). بالاترین میزان کارایی پروتئین در تیمار FP₃ بود ($P < 0.05$). شاخص های خونی شامل تعداد گلبول قرمز، هماتوکریت و هموگلوبولین در بین تیمارهای افزودنی و شاهد اختلاف معنی دار نشان نداد ($P > 0.05$)، اما در گلبول های سفید بالاترین تعداد نوتروفیل ها در تیمار FP₃ با 1.2 ± 22.66 ثبت شد که با تیمار شاهد (0.66 ± 18.66) اختلاف معنی دار داشت ($P < 0.05$). از نظر شاخص های ایمنی تفاوت معنی دار بین تیمارها مشاهده شد. بالاترین میزان لایزوزیم در تیمار FP₃ مشاهده شد که اختلاف معنی دار با دیگر تیمارها داشت ($P < 0.05$) و کمترین میزان لایزوزیم با 0.74 ± 35.33 u/mL/min نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. میزان ایمونوگلوبولین، پروتئین و آلبومین سرم خون نیز در تیمار FP₃ بیشترین مقدار را داشت ($P < 0.05$). بر اساس نتایج این مطالعه، استفاده از محصولات تخمیری ساکارومیسیس سرویسیه به میزان ۱ تا ۲٪ جیره غذایی ماهی سی باس آسیایی برای تقویت شاخص های رشد و ایمنی توصیه می گردد.

مقدمه

با افزایش جمعیت جهان به بیش از ۸ میلیارد نفر تقاضا برای مصرف آبزیان نیز رو به افزایش گذاشته است (FAO, 2020). در سال های اخیر آبی پروری در بخش جانوران و گیاهان دریایی با ثبت مجموع تولید سالانه ۱۱۴ میلیون تن بخشی از نیازهای غذایی مردم دنیا را تأمین می کند (FAO, 2020). طبق بررسی های فائو افزایش تولید آبزیان توانسته مصرف سرانه آبزیان در نیم قرن گذشته را پنج برابر کرده و در سال ۲۰۲۰ مصرف سرانه آبزیان در دنیا به عدد ۲۰/۲ کیلوگرم رسیده است. در بخش آبی پروری، پرورش آبزیان دریایی یکی از شاخه های مهم تولید آبزیان محسوب می شود. بر اساس آمار فائو، از کل تولید آبزیان دریایی سهم جانوران دریایی ۳۳/۱ میلیون تن و گیاهان آبی ۳۶ میلیون تن برآورد شده است که در این میان سهم پرورش ماهیان دریایی ۲۵٪ از کل تولید پرورش جانوران دریایی است (FAO, 2020). بررسی آبی پروری دریایی در کشور ما نیز نشان می دهد که تولید در بخش ماهیان دریایی با ثبت تولید حدود ۱۰ هزار تن آینده بسیار روشنی را پیش رو دارد. در پرورش ماهیان دریایی انتخاب گونه مناسب یکی از چالش های مهم آبی پروری دریایی است. رشد سریع، مقاومت به بیماری، تأمین بچه ماهی، بازارپسندی و موارد دیگر از گزینه هایی است که در انتخاب گونه مناسب برای پرورش ماهیان دریایی نقش دارد (Allen et al., 2002).

ماهی سی باس آسیایی (*Lates calcarifer*) یکی از معروف ترین ماهیان دریایی برای پرورش در دنیاست. این ماهی رودرو بوده و متعلق به خانواده (Latidae) است. پراکنش این ماهی در بسیاری از مناطق حاره و نیمه حاره، اقیانوس هند، اقیانوس اطلس، شمال استرالیا و جنوب شرقی آسیاست (Paterson et al. 2003). گوشت لذیذ، رشد سریع، تحمل شوری بالا، تحمل تراکم پذیری، پذیرش راحت غذای فرموله و قابلیت پرورش در استخرهای خاکی و قفس از مهمترین ویژگی های این ماهی است که مورد توجه کارشناسان و پرورش دهندگان واقع شده است (Mozanzadeh et al. 2021).

به طور کلی، صنعت آبی پروری با هدف تأمین نیازهای غذایی بشر، کاهش فشار بر ذخایر دریایی، توجه به روش های پایدار تولید و غیره در سال های اخیر در دو

بخش آب های داخلی و دریایی رونق بسیار زیادی یافته است. امروزه این صنعت با تنوع بخشی بر گونه های جدید پرورشی بر افزایش تولید بر اساس سامانه های پرورش متراکم تولید نیز متمرکز شده است. پرورش متراکم آبزیان تولیدکنندگان این صنعت را با چالش های جدیدی همچون بروز بیماری، کاهش رشد و افزایش تلفات نیز مواجه کرده است. در چنین شرایطی تقاضا برای استفاده از ترکیبات و یا مواد اثرگذاری که بتواند باعث کاهش تلفات و افزایش تولید شود، روز به روز افزایش می یابد.

امروزه ظهور و بروز بیماری های جدید و کنترل بهداشتی مزارع پرورشی از چالش های پیش روی این صنعت است. در این جهت، برای کنترل بیماری ها در مزارع پرورشی استفاده از انواع آنتی بیوتیک ها نیز به شدت افزایش یافته است. متأسفانه مصرف بی رویه آنتی بیوتیک ها باعث شده نه تنها مقاومت باکتری ها نسبت به این ترکیبات افزایش یابد، بلکه باقی مانده آنها در بافت های آبزیان پرورشی نیز مسأله ای جدی در بخش بهداشت و استانداردهای غذایی باشد (Watts et al. 2017). این موضوع باعث شد تا برخی از کشورها مانند اتحادیه اروپا مصرف آنتی بیوتیک ها را در آبی پروری ممنوع کنند. در چنین شرایطی ضروری است تا محققان و پژوهشگران بررسی و مطالعه بر روی ترکیبات جدید و اثرگذار برافزایش رشد، کاهش مرگ و میر و بهبود ایمنی آبزیان را در اولویت قرار دهند. استفاده از روش های دقیق علمی و اثرگذار برای بهبود و افزایش تولید در واحد سطح و استفاده از ترکیباتی که باعث افزایش رشد، بهبود ایمنی و کاهش تلفات شود، یکی از راهکارهای افزایش تولید در صنعت آبی پروری است. در این راستا افزودنی های غذایی متنوعی همچون پروبیوتیک، پری بیوتیک، نوکلئوتیدها، عصاره های گیاهی، اسیدهای چرب و غیره را می توان جایگزین مصرف آنتی بیوتیک در آبی پروری کرد (Sasmitha Ritonga et al. 2026). این ترکیبات یا به صورت مستقیم با تقویت دستگاه ایمنی ذاتی و یا از طریق بهبود جمعیت میکروبی دستگاه گوارش قادرند مقاومت آبزیان را در برابر بیماری ها افزایش داده و باعث تقویت دستگاه ایمنی و افزایش رشد شوند (Kuhlwein et al. 2014; Sutthi et al. 2025).

