

The Effect of Probiotic *Saccharomyces cerevisiae* on Hematological Indices, Survival Rate, and Salinity Tolerance in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Mohammadreza Imanpour¹, Seyedeh Zahra Sadat^{1*}, Roghieh Safari¹

1-Department of Aquaculture and Breeding, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 12 May 2025

Accepted: 15 June 2025

Extended Abstract:

Introduction: One of the most important challenges in the aquaculture industry is the optimal management of nutrition and maintaining the health of farmed fish under stressful environmental conditions such as high stocking density, poor water quality, transportation, and changes in water salinity. These factors can weaken the immune system, increase the susceptibility of fish to diseases, and reduce breeding performance (Sado *et al.*, 2008). To address these challenges, the use of dietary additives, including probiotic supplements, has been suggested as an effective strategy to increase survival rates and improve the general health of fish (Imanpour and Roohi, 2015). *Saccharomyces cerevisiae* is a unicellular yeast from the fungi phylum that has diverse and beneficial functions in the host body due to its content of important biological compounds such as B vitamins, nucleotides, glutamate, inositol, and - β -glucan. This yeast can act as a dietary supplement, appetite stimulant, toxin and heavy metal adsorbent, and immune system enhancer (Hosseinfar *et al.*, 2012; Siwicki *et al.*, 1994). Given the biological and nutritional properties of *Saccharomyces cerevisiae*, the present study was designed to determine the effect of Vivacell (*Saccharomyces cerevisiae*) probiotic supplement on blood indices, survival, and salt tolerance in rainbow trout fry. This study was conducted in line with the use of safe and natural additives in aquatic animal diets to increase the health and sustainability of farming systems and can be an effective step towards improving production performance and managing environmental stresses in the aquaculture industry.

Material and Methods: For this study, 132 rainbow trout fry with an average initial weight of 20 ± 1.87 g were obtained from a private breeding center. The fish were randomly introduced into 12 aquariums (each aquarium containing 11 fish) and were placed under different nutritional conditions with different levels of Vivacell (*Saccharomyces cerevisiae*) for 8 weeks of the experiment. The experiment was randomly performed in four different nutritional treatments with different probiotic amounts (0, 0.1, 0.5 and 1% per kg of food) and in three replications. At the end of the experiment, the survival rate of the fish was determined by counting the number of surviving fish in each treatment. To examine changes in blood indices, three fish were randomly selected from each treatment and anesthetized with clove essential oil. Blood was collected from the caudal vein using heparin-containing syringes and transported to the laboratory. Hematological parameters were measured. (Goldenfarb *et al.*, 1971; Larsen, 1964). After the end of the feeding period, in order to evaluate the resistance of fish to salinity stress, fish were exposed to 12 g/L salinity for one week and the survival rate was determined in one week. The obtained data were analyzed using SPSS version 16 statistical software. To examine the difference between treatments, a

completely randomized design and one-way and multiple range Duncan variance tests were used at a significant level ($p<0.05$). (Nochalabadi *et al.*, 2023; Sathasivam *et al.*, 2019).

Result and Discussion: The study of blood indices at the end of the rearing period showed that the use of *Saccharomyces cerevisiae* probiotic in the diet of rainbow trout fry significantly improved some of them. The results of the study of salinity resistance in rainbow trout fry fed with different levels of *Saccharomyces cerevisiae* probiotic showed that when exposed to salinity stress of 12 g/l for 7 days, there was no significant difference in the percentage of survival between the control group and the experimental treatments ($p<0.05$). All groups showed 100% survival during the 7-day period. This finding indicates that the stress applied at this level of salinity was not sufficient to create a significant difference in the resistance of the fish, especially in the presence or absence of the probiotic. However, in contrast to the results of the present study, the results of the study by Ramzannejad *et al.* (2021) showed that Bioaqua supplementation significantly increased the survival of carp. In the present study, the number of red blood cells and white blood cells in the 0.5 and 1 treatments significantly increased compared to the 0.1 treatment and the control group. However, the results of the present study are consistent with the results of Akbari Nargesi *et al.* (2019), Ramzannejad *et al.* (2021), and Asadi *et al.* (2023).

Conclusion: Overall, the results showed that the probiotic *Saccharomyces cerevisiae* could be effective in some indicators such as blood indices and salt tolerance, although its effects on survival rate and other physiological indicators examined in this study were not significant. Therefore, the use of this probiotic in culture conditions can be used as an auxiliary tool to improve some fish health parameters, but further research is needed to more fully evaluate its effects in different culture conditions.

Conflict of Interest: The authors declare no competing interests.

Acknowledgements :The authors of the article are grateful for the support of their respected colleagues.

Keywords: *Saccharomyces cerevisiae*, hematological indices, survival rate, salinity tolerance, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

* Corresponding Author: sy.zahra.sadat.m@gmail.com

"مقاله پژوهشی"

اثر پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) بر
شاخص های خونی، بازماندگی و مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل آلا
رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

محمدرضا ایمانپور^۱، سیده زهرا سادات^{۱*}، رقیه صفری^۱

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۲/۲۲

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین اثر پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) بر شاخص های خونی، بازماندگی و مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل آلا رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. به منظور انجام آزمایش، تعداد ۱۳۲ بچه ماهی با میانگین وزن اولیه $11/87 \pm 20$ گرم تحت ۴ تیمارهای آزمایشی شامل (۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد) و به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. در پایان دوره، نمونه برداری خونی جهت بررسی شاخص های هماتولوژیک و نیز آزمون شوری به منظور ارزیابی مقاومت به تنش اسمزی انجام گرفت. برای سنجش مقاومت به شوری، ماهیان به مدت هفت روز در آب با شوری ۱۲ گرم بر لیتر قرار رفتند و درصد بقاء در آن ها ثبت گردید. نتایج نشان داد که استفاده از پروبیوتیک در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد تأثیر معنی داری بر تعداد گلبول های قرمز و سفید خون در مقایسه با گروه شاهد داشت ($p < 0/05$)، در حالی که اختلاف معناداری در سایر شاخص های خونی از جمله هموگلوبین، هماتوکریت، میزان متوسط غلظت هموگلوبین، حجم متوسط گلبولی، حجم متوسط هموگلوبین و درصد سلول های لنفوسیت، نوتروفیل، مونوسیت و ائوزینوفیل مشاهده نشد ($p > 0/05$). همچنین درصد بقاء در آزمون شوری بین تیمارها تفاوت معنی داری نداشت و سطح شوری اعمال شده موجب مرگ و میر قابل توجهی در گروه ها نشد ($p < 0/05$). در مجموع، نتایج این مطالعه نشان دهنده تأثیر مثبت محدود پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه بر برخی شاخص های خونی، بدون بهبود معنی دار در نرخ بازماندگی و مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل آلا رنگین کمان می باشد.

کلمات کلیدی: ساکارومایسیس سرویزیه، شاخص های خونی، بازماندگی، مقاومت به شوری، قزل آلا رنگین کمان

* عهده دار مکاتبات: sy.zahra.sadat.m@gmail.com

مقدمه

طبق آخرین آمار منتشرشده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، تولید جهانی آبرزیان در سال ۲۰۲۱ به بیش از ۲۱۸ میلیون تن رسیده است. از این میزان، ۱۸۲ میلیون تن مربوط به جانوران آبرزی و ۳۶ میلیون تن مربوط به گیاهان آبرزی بوده است. در این میان، تولیدات آبرزی پروری حدود ۱۲۶ میلیون تن گزارش شده که نسبت به سال پیش از آن (۱۲۲/۷ میلیون تن) حدود ۳ درصد رشد داشته است (FAO, 2022). این آمار نشان دهنده نقش روزافزون آبرزی پروری در تأمین امنیت غذایی جهانی است.

در سال‌های اخیر، با افزایش تقاضا برای منابع پروتئینی سالم و با کیفیت، آبرزیان به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین پروتئین در رژیم غذایی بشر شناخته شده‌اند (Fowler, 1986; So et al., 1999). مزایای تغذیه‌ای محصولات دریایی نسبت به سایر منابع پروتئینی، به ویژه غنای آن‌ها از اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و عناصر معدنی، موجب افزایش تمایل جهانی به مصرف این محصولات شده است (Hardy, 2000).

یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در صنعت آبرزی پروری، مدیریت بهینه تغذیه و حفظ سلامت ماهیان پرورشی در شرایط استرس‌زای محیطی از جمله تراکم بالا، کیفیت پایین آب، حمل و نقل و تغییرات شوری آب است. این عوامل می‌توانند با تضعیف سیستم ایمنی، سبب افزایش حساسیت ماهیان به بیماری‌ها شوند و عملکرد پرورشی را کاهش دهند (Sado et al., 2008). برای مقابله با این چالش‌ها، استفاده از مواد افزودنی به جیره غذایی از جمله مکمل‌های پروبیوتیکی به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر جهت افزایش نرخ بقا و بهبود وضعیت سلامت عمومی ماهیان پیشنهاد شده است (Imanpour and Roohi, 2015).

پروبیوتیک‌ها، میکروارگانیسم‌های زنده‌ای هستند که در صورت مصرف در مقادیر مناسب، فواید متعددی برای سلامت میزبان به همراه دارند. این ترکیبات می‌توانند از طریق بهبود تعادل میکروبی روده، افزایش جذب مواد مغذی، تولید آنزیم‌های گوارشی و تحریک سیستم ایمنی، بهبود عملکرد رشد و وضعیت سلامت را در ماهیان ایجاد کنند (Durchschein et al., 2016; Imanpour et al., 2015). استفاده از پروبیوتیک‌ها همچنین موجب بهبود کیفیت آب و کاهش نیاز به استفاده از مواد شیمیایی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها می‌شود.