مخمّر *Saccharomyces cerevisiae* یکی از پروبیوتیک های مورد مصرف در صنعت آبی پروری است

ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) نیز استفاده از یک محصول تخمیری تجارتي دیگر به نام Diamond V Original XPC مقاومت به بیماری کولومناریس (*Flavobacterium columnare*) را افزایش داد و میزان مرگ و میر به شدت کاهش یافت (Mohammed et al. 2018). استفاده از محصولات تخمیری مخمر ساکارومیسس سرویسیه بر شاخص‌های رشد و ایمنی بدن آبزیان نیز تأثیر قابل توجهی دارد. این ترکیبات به خاطر داشتن پپتیدها و اسیدهای آمینه مختلف، مواد معدنی و ویتامین‌های گوناگون سلامت دستگاه گوارش و هضم و جذب غذا را افزایش می‌دهند. افزایش جذب غذا، افزایش درازای پرزهای روده و اصلاح میکروبیوم روده ساز و کار افزایش جذب غذا و افزایش رشد است (He et al. 2009; Zhang et al. 2019; Cacot et al. 2024). مطالعه Abu elala و همکاران (۲۰۲۰) نشان می‌دهد که افزودن محصولات تخمیری حاصل از مخمر ساکارومیسس سرویسیه (۰/۲-۰/۴٪) در جیره غذایی ماهی تیلاپای نیل ضمن افزایش شاخص‌های رشد و ایمنی، بیان ژن سایتوکین‌های التهابی همچون $TNF - \alpha$ را نیز افزایش داده است. De Vera and Ramos (۲۰۱۷) نشان دادند که افزودن مکمل مخمر نانویی ساکارومیسس سرویسیه با مقادیر مختلف (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ گرم به ازای هر کیلوگرم خوراک) در جیره ماهی سی‌باس آسیایی، میزان مرگ و میر این ماهی در مواجهه با بیماری آئروموناس سالمونیسیدا را کاهش می‌دهد. در این مطالعه پایین‌ترین مرگ و میر (۸/۳۳٪) مربوط به تیمار با مقادیر ۴۰ و ۵۰ گرم در هر کیلوگرم ساکارومیسس سرویسیه ثبت شد. این در حالی بود که مقادیر کمتر از ۴۰ گرم در کیلوگرم بالاترین درصد مرگ و میر را نشان دادند. جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا و همچنین کاهش تنش در آبزیان از دیگر خصوصیات تأثیرگذار محصولات تخمیری حاصل از مخمر ساکارومیسس سرویسیه است (Marinho de Mello et al. 2020; Carballo et al. 2019). این گروه از ترکیبات جدیدترین محصول حاصل از پروبیوتیک‌هاست که تحقیقات کمتری نیز بر روی آنها انجام شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه‌ای بر روی تأثیر محصولات تخمیری حاصل از مخمر ساکارومیسس سرویسیه بر روی ماهی سی‌باس آسیایی

که به صورت زنده و یا با استخراج محصولات متابولیتی آن در تغذیه آبزیان قابل استفاده است (Abu-Elala et al. 2020). محصولات تخمیری استخراج شده از مخمر *S. cerevisiae* مجموعه‌ای از متابولیت‌های حاصل از کشت هوازی و بی‌هوازی این گونه به همراه دیواره یاخته‌ای آنهاست که پس از آسیاب کردن و فرآیند خشک کردن به صورت آرد در می‌آید (Zhang et al. 2019). متابولیت‌های نهایی فرایند کشت حاوی محرک‌های ایمنی همچون بتا گلوکان، مانان الیگوساکارید، کیتین و ترکیبات مغذی شامل پپتیدها، ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و غیره است (Huang et al. 2015). ترکیب شیمیایی محصولات تخمیر حاصل از ساکارومیسس سرویسیه بستگی به گونه، محیط کشت مخمر، شرایط رشد و فرآیندهای تخمیر دارد و به عنوان یک ماده اولیه عملگر در تغذیه آبزیان قابل استفاده است (Cacot et al. 2024).

در دیواره یاخته‌ای مخمرها، قارچ‌ها، غلات و جلبک‌ها پلی‌ساکارید شناخته شده‌ای با نام بتاگلوکان وجود دارد که اثرات ایمنی بخشی قوی در جانداران ایجاد می‌کند (Mahdy et al. 2022). برای مثال، بررسی‌ها نشان می‌دهد که بتا گلوکان‌ها موجود در محصولات تخمیری نقش یک گیرنده شناسایی الگو (Pattern Recognition Receptors) برای یاخته‌های ایمنی ذاتی داشته و به تشخیص عوامل بیماری‌زای میکروبی در بدن میزبان و افزایش مقاومت به بیماری کمک می‌کند (Pogue et al. 2021). در همین راستا، مطالعات انجام شده بر روی میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) نشان داد که استفاده از درصدهای مختلف محصولات تخمیری ساکارومیسس سرویسیه مقاومت به بیماری ویبریو (*Vibrio harveyi*) را در این گونه به طور معنی‌دار افزایش داده است (Burgents et al. 2004). در مطالعات دیگر بر روی ماهی تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) استفاده از مخمر نانویی و همچنین یک محصول تخمیری تجارتي ساکارومیسس سرویسیه (DVAqua) به ترتیب مقاومت به باکتریایی *Aeromonas hydrophila* و به‌طور معنی‌دار *Flavobacterium oreochromis* را بهبود بخشید (Abdel-Tawwab et al. 2008; Padeniya et al. 2025). در مطالعه بر روی گربه

انجام نشده است. لذا هدف از این مطالعه بررسی اثرات این ترکیب بر شاخص های رشد، بازماندگی و برخی شاخص های خونی و ایمنی ماهی سی باس آسیایی است.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در سالن آبزیان پژوهشکده تحقیقاتی دانشگاه خلیج فارس (بوشهر) انجام شد. ماهی های مورد استفاده در این پژوهش از شرکت خصوصی پرورش ماهی سی باس آسیایی راموز (استان بوشهر) تهیه و به پژوهشکده خلیج فارس منتقل شد. برای اجرای آزمایش از مخازن فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری و برای آگیری مخازن از آب دریای فیلتر شده تا پایان دوره استفاده شد. پس از شستشو و ضدعفونی کردن مخازن با محلول هیپوکلریت سدیم و شستشوی مجدد، ماهی های سی باس آسیایی پس از زیست سنجی به مخازن ۳۰۰ لیتری منتقل و به مدت ۲ هفته برای سازگاری با شرایط پرورش تغذیه شدند. در طی دوره پرورش (۸ هفته) به صورت روزانه دمای آب، شوری، pH (WTW مدل B3223/set) و اکسیژن محلول آب (WTW Oxi320/set مدل) اندازه گیری شد. در این آزمایش میانگین دمای آب °C ۲۸، میانگین

شوری آب ppt ۴۰، اسیدیته آب ۸/۰۹، میزان اکسیژن محلول ۷/۶ میلی گرم در لیتر و دوره نوری آزمایش نیز ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. تراکم ماهی در مخازن آزمایشی ۲۰ عدد و میانگین وزن اولیه ماهی های سی باس آسیایی $9/08 \pm 0/41$ گرم بود.