در این میان، پروبیوتیک‌ها بر اساس منبع میکروبی به سه گروه باکتریایی، قارچی و مخمری تقسیم می‌شوند که هر یک ویژگی‌ها و اثرات متفاوتی بر سلامت و عملکرد آبرزیان دارند (Imanpour et al., 2015). یکی از انواع پرکاربرد و مؤثر پروبیوتیک‌های مخمری، ساکارومایسیس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) است که به طور گسترده در صنایع غذایی، دام، طیور و آبرزی پروری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Delgado et al., 2016).

ساکارومایسیس سرویزیه، مخمری تک سلولی از شاخه قارچ‌ها است که به دلیل دارا بودن ترکیبات زیستی مهم از جمله ویتامین‌های گروه B، نوکلئوتیدها، گلوتامات، اینوزیتول و β -گلوکان، دارای عملکردهای متنوع و مفیدی در بدن میزبان می‌باشد. این مخمر می‌تواند به عنوان مکمل غذایی، محرک اشتها، جاذب سموم و فلزات سنگین و تقویت کننده سیستم ایمنی عمل کند (Hosseinifar et al., 2012; Siwicki et al., 1994). همچنین، این مخمر قادر است از طریق تولید آنزیم‌هایی نظیر آمیلاز و پروتئاز، قابلیت هضم و جذب مواد مغذی را در دستگاه گوارش ماهیان بهبود دهد و بدین ترتیب، کارایی تغذیه‌ای جیره غذایی را افزایش دهد. تحقیقات نشان داده‌اند که ساکارومایسیس سرویزیه

آبزی پروری گردد (Durchschein et al., 2016; Siwicki et al., 1994).

با توجه به ویژگی های زیستی و تغذیه ای مخمر ساکارومایسیس سرویزیه، پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر مکمل پروبیوتیکی و یواسل (ساکارومایسیس سرویزیه) بر شاخص های خونی، بازماندگی و مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل آلا ی رنگین کمان طراحی شد. این پژوهش در راستای استفاده از افزودنی های ایمن و طبیعی در جیره غذایی آبزیان، به منظور افزایش سلامت و پایداری سیستم های پرورشی اجرا گردیده و می تواند گامی مؤثر در جهت بهبود عملکرد تولید و مدیریت استرس های محیطی در صنعت آبزی پروری باشد.

مواد و روش ها شرایط آزمایش

برای انجام این تحقیق ۱۳۲ عدد بچه ماهی قزل آلا ی رنگین کمان با میانگین وزن اولیه $1/87 \pm 20$ گرم از مرکز تکثیر خصوصی تهیه شد. ماهیان ابتدا به مدت ۲۴ ساعت با محلول نمک ۱ درصد ضد عفونی شدند و سپس یک دوره تطابق ۷ روزه در شرایط آزمایشی سپری کردند. سپس، ماهیان به صورت تصادفی در ۱۲ آکواریوم (هر آکواریوم شامل ۱۱ ماهی) معرفی شدند و در مدت ۸ هفته آزمایش تحت شرایط تغذیه ای مختلف با سطوح مختلف و یواسل (ساکارومایسیس سرویزیه) قرار گرفتند. آزمایش به صورت تصادفی در چهار تیمار تغذیه ای مختلف با مقادیر پروبیوتیک متفاوت (۰، ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد در کیلو گرم غذا) و در سه تکرار انجام شد. هر روز ماهیان با جیره غذایی که در طول دوره برابر با ۳ تا ۵ درصد از وزن بدن آنها بود، تغذیه شدند.

همچنین دارای اثر تعدیل کننده ایمنی است، به طوری که می تواند پاسخ ایمنی ماهی را بهبود بخشیده و مقاومت آن ها را در برابر عوامل بیماری زا افزایش دهد. این ویژگی ها باعث شده که استفاده از این مخمر به عنوان یک پروبیوتیک مؤثر در افزایش بقاء و کاهش استرس های محیطی در ماهیان پرورشی مورد توجه قرار گیرد (Hosseinifar et al., 2012).