در این مطالعه از طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار استفاده شد. غذای تجارتي مورد استفاده در این طرح از شرکت بیضا (جدول ۱) و افزودنی غذایی محصولات تخمیری مخمر ساکارومیسس سرویسبه از شرکت سنا دام تهیه شد. میزان بتاگلوکان در این محصول تجارتي حداقل ۳۰٪ است (Tipsemongkol et al. 2009). مخمر ساکارومیسس سرویسبه به میزان صفر (شاهد)، ۵/۰٪ (FP₁)، ۱۰٪ (FP₂) و ۲۰٪ (FP₃) به جیره غذایی پایه اضافه شد. برای این کار غذای تجارتي آسیاب و مخمر تجارتي ساکارومیسس سرویسبه به جیره ها اضافه شد. سپس با افزودن آب (۲۰-۱۰٪) جیره غذایی به شکل خمیر در آمد و به کمک چرخ گوشت رشته های پلت غذایی تهیه شد. در نهایت، این پلت ها در آون در دمای °C ۴۰ خشک و سپس برای تغذیه ماهی ها استفاده شد.

جدول ۱ تجزیه تقریبی خوراک پایه در جیره های آزمایشی (شرکت بیضا)

Table 1 Proximate composition of the basal diet in this experimental diet (Beyza Co., Iran)

Proximate composition	
Crude Protein (%)	50 ± 3
Crude Lipid (%)	15 ± 0.8
Crude Fibre (%)	1.5 ± 0.2
Crude Ash (%)	12 ± 1.1
Moisture (%)	8 ± 1.6
Total phosphorus (mg/L)	1.8 ± 0.25
Gross Energy (kj/g)	20 ± 2

غذادهی به ماهیان تا حد سیری و در دو نوبت (ساعت ۱۰:۰۰ و ۱۶:۰۰) به صورت دستی انجام شد. غذادهی در طی دوره به نحوی انجام شد تا غذای ریخته شده کاملاً توسط ماهی ها مصرف شود. سیفون کردن مخازن نیز روزانه انجام شد و میزان تعویض آب در مخازن به میزان حداقل ۳۰٪ بود.

در پایان آزمایش ماهیان موجود در همه مخازن آزمایشی با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم و خطکش با دقت ۰/۱ سانتی متر زیست سنجی شدند و شاخص های رشد و تغذیه طبق فرمول های زیر تعیین شد (Hassaan et al. 2019):

وزن نهایی (g) (FWG) = میانگین وزن اولیه (g) - میانگین وزن ثانویه (g)
 درازای نهایی (cm) (FLG) = میانگین درازای اولیه (cm) - میانگین درازای ثانویه (cm)

درصد افزایش وزن (WG) = $100 \times$ طی مدت پرورش / (میانگین وزن اولیه (g) - میانگین وزن ثانویه (g))

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = افزایش وزن بدن (g) / (میزان غذای خورده شده (g))

نرخ کارایی پروتئین (PER) = $100 \times$ پروتئین مصرفی (g) / افزایش وزن ماهی (g)

درصد بقا = (تعداد ماهی نهایی / تعداد ماهی اولیه) $\times 100$

نرخ رشد ویژه (SGR) = $100 \times ((g) \text{ وزن اولیه بدن } - (g) \text{ وزن نهایی بدن } \ln) / \ln$

با استفاده از میکروسکوپ نوری بزرگنمایی ۱۰۰ انجام شد. پروتئین کل، ایمونوگلوبولین، آلبومین و گلوکز نیز با کیت های آزمایشگاهی پارس آزمون مطابق با دستورالعمل مربوط به هر کیت به روش فتومتریک اندازه گیری شد.

اندازه گیری لایزوزیم بر مبنای تجزیه شدن باکتری گرم مثبت (*Micrococcus lysodeilcticus*) حساس به لایزوزیم اندازه گیری شد (Esteban et al. 2001). به طور خلاصه ۲۵ میکرولیتر از نمونه سرم و ۱۷۵ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری به کووت اضافه شدند و اجازه داده شد تا این واکنش به مدت یک ساعت در دمای اتاق ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شود. آنگاه جذب نوری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در صفر و سه دقیقه و در طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت شد.

سنجش داده ها از طریق نرم افزار SPSS ver21 ارزیابی شد. نرمال بودن داده ها توسط آزمون Kolmogorov-Smirnov انجام شد. برای آزمون میانگین داده ها از آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) استفاده شد و اختلاف بین میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن بررسی شد. سطح معنی دار بودن در تمامی بررسی ها، ۰/۰۵ در نظر گرفته و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسیه بر عملکرد رشد و تغذیه ماهی سی باس آسیایی در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد سطوح مختلف محصولات تخمیری مخمر ساکارومیسس سرویسیه می تواند تأثیر معنی داری بر شاخص های رشد ماهی سی باس آسیایی داشته باشد. میانگین وزن و درازای نهایی ماهی ها در تیمارهای تغذیه شده با مخمر ساکارومیسس سرویسیه به صورت معنی دار بالاتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$). بالاترین میزان

برای سنجش فراسنجه های خونی و ایمنی در ماهی ها در انتهای روز ۵۶ پرورش پس از قطع غذا به مدت ۲۴ ساعت ابتدا ماهی ها با پودر گل میخک (۱۵۰ میلی گرم در لیتر) بیهوش شدند. سپس، به صورت تصادفی ۳ عدد ماهی از هر تیمار انتخاب و با سرنگ، خون گیری از ناحیه باله دمی آنها انجام شد. نمونه های خون پس از جمع آوری در لوله های اپندورف فاقد ماده ضد انعقاد خون، به مدت ۲ ساعت در یخچال نگهداری و سپس با استفاده از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی گراد)، نمونه های سرم جدا شد. سرم جدا شده تا قبل از انجام آزمایش های ایمنی در دمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. برای شمارش افتراقی گلبول های خونی نیز پس از اضافه کردن محلول ضد انعقاد به نمونه های خونی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. در این آزمایش شاخص های خونی و سرمی در آزمایشگاه ویرومد رشت اندازه گیری شد.

برای شمارش گلبول های سفید (WBC) و قرمز (RBC) از پپیت های حبابدار (ملانژور) استفاده شد. تعداد گلبول های سفید با استفاده از لام نئوبار بعد از رقیق سازی خون با محلول ریس شمارش شد. هموگلوبین به وسیله کیت مخصوص شرکت پارس آزمون اندازه گیری شد. مقدار ۲۰ میکرولیتر خون با ۵۰ میلی لیتر محلول درابکین مخلوط شد و ۱۰-۵ دقیقه در محیط تاریک قرار گرفت (Cyanmethemoglobin) و سپس در طول موج ۵۴۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب اندازه گیری شد. درصد هماتوکریت با سانتریفیوژ میکروهماتوکریت اندازه گیری شد. ابتدا دو سوم لوله هماتوکریت از خون تازه پر و سر دیگر لوله با خمیر مخصوص بسته شد. لوله های هماتوکریت درون دستگاه سانتریفیوژ میکروهماتوکریت قرار گرفت و پس از ۳ دقیقه با ۱۳۰۰ دور در دقیقه، درصد هماتوکریت به وسیله صفحه مدرج مخصوص قرائت شد. شمارش افتراقی گلبول های سفید توسط تهیه گسترش خونی بر روی یک لام و رنگ آمیزی با گیمسا و

میانگین وزن نهایی با $28/7 \pm 0/26$ گرم و درازای نهایی با $13/88 \pm 0/27$ سانتی متر در تیمار FP₃ مشاهده شد. این درحالی بود که کمترین میزان این شاخص ها در گروه شاهد به ترتیب با $19/88 \pm 0/23$ گرم و $11/95 \pm 0/05$ سانتی متر ثبت شد. بین تیمارهای آزمایشی FP₂ و FP₃ هم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در تیمارهای با افزودنی مخمر ساکارومیسس سرویسبه شاخص ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بالاتر از تیمار شاهد بود، اما اختلاف معنی داری بین سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس

سرویسبه مشاهده نشد ($P > 0/05$). سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسبه شاخص کارایی پروتئین را در تیمارهای آزمایشی افزایش داد و بالاترین میزان کارایی پروتئین $3/21 \pm 0/04$ در تیمار FP₃ بود ($P < 0/05$). این در حالی بود که تیمارهای FP₁ و FP₂ اختلاف معنی دار نداشتند ($P > 0/05$) و کمترین میزان کارایی پروتئین با $1/52 \pm 0/04$ در گروه شاهد مشاهده شد. میزان بازماندگی بین تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی دار نشان نداد ($P > 0/05$).

جدول ۲ عملکرد رشد و شاخص های تغذیه ای ماهی سی باس آسیایی تغذیه شده با سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسبه طی ۸ هفته

Table 2 Growth and feeding performance of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fed with different levels of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation for 8 weeks (mean $\pm$ SEM)

Growth parameters	Treatments			
	Control	FP ₁	FP ₂	FP ₃
Initial weight (g)	9.08 $\pm$ 0.41	9.24 $\pm$ 0.31	8.92 $\pm$ 0.21	9.56 $\pm$ 0.47
Final weight (g)	19.88 $\pm$ 0.23 ^a	25.44 $\pm$ 0.63 ^b	26.08 $\pm$ 1.31 ^b	28.07 $\pm$ 0.26 ^b
Initial length (cm)	7.08 $\pm$ 0.41	7.04 $\pm$ 0.41	7.05 $\pm$ 0.41	7.08 $\pm$ 0.41
Final length (cm)	11.95 $\pm$ 0.05 ^a	12.55 $\pm$ 0.14 ^{ab}	13.32 $\pm$ 0.57 ^{ab}	13.88 $\pm$ 0.27 ^b
WG (%)	119.66 $\pm$ 9.2 ^a	175.43 $\pm$ 16.61 ^b	192.01 $\pm$ 9.89 ^b	195.27 $\pm$ 6.84 ^b
FCR	1.42 $\pm$ 0.07 ^b	1.09 $\pm$ 0.17 ^a	1.05 $\pm$ 0.09 ^a	1 $\pm$ 0.10 ^a
SGR (%/day)	1.39 $\pm$ 0.07 ^a	1.80 $\pm$ 0.04 ^b	1.90 $\pm$ 0.06 ^b	1.92 $\pm$ 0.09 ^b
PER (%)	1.52 $\pm$ 0.01 ^a	2.74 $\pm$ 0.06 ^b	2.54 $\pm$ 0.09 ^b	3.21 $\pm$ 0.04 ^c
Survival (%)	100	100	100	100

Different subscripts in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$).

نتایج حاصل از بررسی سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسبه بر شاخص های خونی ماهی سی باس آسیایی در جدول ۳ نشان داده شده است. در مقایسه با شاهد سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسبه باعث افزایش تعداد گلبول های قرمز، گلبول های سفید، هماتوکریت و هموگلوبولین در ماهی سی باس آسیایی شد و بالاترین تعداد گلبول سفید با $7/56 \pm 3/71$ در تیمار FP₃ ثبت شد. این در حالی بود که بین تیمارهای تغذیه ای اختلاف معنی دار مشاهده نشد

($P > 0/05$). از نظر شاخص های لنفوسیت، مونوسیت و ائوزینوفیل اختلاف معنی دار بین تیمارهای تغذیه ای مشاهده نشد ($P > 0/05$). اما بالاترین تعداد نوتروفیل ها در تیمار FP₃ با $1/20 \pm 22/66\%$ ثبت شد که با گروه شاهد ($0/66 \pm 18/66\%$) اختلاف معنی دار داشت ($P < 0/05$). با وجود این اختلاف معنی داری بین گروه شاهد و تیمارهای FP₁ و FP₂ مشاهده نشد ($P > 0/05$).

جدول ۳ شاخص های خونی ماهی سی باس آسیایی تغذیه شده با سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسیه طی ۸ هفته

Table 3 Hematological factors of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fed with different levels of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation for 8 weeks (mean $\pm$ SEM)

Hematological factors	Treatments			
	Control	FP ₁	FP ₂	FP ₃
RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)	2.20 $\pm$ 2.88	2.24 $\pm$ 3.32	2.29 $\pm$ 7.21	2.21 $\pm$ 2.08
WBC ($\times 10^3/\text{mm}^3$)	5.90 $\pm$ 3.46	6.70 $\pm$ 9.01	7.46 $\pm$ 1.76	7.56 $\pm$ 3.71
HB (g/dL)	6.16 $\pm$ 0.14	6.36 $\pm$ 0.17	6.40 $\pm$ 0.25	6.20 $\pm$ 0.05
HCT (%)	37.00 $\pm$ 1.15	38.33 $\pm$ 0.88	39.00 $\pm$ 1.52	37.00 $\pm$ 0.57
Lymphocyte (%)	75.66 $\pm$ 1.22	75.33 $\pm$ 1.23	72.66 $\pm$ 0.88	72 $\pm$ 0.57
Neutrophil (%)	18.66 $\pm$ 0.66 ^a	20 $\pm$ 0.57 ^{ab}	22.33 $\pm$ 0.88 ^{ab}	22.66 $\pm$ 1.20 ^b
Monocyte (%)	4.66 $\pm$ 0.33	3.66 $\pm$ 0.33	4.33 $\pm$ 0.33	4.66 $\pm$ 0.88
Eosinophil (%)	1 $\pm$ 0.57	1 $\pm$ 0.57	0.66 $\pm$ 0.33	0.66 $\pm$ 0.33

Different subscripts in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$).

از نظر شاخص ایمونوگلوبولین تیمار FP₃ با ۰/۶۳ $\pm$ ۶۲/۳۳ اختلاف معنی دار با دیگر تیمارهای تغذیه ای داشت ($P < 0/05$). شاخص کل پروتئین در تیمار تغذیه شده با جیره FP₃ و FP₂ اختلاف معنی دار با تیمار FP₁ و تیمار شاهد نشان داد ($P < 0/05$). این در حالی بود که بالاترین میزان پروتئین کل سرم با ۰/۱۲ $\pm$ ۵/۱۳ در تیمار FP₃ ثبت شد. میزان پروتئین کل در تیمار شاهد نیز با ۰/۱۲ $\pm$ ۴/۲۶ کمترین مقدار را نشان داد. میزان آلبومین در تیمار FP₃ به طور معنی دار بالاتر از گروه شاهد بود ($P < 0/05$).