در این راستا، شرکت ویوان (مشهد، ایران)، محصولی به نام و یواسل تولید کرده که حاوی سلول های زنده مخمر ساکارومایسیس سرویزیه است. و یواسل با افزایش سرعت مصرف اکسیژن و ایجاد شرایط بی هوازی، جمعیت باکتری های مفید مانند سلولولایتیک ها را افزایش داده و از طریق رقابت با باکتری های تولید کننده اسید لاکتیک، باعث افزایش pH محیط روده ای و بهبود عملکرد ایمنی در آبزیان می گردد. علاوه بر شاخص های ایمنی و تغذیه ای، یکی از جنبه های مهم در پرورش ماهیان، مقاومت به تنش های شوری است، به ویژه در گونه هایی مانند قزل آلا ی رنگین کمان که به تغییرات شوری حساس می باشند. استفاده از پروبیوتیک ها از جمله ساکارومایسیس سرویزیه می تواند در افزایش توان ماهی برای سازگاری با تغییرات محیطی از جمله افزایش شوری آب نقش مؤثری ایفا کند. همچنین بررسی وضعیت شاخص های خونی از جمله شاخص های هماتولوژیک (هموگلوبین، هماتوکریت، گلبول های قرمز و سفید و غیره) یکی از روش های مهم در ارزیابی سلامت و واکنش های فیزیولوژیک ماهیان در مواجهه با شرایط استرس زا است. مطالعات متعددی نشان داده اند که استفاده از مکمل های پروبیوتیکی مانند ساکارومایسیس سرویزیه می تواند با بهبود شاخص های خونی، تقویت عملکرد سیستم ایمنی و افزایش بازماندگی در شرایط پرورشی سخت، موجب ارتقاء بهره وری در

آماده سازی جیره غذایی

پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه (با کریر $10^9 \times 1 \text{ CFU/g}$) از شرکت ویوان تهیه و به جیره غذایی پایه (غذای تجاری) اضافه شد. به منظور تهیه جیره های پروبیوتیک، ابتدا محلول پروبیوتیک در آب مقطر آماده و سپس با استفاده از ژلاتین، سوسپانسیون یکنواختی تهیه شد. این سوسپانسیون به طور یکنواخت بر روی پلت های غذای ماهی اسپری شده و در دمای اتاق خشک گردید.

زیست سنجی

جهت کاهش اختلاف وزن اولیه بین ماهیان و تعیین دقیق مقدار جیره غذایی مصرفی، زیست سنجی در ابتدای دوره پرورش و سپس به صورت دوره ای هر ۱۵ روز یکبار انجام شد. به این منظور، ماهیان با استفاده از محلول بیهوش کننده حاوی اسانس گل میخک با غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر بیهوش گردیدند. پس از بیهوشی، وزن بدن ماهیان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری و طول کل بدن آن ها با خط کش مدرج ثبت شد. داده های به دست آمده به منظور تنظیم جیره غذایی و پایش وضعیت عمومی سلامت جمعیت مورد استفاده قرار گرفتند.

اندازه گیری درصد بازماندگی

در پایان دوره آزمایش، درصد بازماندگی ماهیان با شمارش تعداد ماهیان زنده باقی مانده در هر تیمار تعیین شد. فرمول محاسبه درصد بقا به صورت زیر است:

$$\text{درصد بقا} = \left(\frac{\text{تعداد ماهیان زنده در پایان دوره}}{\text{تعداد اولیه ماهیان}} \right) \times 100$$

این شاخص، یکی از مهم ترین معیارها برای ارزیابی موفقیت تیمارهای تغذیه ای و شرایط پرورش در آبی پروری محسوب می شود و نشان دهنده مقاومت ماهیان در برابر شرایط محیطی و کیفیت تغذیه می باشد.

بررسی شاخص های خونی

در پایان دوره آزمایش، برای بررسی تغییرات شاخص های خونی، از هر تیمار سه ماهی به طور تصادفی انتخاب شده و تحت بیهوشی با اسانس گل میخک قرار گرفتند. خون از رگ ساقه دمی با استفاده از سرنگ های حاوی هپارین جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. پارامترهای خون شناسی شامل تعداد گلبول های قرمز (RBC)، تعداد گلبول های سفید (WBC)، هموگلوبین (Hb)، هماتوکریت (HCT)، نوتروفیل، لنفوسیت، ائوزینوفیل، حجم متوسط گلبولی (MCV)، مقدار متوسط هموگلوبین گلبولی (MCH) و غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی (MCHC) اندازه گیری شدند. شمارش افتراقی سلول های خونی با استفاده از لام نئوبار و رنگ آمیزی گیمسا انجام شد. میزان Hb به روش سیانومت هموگلوبین و HCT به روش میکروهماتوکریت تعیین گردید (Goldenfarb et al., 1971; Larsen, 1964).

آزمایش مقاومت به شوری

پس از اتمام دوره تغذیه، به منظور ارزیابی مقاومت ماهیان به تنش شوری، ماهیان به مدت یک هفته در معرض شوری ۱۲ گرم در لیتر قرار گرفتند و میزان بقا در یک هفته تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل داده ها

داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی اختلاف میان تیمارها، از طرح کاملاً تصادفی و آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح معنی داری ($p < 0.05$) استفاده شد. همچنین، جهت ترسیم نمودارهای مرتبط، از نرم افزار مایکروسافت اکسل بهره گرفته شد. نتایج حاصل به صورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش گردیدند.