نتایج حاصل از بررسی سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسیه بر شاخص های ایمنی ماهی سی باس آسیایی در جدول ۴ نشان داده شده است. بالاترین میزان لایزوزیم در تیمار FP₃ مشاهده شد که اختلاف معنی داری با تیمار FP₁ و شاهد نشان داد ($P < 0/05$). این در حالی بود که بین تیمارهای FP₂ و FP₃ اختلاف معنی دار مشاهده نشد ($P > 0/05$). در این مطالعه کمترین میزان لایزوزیم با ۰/۷۴ u/mL/min $\pm$ ۳۵/۳۳ نیز در گروه شاهد ثبت شد.

جدول ۴ شاخص های ایمنی ماهی سی باس آسیایی تغذیه شده با سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسیه طی ۸ هفته

Table 4 Immunological parameters of Asian seabass (*Lates calcarifer*) fed with different levels of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation for 8 weeks (mean $\pm$ SEM)

Parameters	Treatments			
	Control	FP ₁	FP ₂	FP ₃
Lysozyme (u/mL/min)	35.33 $\pm$ 0.88 ^a	37 $\pm$ 1.52 ^{ab}	41.33 $\pm$ 0.88 ^{bc}	43.33 $\pm$ 0.66 ^c
Immunoglobulin (mg/dL)	51 $\pm$ 0.57 ^a	55 $\pm$ 1.15 ^b	58.33 $\pm$ 0.33 ^b	62.33 $\pm$ 0.88 ^c
Total protein (g/dL)	4.26 $\pm$ 0.12 ^a	4.63 $\pm$ 0.08 ^{ab}	5.06 $\pm$ 0.88 ^{bc}	5.13 $\pm$ 0.12 ^c
Albumin (g/dL)	1.44 $\pm$ 0.01 ^a	1.51 $\pm$ 0.03 ^{ab}	1.61 $\pm$ 0.01 ^{bc}	1.72 $\pm$ 0.01 ^c

Different subscripts in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$).

سرویسیه بر شاخص های رشد ماهی سی باس آسیایی نشان داد که افزودن مخمر ساکارومیسس سرویسیه به جیره غذایی ماهی می تواند باعث افزایش شاخص های رشد و تغذیه ماهی سی باس آسیایی شود. در مطالعه حاضر بالاترین میزان افزایش وزن نهایی و کارایی پروتئین در تیمار FP₃ ثبت شد. مشابه یافته های پژوهش حاضر

مخمر ساکارومیسس سرویسیه و محصولات تخمیری حاصل از آن یکی از افزودنی های مجاز و قابل استفاده در جیره غذایی آبزیان و دام ها است و مصرف آن در خوراک آبزیان اثرات تغذیه ای مفیدی دارد. در این مطالعه، نتایج تأثیر سطوح مختلف محصولات تخمیر ساکارومیسس

این ماهی افزایش معنی دار داشته است. در این مطالعه دلیل افزایش رشد به خاطر وجود ترکیبات زیست فعال همچون نوکلئوتیدها، مانان الیگوساکاریدها، اسیدهای آمینه در محصولات تخمیری ذکر شد که خوش طعمی و مصرف غذا را در ماهی افزایش می دهند.

در مغایرت با مطالعه حاضر، مطالعه He و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که استفاده از محصولات تخمیری مخمر ساکارومیسس سرویسبه (DVAqua from Diamond) با سطوح مختلف (۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۱، ۱ و ۲ گرم در کیلوگرم غذا) تأثیری بر شاخص های رشد ماهی تیلاپای هیبرید ($\text{Oreochromis niloticus} \times \text{O. aureus}$) ندارد. در این مطالعه، تنوع میکروبیوتای روده و شاخص های ایمنی تغییر معنی دار با شاهد نشان دادند. از طرف دیگر Ozorio و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی جایگزینی مخمر خشک شده از سه گونه مخمر *Candida Kluyveromyces marxianus* و *Saccharomyces cerevisiae utilis* به جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهی آزاد اطلس (*Salmo salar*) نشان دادند که استفاده از مخمر خشک شده ساکارومیسس سرویسبه (۴۶٪ پروتئین) باعث کاهش رشد و عملکرد شاخص های تغذیه ای این ماهی می شود و جایگزین مناسبی برای آرد ماهی معرفی نشد. هضم پذیری پایین برخی از این مخمرها و کمبود اسید آمینه متیونین از دلایل کارایی پایین مصرف این مخمر خشک شده اعلام شد. مطالعه Cacot و همکاران (۲۰۲۴) بر روی تأثیر درصد های مختلف (صفر، ۰/۱ و ۰/۴) یک محصول تخمیری تجارتي ساکارومیسس سرویسبه (DVAQUA) روی عملکرد رشد ماهی تیلاپای نیل و گربه ماهی کانالی در سامانه مدار بسته نیز نشان داد که محصولات تخمیری شاخص های رشد را در این گونه تغییر نداده اند. در مطالعه حاضر به نظر می رسد ترکیبات مغذی و متابولیت های موجود در محصولات تخمیری ساکارومیسس سرویسبه توانسته جذب غذا را افزایش داده و موجب بهبود شاخص های رشد شده است.

شاخص های خونی و درصد حجمی گلبول های قرمز در ماهی ها می تواند در ارزیابی شرایط سلامتی و تغذیه ماهی مؤثر باشد (Hoseinifar et al. 2011). در مطالعه حاضر سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسبه تأثیر معنی داری بر شاخص های خونی ماهی سی باس آسیایی

افزودن محصولات تخمیری مخمر ساکارومیسس سرویسبه (DVAqua from Diamond) به میزان ۰/۲۵ و ۰/۱۲۵ گرم در کیلوگرم جیره غذایی ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مرحله لاروی تا بازاری نشان داد که افزودن مخمر به جیره غذایی باعث افزایش شاخص های رشد و بازماندگی این ماهی می شود. دلیل افزایش رشد و بازماندگی لاروها در این مطالعه به غنی بودن این ترکیب از اسیدهای آمینه ضروری و غیر ضروری و متابولیت های ناشناخته اشاره شده است. این اسیدهای آمینه باعث افزایش خوش طعمی غذا و افزایش مصرف خوراک می شوند و در مجموع می توانند رشد را نیز بهبود بخشند (Barens et al. 2006). در مطالعه Rad و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماهی تیلاپای نیل افزودن مخمر نانوائی با غلظت های مختلف (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در کیلوگرم غذا) تأثیر معنی داری بر افزایش شاخص های رشد این ماهی نشان داد. ترکیبات پروبیوتیک از جمله مخمر می تواند میکروبیوتای دستگاه گوارش را تغییر داده و موجب استقرار باکتری های مفید و مؤثر در دستگاه گوارش شود و از این طریق جذب ترکیباتی مانند اسید آمینه، ویتامین، مواد معدنی و غیره را در آبزیان افزایش دهد. جذب این ترکیبات مغذی به نوبه خود عملکرد شاخص های رشد و تغذیه را در ماهی افزایش می دهد (Merrifield et al. 2010).