۰/۵ درصد، به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه شاهد بود ($p<0/05$). در مقابل، سایر شاخص‌ها نظیر هموگلوبین، هماتوکریت، MCV، MCH، MCHC و درصد انواع لکوسیت‌ها (لنفوسیت، نوتروفیل، مونوسیت و ائوزینوفیل) تحت تأثیر سطوح مختلف پروبیوتیک، تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نشان ندادند ($p>0/05$). این یافته‌ها نشان داد که استفاده از پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه، به‌ویژه در سطح ۰/۵ درصد، می‌تواند با افزایش تعداد سلول‌های خونی، نقش مثبتی در ارتقاء سلامت عمومی و تقویت عملکرد ایمنی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ایفا کند (جدول ۱).

(Nochalabadi et al., 2023; Sathasivam et al., 2019).

نتایج

اثر ساکارومایسیس سرویزیه بر شاخص‌های خونی

بررسی شاخص‌های خونی در پایان دوره پرورشی نشان داد که استفاده از پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه در جیره غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان موجب بهبود معنی‌دار برخی از آنها گردید. بطوریکه تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و گلبول‌های سفید (WBC) در تیمارهای حاوی پروبیوتیک، به‌ویژه در سطح

جدول ۱. مقایسه فاکتورهای خونی بچه‌ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف پروبیوتیک

Table 1. Comparison of blood indices of fry fed with different levels of probiotics

Variable/Treatment	Control	T1	T2	T3
HCT	28±1/52 ^a	29/66±2/33 ^a	27±0.57 ^a	31±1/15 ^a
RBC	2/14×10 ⁶ ±25557 ^b	2/12×10 ⁶ ±47838 ^b	2/34×10 ⁶ ±18924 ^a	2/33×10 ⁶ ±8382 ^a
WBC	4/86×10 ⁴ ±1205 ^b	5/3×10 ⁴ ±1/00 ^b	7/4×10 ⁴ ±6454 ^a	7/79×10 ⁴ ±3886 ^a
HCT	28±1/52 ^a	29/66±2/33 ^a	27±0.57 ^a	31±1/15 ^a
Hb	7/63±0/56 ^a	10/4±0/4 ^a	8/36±1/72 ^a	10/5±0/76 ^a
MCV	130/25±4/8 ^a	139/9±12/96 ^a	115/23±1/64 ^a	132/71±4/3 ^a
MCH	35/62±2/98 ^a	48/92±2/006 ^a	35/61±7/13 ^a	44/93±3/05 ^a
MCHC	27/53±3/12 ^a	35/41±2/53 ^a	30/95±6/33 ^a	33/82±1/76 ^a
lymphocyte	83/66±2/96 ^a	78±2/08 ^a	81/33±0/33 ^a	81±2/3 ^a
Neutrophil	4/66±0/66 ^a	7/66±0/33 ^a	7/66±1/45 ^a	8/33±1/45 ^a
Monocyte	4/33±0/88 ^a	4±0/57 ^a	5±2/00 ^a	4/33±0/33 ^a
Eosinophil	1/33±0/33 ^a	0/66±0/33 ^a	1/33±0/66 ^a	1/33±0/33 ^a

*حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<0/05$).

*Unsimilar letters in each column indicate significant differences ($p<0.05$).

اثرات ساکارومایسیس سرویزیه بر مقاومت به شوری

نتایج حاصل از بررسی مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه نشان داد که در معرض تنش شوری ۱۲ گرم در لیتر طی مدت ۷ روز، اختلاف معنی‌داری در درصد بازماندگی بین گروه شاهد و تیمارهای

آزمایشی مشاهده نشد ($p > 0.05$). تمامی گروه‌ها در طول دوره ۷ روزه، بازماندگی صد درصدی را نشان دادند. این یافته بیانگر آن است که تنش اعمال شده در این سطح از شوری، برای ایجاد تفاوت معنی‌دار در مقاومت ماهیان، به‌ویژه در حضور یا عدم حضور پروبیوتیک، کافی نبوده است (جدول ۲).

جدول ۲. مقایسه درصد مقاومت به شوری بچه ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف پروبیوتیک

Table 2. Comparison of the percentage of salt tolerance of fry fed with different levels of probiotics

Variable/Treatment	Control	T1	T2	T3
1 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
2 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
3 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
4 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
5 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
6 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
7 day	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a

*حروف غیرمشابه در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p < 0.05$).

*Unsimilar letters in each column indicate significant differences ($p < 0.05$).