در مطالعه حاضر شاخص های رشد شامل نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و کارایی پروتئین ارتباط مستقیمی با میزان مخمر افزودنی داشت. شاخص های مذکور در تمامی جیره های غذایی حاوی مخمر افزایش معنی دار یافت که نشان از بهبود قابلیت هضم و جذب مواد مغذی است. بررسی ترکیبات مخمر ساکارومیسس سرویسبه در تغذیه ماهیان قزل آلائی رنگین کمان، سی باس آسیایی، توربوت (*Scophthalmus maximus*) و ماهی هامور (*Epinephelus malabaricus*) نیز نشان می دهد. این ترکیبات می توانند در بهبود ساختار و تکامل روده اثرگذار بوده و با تحریک دستگاه گوارش آبزیان در جذب مواد مغذی، عملکرد رشد را افزایش دهند (Peng et al. 2021; Yang et al. 2013). مطالعه Sutthi و همکاران (۲۰۲۵) بر روی تأثیر محصولات تخمیری در ماهی تیلاپای نیل نشان می دهد که شاخص های رشد در

(Mohammadian et al. 2019). به طور کلی، به نظر می‌رسد مخمر ساکارومیسس سرویسیه می‌تواند در تحریک خون‌سازی ماهی سی‌باس اثر داشته باشد. شاخص‌های ایمنی ماهی سی‌باس آسیایی در این مطالعه افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. این نتایج با مطالعه Sutthi و همکاران (۲۰۲۵) بر روی ماهی تیلاپای نیل و Rufchaie و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. لایزوزیم، عامل کمپلمان و ایمونوگلوبولین ترکیبات بسیار مهمی در ایمنی ذاتی ماهیان به شمار می‌روند (Vallejos-Vidal et al. 2016). لایزوزیم یکی از آنزیم‌های ضد باکتریایی مؤثر در دستگاه ایمنی آبزیان است. غلظت لایزوزیم به تراکم لوکوسیت‌ها بستگی دارد و منشاء آن از نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها، ماکروفاژها و گرانولوسیت‌هایی است که باعث افزایش میزان لایزوزیم خون می‌شود (Tukmechi et al. 2011). در مطالعه حاضر، سطح نوتروفیل‌ها در جیره‌های غذایی حاوی مخمر به صورت معنی‌دار بیش از گروه شاهد بود. لذا در این مطالعه افزایش نوتروفیل در خون می‌تواند عامل افزایش سطح لایزوزیم ماهی سی‌باس آسیایی باشد. وجود ترکیباتی مانند بتاگلوکان، مانان‌الیگوساکارید در محصولات تخمیری می‌تواند دستگاه ایمنی ذاتی ماهی را تقویت و باعث افزایش سطح پروتئین‌های مؤثر در ایمنی شود. بتاگلوکان‌ها با اتصال به پروتئین‌های شناساگر میکروبی تشخیص و تحریک ایمنی در آبزیان را تسهیل می‌کنند (Hansen et al. 2021). در این مطالعه، افزایش سطح لایزوزیم و ایمونوگلوبولین در ماهیان تغذیه شده با مخمر ساکارومیسس سرویسیه نیز ممکن است ناشی از این عملکرد باشد. برخلاف مطالعه حاضر، Ortuno و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که استفاده از درصد‌های پایین مخمر ساکارومیسس سرویسیه (۱، ۵ و ۱۰ گرم در کیلوگرم جیره) تأثیر معنی‌دار بیشتری روی شاخص‌های یاخته‌ای ایمنی ذاتی این ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) دارد، اما شاخص‌های ایمنی هومورال مانند میزان لایزوزیم و عامل کمپلمان در این مطالعه تغییر نیافت. دلیل عدم افزایش شاخص‌های ایمنی هومورال به روش استفاده خوراکی در این تحقیق ربط داده شده است. همین‌طور Lin و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که استفاده از مخمر ساکارومیسس سرویسیه تأثیر معنی‌داری بر سطح شاخص لایزوزیم نداشت، اما

نداشت، اما این در حالی بود که تعداد گلبول‌های سفید و قرمز و هماتوکریت در تیمارهای حاوی مخمر بالاتر از شاهد بود. البته اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. این نتایج با مطالعات Abu-Elala و همکاران (۲۰۱۶) و Heidarieh و همکاران (۲۰۱۳) بر روی تأثیر مخمر نانویی در آبزیان مختلف مطابقت دارد. این در حالی است که مطالعه Valkonen و همکاران (۲۰۲۰) بر روی ماهی سی‌باس آسیایی، Dawood و همکاران (۲۰۲۰) بر روی ماهی تیلاپای نیل، Tukmechi و همکاران (۲۰۱۰) بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و Mohammad و همکاران (۲۰۱۸) در گربه ماهی هیبرید (*Ictalurus furcatus* × *I. punctatus*) نشان داد که سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویسیه ممکن است تأثیر معنی‌داری بر افزایش شاخص‌های خونی داشته باشد. دلیل این مغایرت ممکن است به گونه ماهی، نوع مخمر، شرایط تحقیق، غلظت مخمر و طی مدت استفاده بستگی داشته باشد. گلبول‌های سفید خون اولین خط دفاعی بدن آبزیان بوده و مقاومت ماهی را در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها افزایش می‌دهند (Mohammadian et al. 2019). پروبیوتیک‌ها از جمله مخمرها با تأثیر بر این شاخص می‌توانند تعداد آن را در آبزیان افزایش دهند (Merrifield et al. 2010). در این مطالعه شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون نشان داد که در جیره‌های تغذیه شده با مخمر درصد نوتروفیل افزایش معنی‌دار یافته است. این گروه از گلبول‌های سفید نقش مهمی در عملکرد فاگوسیتوز داشته و وضعیت ایمنی را تقویت می‌کنند. نتایج به دست آمده در مطالعه Abd El-Naby و همکاران (۲۰۲۴) بر روی تأثیر مخمر ساکارومیسس سرویسیه تجارتي Hilyses در ماهی تیلاپای نیل نیز نشان می‌دهد که سطوح لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها و نوتروفیل افزایش معنی‌دار نسبت به شاهد دارد که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در این مطالعه، تعداد گلبول‌های سفید در جیره‌های تغذیه شده با مخمر بالاتر از تیمار شاهد است. مخمرهای غنی از ترکیبات مغذی ویتامین‌های گروه B بوده و می‌توانند در افزایش تعداد یاخته‌های خونی نقش داشته باشند. آنها قدرت تحریک ترشح ترکیبات دخیل در ایمنی مانند سائتوکین‌ها را نیز دارند و از این طریق قادر به افزایش تعداد گلبول‌های سفید بدن نیز هستند

سی باس آسیایی را افزایش داده و از این طریق، مقاومت ماهی را در برابر تنش و بیماری بهبود بخشد. در این راستا، بررسی تکمیلی بر روی تأثیر افزودن این ترکیب به جیره غذایی در زمان مواجهه با بیماری های شایع در ماهی سی باس آسیایی قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از دانشگاه خلیج فارس و کارکنان ایستگاه تحقیقاتی دریایی پژوهشکده خلیج فارس برای همکاری در اجرای این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

- Abdel-Daim, M.M., Eissa, I.A.M., Abdeen, A., Abdel-Latif, H.M.R., Ismail, M., Dawood, M.A.O., Hassan, A.M. 2019. Lycopene and resveratrol ameliorate zinc oxide nanoparticles-induced oxidative stress in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Environmental Toxicology and Pharmacology 69: 44-50. DOI: 10.1016/j.etap.2019.03.016
- Abdel-Naby, A.S., El Asely, A.M., Hussein, M.N., Khattaby, A.E.R.A., Sabry, E.A., Abdelsalam, M., Samir, F. 2024. Effects of dietary fermented *Saccharomyces cerevisiae* extract (Hilyses) supplementation on growth, hematology, immunity, antioxidants, and intestinal health in Nile tilapia. Scientific Reports 14: 1-14. DOI: 10.1038/s41598-024-62589-9
- Abdel-Tawwab, M., Abdel-Rahman, A.M., Ismael Nahla., E.M. 2008. Evaluation of commercial live bakers' yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*, Aquaculture 280: 185-188. DOI: 10.1111/J.1749-7345.2010.00361.X
- Abu-Elala, N.M., Younis, N.A., AbuBakr, H.O., Ragaa, N.M., Borges, L.L., Bonato, M.A. 2020. Influence of dietary fermented *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, oxidative stress parameters, and immune response of cultured *Oreochromis niloticus*. Fish Physiology and Biochemistry 46: 533-545. DOI: 10.1007/s10695-019-00711-9
- Allen, G.R., Midgley, S.H., Allen, M. 2002. Field guide to the freshwater fishes of Australia. Western Australian Museum, Perth, Western Australia, 394 p.
- Barnes, M.E., Durben, D.J., Reeves, S.G., Sanders, R. 2006. Dietary yeast culture supplementation improves initial rearing of McConaughy strain rainbow trout. Aquaculture Nutrition 12: 388-394. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2006.00439.x
- Burgents, J.E., Burnett, K.G., Burnett, L.E. 2004. Disease resistance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, following the dietary administration of a yeast culture food supplement. Aquaculture 231: 1-8. DOI: 10.1016/j.aquaculture.
- et al. 2018. افزایش پروتئین و گلوبولین سرم نیز از شاخص های تقویت کننده و مؤثر در تقویت دستگاه ایمنی آبزیان هستند (Abdel-Daim et al. 2019). در این مطالعه، سطح این شاخص ها افزایش معنی دار نسبت به شاهد داشته است. براساس نتایج این مطالعه می توان گفت که افزودنی محصولات تخمیری ساکارومیسس سرویسبه می تواند سطح شاخص های ایمنی سرم ماهی

- Cacot, G., Davis, D.A., LaFrentz, B.R., Liles, M.R., Butts, I.A.E., Shoemaker, C. A., Beck, B.H., Farmer, M., Bruce, T.J. 2024. Assessment of dietary yeast-based additives for cultured catfish and tilapia health. *Journal of Fish Diseases* 47: e14008. DOI: 10.1111/jfd.14008
- Carballo, C., Mateus A.P., Maya, C., Mantecón, L., Power, D.M., Manchado, M. 2020. Microalgal extracts induce larval programming and modify growth and the immune response to bioactive treatments and LCDV in *Senegalese sole* post-larvae. *Fish and Shellfish Immunology* 106: 263-272. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.07.020.
- Dawood, M.A., Eweedah, N.M., Khalafalla, M.M., Khalid, A., El Asely, A., Fadl, S. E., Ahmed, H.A. 2020. *Saccharomyces cerevisiae* increases the acceptability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to date palm seed meal. *Aquaculture Reports* 17: 100314. DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100314.
- De Vera, M.A., Ramos, G.M. 2017. Baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as immunostimulant for Asian sea bass (*Lates calcarifer*, BLOCH 1790). 7th International Conference on Aquaculture & Fisheries. October 19-21, Rome, Italy.
- Esteban, M.A., Cuesta, A., Ortuño, J., Meseguer, J. 2001. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Fish and Shellfish Immunology* 11: 303-331. DOI: 10.1006/fsim.2000.0315
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action; FAO: Rome, Italy, 2-36.
- Hassaan, M.S., ElSayed, A.I.M., Soltan, M.A., Iraqi, M.M., Goda, A.M., Davies, S.J., ElHaroun, E.R., Ramadan, H.A. 2019. Partial dietary fish meal replacement with cottonseed meal and supplementation with exogenous protease alters growth, feed performance, haematological indices and associated gene expression markers (GH, IGFI) for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 503: 282-292. DOI: 10.1016/j.aquaculture.
- Hansen, J.Ø., Lagos, L., Lei, P., Revenco-Urzu, F.E., Morales-Lange, B., Hansen, L.D. 2021. Down-stream processing of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*): Effect on nutrient digestibility and immune response in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 530: 1-10. DOI: 10.1016/j.aquaculture.
- He, S.X., Zhou, Z.G., Liu, Y.C., Shi, P.J., Yao, B., Ringø, E., Yoon, I. 2009. Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* female × *O. aureus* male) cultured in cages. *Aquaculture* 294: 99-107. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.04.043
- Heidarieh, M., Mirvaghefi, A.R., Akbari, M., Sheikhzadeh, N. 2012. Evaluations of Hilyses™, fermented *Saccharomyces cerevisiae*, on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance, enzymatic activities and gastrointestinal structure. *Aquaculture Nutrition*, 19: 343-348. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2012.00973. x
- Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Merrifield, D.L. 2011. The effects of dietary inactive brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Huso huso*). *Aquaculture* 318: 90-94. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.043
- Kandan, S. 2009. Commercialization of Asian seabass, *Lates calcarifer* as a candidate species for cage culture in India. In: Course manual: National training on cage culture of seabass. CMFRI & NFDB, kochi. 13-16.