بحث

پروبیوتیک‌ها نقش مهمی در تقویت عملکرد سیستم ایمنی و بهبود سلامت بدن ماهیان دارند. همچنین، مکمل‌های پروبیوتیک اثرات مثبتی بر میزان بقا در گونه‌های مختلف ماهیان ارائه می‌دهند (Durchschein *et al.*, 2016). در این رابطه، مطالعه حاضر به‌منظور بررسی اثر پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه بر شاخص‌های خونی، بازماندگی و مقاومت به شوری در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفت. پروبیوتیک‌ها یکی از جایگزین‌های شناسایی شده‌ای هستند که می‌توانند وابستگی صنعت آبرزی پروری به آنتی‌بیوتیک‌ها را کاهش دهند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پروبیوتیک‌ها افزایش ارزش غذایی است (Ramzannejad *et al.*, 2021). مشابه نتایج مطالعه حاضر، Sotoudeh (۲۰۲۰) نشان داد که مکمل

پروبیوتیک بیوآکوآ (Bio-Aqua) (۲ گرم بر کیلوگرم جیره غذایی) در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان، باعث افزایش وزن نهایی می‌شود (Sotoudeh, 2020). در مطالعه Mihai و همکاران (۲۰۲۳) عملکرد رشد در ماهی کپور با افزایش سطوح پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه BB06 به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. بطوریکه گروه ۵ درصد زیست‌توده مخمر بهترین عملکرد را از نظر وزن نهایی بدن و میزان افزایش وزن ماهی داشتند. میزان تلفات ماهیان نیز صفر بود. Mocanu و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده کردند که افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل خوراک در تاس‌ماهی سبیری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و ساکارومایسیس بولاردی به‌طور جداگانه و ترکیبی

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با یک گرم در کیلوگرم خوراک پروبیوتیک بیو آکوا می‌تواند باعث بهبود قابل‌توجهی در سطح گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید خون گردد. در مطالعه Ramzannejad و همکاران (۲۰۲۱) تغذیه با پروبیوتیک بیو آکوا در ماهی کپور سر بزرگ، تعداد گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید خون در تیمار ۴۵۰ گرم در هکتار پروبیوتیک بیو آکوا، به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بوده است.

در پژوهش حاضر غلظت هموگلوبین خون، هماتوکریت، حجم متوسط هموگلوبین (MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین در یک گلبول قرمز (MCHC)، درصد لنفوسیت، نوتروفیل‌ها، مونوسیت‌ها و ائوزینوفیل‌ها در ماهیان دریافت‌کننده پروبیوتیک، هیچ تأثیر معناداری نسبت به گروه شاهد نشان ندادند. در این راستا، Welker و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که ۰/۲ درصد مخمر ساکارومایسیس سرویزیه هیچ تأثیری بر هماتوکریت گربه‌ماهی کانالی ندارد. در مطالعه‌ای دیگر، جایگزینی پودر ماهی با مخمر آبجو بر پارامترهای خونی (هماتوکریت، MCV، تعداد لنفوسیت‌ها و پلاکت‌ها) گربه‌ماهی هیبریدی تایلندی پانگا تأثیری نداشته است (Pongpet et al., 2016). در پژوهشی دیگر، مکمل غذایی با پروبیوتیک‌های باسیلوس سوبتیلیس، ساکارومایسیس سرویزیه و آسپرژیلوس اوریزا در تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) به مدت چهار هفته تأثیری بر غلظت حجم متوسط گلبولی (MCV) و تعداد کل لکوسیت‌ها نداشته است (Iwashita et al., 2015).

تحمل و مقاومت به شوری از صفات مهم در ماهیان است که در محیط‌های آب شیرین و آب شور زندگی

نسبت به گروه شاهد بیشتر بوده است (Mocanu et al., 2022)، که با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد.

با این حال، برخلاف نتایج مطالعه حاضر، نتایج مطالعه Ramzannejad و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که مکمل بیو آکوا باعث افزایش معنی‌دار بقای ماهی کپور شد. بطوریکه بیشترین میزان بقا در تیمار ۴۵۰ گرم در هکتار پروبیوتیک بیو آکوا مشاهده گردید، که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشته است. همچنین در آزمایشات انجام‌شده توسط Mocanu و همکاران (۲۰۲۲) میزان بقای ماهیان خاویاری سبیری، تغذیه‌شده با پروبیوتیک‌های لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و ساکارومایسیس بولاردی به‌طور جداگانه و ترکیبی بیشتر از شاهد بوده است.

یکی از مهم‌ترین و قابل‌اعتمادترین شاخص‌ها در بررسی سلامت و فیزیولوژی ماهی، اندازه‌گیری پارامترهای خونی است. این پارامترها تحت تأثیر تغذیه، عوامل محیطی و سن قرار دارند (Asadi et al., 2023). در مطالعه حاضر، تعداد گلبول‌های قرمز و گلبول‌های سفید خون در تیمار ۰/۵ و ۱ در مقایسه با تیمار ۰/۱ و گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت. از این نظر، نتایج این مطالعه با یافته‌های Hosseini و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد، که گزارش کردند استفاده از پروبیوتیک پدیوکوکوس اسیدی لاکتیک در جیره ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، تفاوت معنی‌داری در هموگلوبین و میانگین غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) نداشته است. با این حال، نتایج مطالعه حاضر با نتایج Akbari Nargesi و همکاران (۲۰۱۹)، Ramzannejad و همکاران (۲۰۲۱)، و Asadi و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. Akbari Nargesi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش دادند که تیمار

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت های همکاران محترم کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Akbari Nargesi, E., Falahatkar, B. and Mohammadi, M., 2019. Growth performance and hematological indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Exclusive study of probiotic effect on male broodstock. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(30), pp.101-105. DOI: 10.22092/ISFJ.2019.119 093 [In Persian]
2. Asadi, T., Meshkini, S. and Ahmadifard, N., 2023. Dietary effects of procyanidin and Bio-Aqua® on hematological and immune indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary Research Forum*, 20, pp.178-195. DOI:10.30466/vrf.2023.1972329.3678
3. Balcázar, J.L., Rojas-Luna, T. and Cunningham, D.P., 2007. Effect of the addition of four potential probiotic strains on the survival of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) following immersion challenge with *Vibrio parahaemolyticus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96(2), pp.147-150. DOI:10.1016/j.jip.2007.04.008
4. So, L.M., Cheung, R.Y. and Chan, K., 1999. Metal concentrations in tissues of rabbitfish (*Siganus oramin*) collected from Tolo Harbour and Victoria Harbour in Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, 39(1-12), pp.234-238. DOI: 10.1016/S0025-326X(98)00207-0
5. Dawood, M.A., Koshio, S., Ishikawa, M., El-Sabagh, M., Yokoyama, S., Wang, W.-L., Yukun, Z. and Olivier, A., 2017. Physiological response, blood chemistry profile and mucus secretion of red sea bream (*Pagrus major*) fed diets supplemented with *Lactobacillus rhamnosus* under low salinity stress. *Fish Physiology and Biochemistry*,

می کنند. مطالعان نشان داده اند که مکمل های پروبیوتیک، از جمله ساکارومایسیس سرویزیه، تحمل شوری را در ماهی با بهبود مکانیسم های تنظیم اسمزی و کاهش آسیب های ناشی از استرس شوری افزایش می دهد (Ziaienejad et al., 2005). در مطالعه حاضر، درصد بازماندگی در شوری ۱۲ گرم در لیتر، در بچه ماهی قزل آلا ی رنگین کمان تغذیه شده با تیمارهای غذایی مختلف در روزهای اول تا هفتم نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی داری را نشان نداد. بر خلاف نتایج مطالعه حاضر، یافته های Balcázar و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که لاکتوباسیل ها با کمک زیستی منجر به افزایش پاسخ های ایمنی ماهی می گردند و منجر به نرخ بقای بالاتری می شوند. در مطالعه Dawood و همکاران (۲۰۱۷) ماهی سیم دریایی قرمز (*Pagrus major*) که جیره های مکمل لاکتوباسیلوس رامنوسوس دریافت کرده بودند، به طور قابل توجهی تحمل بالاتری در برابر تنش کم شوری نسبت به جیره غذایی بدون لاکتوباسیلوس رامنوسوس داشتند.

نتیجه گیری

در مجموع، نتایج نشان داد که پروبیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه می تواند در برخی شاخص ها مانند شاخص های خونی و مقاومت به شوری تأثیر گذار باشد، هرچند که تأثیرات آن بر نرخ بازماندگی و سایر شاخص های فیزیولوژیکی مورد بررسی در این مطالعه معنی دار نبود. بنابراین، استفاده از این پروبیوتیک در شرایط پرورشی می تواند به عنوان یک ابزار کمکی برای بهبود برخی پارامترهای سلامت ماهیان مورد استفاده قرار گیرد، اما نیاز به تحقیقات بیشتر برای ارزیابی کامل تر اثرات آن در شرایط مختلف پرورشی است.