- Kuhlwein, H., Merrifield, D.L., Rawling, M.D., Foey, A.D., Davies, S.J. 2014. Effects of dietary β -(1,3)(1,6)-D-glucan supplementation on growth performance, intestinal morphology and haemato-immunological profile of mirror carp (*Cyprinus carpio* L). Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 98: 279-289. DOI: 10.1111/jpn.12078.
- Lin, H.L., Shiu, Y.L., Chiu, C.S., Huang, S.L., Liu, C.H. 2017. Screening probiotic candidates for a mixture of probiotics to enhance the growth performance, immunity, and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch), against *Aeromonas hydrophila*. Fish and Shellfish Immunology 60: 474-482. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.11.026.
- Mahdy, M.A., Jamal, M.T., Al-Harb, M., Al-Mur, B.A., Haque, M.F. 2022. Use of yeasts in aquaculture nutrition and immunostimulation: A review. Journal of Applied Biology and Biotechnology 10: 59-65. DOI: 10.7324/JABB.
- Mozanzadeh, M.T., Safari, O., Oosooli, R., Mehrjooyan, S., Najafabadi, M.Z., Hoseini, S.J., Saghabi, H., Monem, J. 2021. The effect of salinity on growth performance, digestive and antioxidant enzymes, humoral immunity and stress indices in two euryhaline fish species: Yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*) and Asian seabass (*Lates calcarifer*). Aquaculture 534: 736329. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736329
- Marinho de Mello, M.M., de Fátima Pereira de Faria, C., Zanuzzo, F.S., Urbinati, E.C. 2019. β -glucan modulates cortisol levels in stressed pacu (*Piaractus mesopotamicus*) inoculated with heat-killed *Aeromonas hydrophila*. Fish and Shellfish Immunology 93: 1076-1083. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.07.068
- Merrifield, D.L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S.J. Baker, R.T.M. 2010. The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. Aquaculture 302: 1-18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2010.02.007
- Mohammadian, T., Mosavi, M., Alishahi, M., Khosravi, M. 2019. Effects of dietary β -1,3-glucan and host gut-derived probiotic bacteria on hematological and immunological indices and gut microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Journal of Veterinary Science and Technology 11: 45-58. DOI: 10.22067/veterinary.V11i2.80505
- Mohammed, H.H., Brown, T.L., Beck, B.H., Yildirim-Aksoy, M., Eljack, R.M., Peatman, E. 2018. The effects of dietary inclusion of a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in a commercial catfish ration on growth, immune readiness, and Columnaris disease susceptibility. Journal of Applied Aquaculture 31: 193-209. DOI: 10.1080/10454438.2018.1499576
- Ortuño, J., Cuesta, A., Rodríguez, A., Esteban, M.A., Meseguer, J. 2002. Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Veterinary Immunology and Immunopathology 85: 41-50. DOI: 10.1016/s0165-2427(01)00406-8
- Ozorio, R.O.A., Turini, B.G.S., Moro, G.V., Oliveira, L.S.T., Portz, L., Cyrino, J.E.P. 2010. Growth, nitrogen gain and indispensable amino acid retention of pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) fed different brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) levels. Aquaculture Nutrition 16: 276-283. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2009.00662.x
- Paterson, B.D., Rimmer, M.A., Meikle, G.M., Semmens, G.L. 2003. Physiological responses of the Asian sea bass, *Lates calcarifer* to water quality deterioration during simulated live transport: acidosis, red-cell swelling, and levels of ions and ammonia in the plasma. Aquaculture

- 218: 717-728. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00564-1
- Padeniya, U.M., Davis, D.A., Wells, D.E., Harrison, C.E., LaFrentz, B.R., Beck, B.H., Roy, L.A., Farmer, M., Bruce, T.J. 2025. Influence of dietary fermented yeast products (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, health and microbiome of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the influence of discharge water in the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa*). Animal Feed Science and Technology 32: DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116348.
- Peng, M., Xu, W., Ai, Q., Mai, K., Liufu, Z., Zhang, K. 2013. Effects of nucleotide supplementation on growth, immune responses and intestinal morphology in juvenile turbot fed diets with graded levels of soybean meal (*Scophthalmus maximus* L.). Aquaculture 392: 51-58. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.02.002
- Pogue, R., Murphy, E.J., Fehrenbach, G. W., Rezoagli, E., Rowan, N.J. 2021. Exploiting immunomodulatory properties of β -glucans derived from natural products for improving health and sustainability in aquaculture-farmed organisms: Concise review of existing knowledge, innovation and future opportunities. Current Opinion in Environmental Science & Health 21: 100248. DOI: 10.1016/j.coesh.2021.100248.
- Rad, A., Zakeri, M., Yavari, V., Mosavi, S.M. 2013. Effect of different levels of dietary supplementation of *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, feed utilization and body biochemical composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. World Journal of Fish and Marine Sciences 5: 88-95.
- Ringo, E., Olsen, R.E., Vecino, J.L.G., Wadsworth, S., Song, S.K. 2012. Use of immunostimulants and nucleotides in aquaculture: a review. Journal of Marine Science, Research and Development 2: 104. DOI: 10.4172/2155-9910.1000104
- Rufchaie, R., Hoseinifar, S., Sayad Borani, M., Maghsodie Kohan, H., Zamini, A., Faeed, M. 2012. The effects of glucan on hematological parameters, immune response and intestinal microbiota of *Rutilus frisii kutum* fry. Iranian Scientific Fisheries Journal 21: 73-84. (In Persian).
- Sasmitha Ritonga, P., Iradukunda, J., Helmiati, S., Triyanto, T., Murwantoko, M., Isnansetyo, A., Herath, T. 2026. Comparative effects of prebiotic, probiotic, and synbiotic on intestinal barrier function, immune responses, and disease resistance in red hybrid Tilapia (*Oreochromis* sp.). Journal of Universitas Airlangga 2528-0759: 2085-5842.
- Sutthi, N., Wangkahart, E., Panase, P., Pothakam, N. 2025. *Saccharomyces cerevisiae* supplementation enhances growth and immune response in Nile Tilapia during winter stress. Aquaculture Nutrition 9955148. DOI: 10.1155/anu/9955148
- Tipsemongkol, C., Purivirojkul, W., Chuchird, N., Limsuwan, C. 2009. Effects of DVAQUA® on the growth, survival and immune characteristics of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Journal of Fisheries and Environment 33: 15-27.
- Tukmechi, A., Rahmati Andarani, H.A., Manaffar, R., Sheikhzadeh, N. 2011. Dietary administration of beat-mercapto-ethanol treated *Saccharomyces cerevisiae* enhanced the growth, innate immune response and disease resistance of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fish and Shellfish Immunology 30: 923-928. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.01.016>
- Valkonen, E., Kettunen, H., Hasan, S., Vuorenmaa, J., Chumkam, S., Jintasataporn, O. 2020 *Saccharomyces cerevisiae*-hydrolysate improved

- performance of Asian sea bass. European Federation of Animal Science (EAAP). Virtual Meeting, 1-4 December, Portugal.
- Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M., MacKenzie, S. 2016 The response of fish to immunostimulant diets, *Fish and Shellfish Immunology* 56: 34-69. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.06.028.
- Watts, J., Schreier, H., Lanska, L., Hale, M. 2017. The rising tide of antimicrobial resistance in aquaculture: Sources, sinks and solutions. *Marine Drugs* 15: 158. DOI: 10.3390/md15060158
- Yang, X.Y., He, Y.F., Lin, S., Dong, X.H., Yang, Q.H., Liu, H.Y., Zhang, S., Chi, S.Y., Tan, B.P. 2021. *Saccharomyces cerevisiae* extracts improved the effects of a low fishmeal, complex plant protein diet in the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture Reports* 19: 100574. DOI: 10.1016/j.aqrep.2020.100574
- Zhang, R., Jiang, Y., Zhou, L., Chen, Y., Wen, C., Liu, W., Zhou, Y. 2018. Effects of dietary yeast extract supplementation on growth, body composition, non-specific immunity, and antioxidant status of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Fish and Shellfish Immunology* 86: 1019-1025. DOI: 10.1016/j.fsi.12.052.