- (*Salmo trutta caspius*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 23(2), pp.35-44. DOI: 10.22092/ISFJ.2014.103691 [In Persian]
14. Imanpour, M.R., Roohi, Z., Salaghi, Z., Beikzadeh, A. and Davodipour, A.R., 2015. The effect of the prebiotic Primalac on growth indices, blood biochemical indices, survival and resistance to salinity stress of juvenile common Sea carp. *Fisheries Science and Technology*, 4(3), pp.17-28. [In Persian]
 15. Imanpour, M.R. and Roohi, Z., 2015. The effect of multi-strain probiotic (Primalac) on growth performance, blood biochemical indices, survival and resistance to salinity stress in juvenile whitefish (*Rutilus kutum*). *Iranian Journal of Fisheries*, 24(2), pp.95-102. DOI: 10.22092/ISFJ.2015.103133 [In Persian]
 16. Iwashita, M. K. P., Nakandakare, I. B., Terhune, J. S., Wood, T. and Ranzani-Paiva, M.J.T., 2015. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish and Shellfish Immunology*, 43(1), pp.60-66. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.12.008
 17. Larsen, H.N., 1964. Comparison of various methods of hemoglobin determination on catfish blood. *The Progressive Fish-Culturist*, 26(1), pp.11-15. DOI: 10.1577/1548-8659(1964)26[11:COVMOH]2.0.CO;2
 18. Mihai, C., Dumitrache, C., Teodorescu, I.R., Pomohaci, M.C., Hassan, A.A., Nicolae, G.C., Diguta, F.C., Matel, F., 2023. Evaluation Of the Probiotic Supplement *Saccharomyces cerevisiae* BB06 as a beneficial growth Promoter for Carp (*Cyprinus carpio*) in recirculating Aquaculture. *Animal Science*, 65(2), pp.633-644.
 - 43(1), pp.179-192. DOI: 10.1007/s10695-016-0277-4
 6. Delgado, J.F., Sceni, P., Peltzer, M.A., Salvay, A. G., de la Osa, O. and Wagner, J.R., 2016. Development of innovative biodegradable films based on biomass of *Saccharomyces cerevisiae*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, pp.83-91. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.06.002
 7. Durchschein, F., Petritsch, W. and Hammer, H.F., 2016. Diet therapy for inflammatory bowel diseases: The established and the new. *World Journal of Gastroenterology*, 22(7), 2179. DOI: 10.3748/wjg.v22.i7.2179
 8. FAO., 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
 9. Fowler, S., 1986. Trace metal monitoring of pelagic organisms from the open Mediterranean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 7, pp.59-78. DOI: 10.1007/BF00398029
 10. Goldenfarb, P.B., Bowyer, F.P., Hall, E. and Brosious, E., 1971. Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology*, 56(1), pp.35-39. DOI: 10.1093/ajcp/56.1.35
 11. Hardy, R., 2000. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In C. D. Webster & C. E. Lim (Eds.), Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Press.
 12. Hosseini, R., Maleki-Jirsaraeia, N. and Rouhani, S., 2012. Magnetized *Saccharomyces cerevisiae* as an adsorbent for dyes removal. *Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4)* 12-14 March, 2012, Kish Island, I.R. Iran. Pp.1165-1166.
 13. Hosseini, A., Oraji, H., Yegane, S. and Shahabi, H., 2014. The effect of probiotic *Pediococcus acidilactici* on growth performance, blood and some serum parameters in Caspian salmon

- affects non-specific immunity and protection against furunculosis. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 41(1-2), pp.125-139. DOI: 10.1016/0165-2427(94)90062-0
26. Sotoudeh, E., 2020. Growth performance and blood indices of juvenile rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) fed diets containing *Sargassum cristaefolium* and *Gracilaria pygmaea* extracts. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 8(1), pp.80-89. DOI: 10.29252/jair.8.1.80 [In Persian]
 27. Welker, T.L., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R. and Klesius, P.H., 2007. Immune response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1), pp.24-35. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2006.00070.x
 28. Ziaienejad, S., Azari Takami, Gh., Mirvaqefi, A., Habibi Rezaei, M. and Shakouri, M., 2006. Application of *Bacillus* spp. Bacteria as a Probiotic for Enhancement of Growth and Production Parameters in Indian White Shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) Ponds. *Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources)*, 58(4), pp.843-852.
 19. Mocanu, E.E., Savin, V., Popa, M.D. and Dima, F.M., 2022. The effect of probiotics on growth performance, haematological and biochemical profiles in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Fishes*, 7(5), 239. DOI: 10.3390/fishes7050239
 20. Nochalabadi, A., Morovvati, H. and Abdi, R., 2023. Histomorphometry of Liver and some Blood Factors of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* Exposed to Different Concentrations of Ammonia. *Pollution*, 9(3), pp. 1225-1235. DOI:10.22059/poll.2023.352271.1716
 21. Pongpet, J., Ponchunchoovong, S. and Payoocha, K., 2016. Partial replacement of fishmeal by brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in the diets of Thai Panga (*Pangasianodon hypophthalmus* × *Pangasius bocourti*). *Aquaculture Nutrition*, 22(3), pp.575-585. DOI: 10.1111/anu.12280
 22. Ramzannejad, O., Changizi, R., Vatandoust, S., Safari, R. and Manouchehri, H., 2021. The effect of probiotic Bio-Aqua® on growth performance, haematological and biochemical parameters of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(5), pp.1304-1316. DOI: 10.22092/ijfs.2021.351059.0
 23. Sado, R.Y., Bicudo, Á.J.D.A. and Cyrino, J.E.P., 2008. Feeding dietary mannan oligosaccharides to juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, has no effect on hematological indices and showed decreased feed consumption. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(6), pp.821-826. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2008.00219.x
 24. Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A. and Abd Allah, E.F., 2019. Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Science*, 26, pp.709-722. DOI:org/10.1016/j.sjbs.2017.11.000
 25. Siwicki, A.K., Anderson, D.P. and Rumsey, G.L., 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout