نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

اثرات به‌کارگیری پست‌بیوتیک در جیره غذایی بر فراسنجه‌های رشد و سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

محمدحسین لشکربلوک، سید حسین حسینی‌فر*، محمد مازندرانی، ولی‌اله جعفری، رقیه صفری
گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۲/۰۹/۲۶
پذیرش: ۰۲/۱۰/۱۳

نویسنده مسئول مکاتبه:
سید حسین حسینی‌فر، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

ایمیل: Hoseinifar@gau.ac.ir

چکیده

بدین منظور بچه‌ماهی‌های قزل-آلای رنگین‌کمان (۲-۳ گرم) به مدت ۸ هفته با جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف (صفر (شاهد) ۲، ۴ و ۸ گرم برکیلوگرم) پست بیوتیک تغذیه شدند. در پایان دوره شاخص‌های رشد و مقادیر سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی سرم اندازه‌گیری شد. شاخص‌های رشد (میانگین وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، میزان بقا) بین ماهی‌های تغذیه شده با پست بیوتیک برپایه مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* درمقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$)، اگرچه افزایش رشد نسبت به گروه شاهد مشاهده گردید. بالاترین مقدار عددی رشد در بچه‌ماهی‌های تغذیه شده با ۸ گرم پست بیوتیک به‌ازای کیلوگرم به‌دست آمد. همچنین بهبود ضریب تبدیل غذایی در بچه‌ماهی‌های تغذیه شده با پست بیوتیک مشاهده شد. اگرچه از نظر آماری این کاهش ضریب تبدیل غذایی معنادار نبود ($p>0/05$). در کلیه فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم برکیلوگرم مشاهده شد ($p<0/05$). در میزان آنزیم کاتالاز بین گروه شاهد و تیمار ۲ گرم و ۸ گرم برکیلوگرم اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p<0/05$). همچنین نتایج مشابهی درخصوص فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مشاهده گردید بطوریکه بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$). در رابطه با آنزیم گلوتاتیون پرکسیداز هم فقط بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و همچنین بیشترین میزان این آنزیم در تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم قابل مشاهده بود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه* در رژیم غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند برای بهبود شاخص‌های رشد و همچنین افزایش ظرفیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توصیه شود.

واژه‌های کلیدی:
قزل‌آلای رنگین‌کمان، پست‌بیوتیک، *ساکارومایسیس سرویزیه*، سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، رشد

۱ | مقدمه

امروزه صنعت آبزی‌پروری یکی از صنایع جهانی رو به رشد و فراگیر است؛ به‌طوری‌که تولیدات جهانی آبزی‌پروری از ۲۰ میلیون تن در سال ۱۹۵۰ میلادی به ۱۷۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۶ میلادی رسیده است (Marti-Quijal *et al*., 2020). بر طبق آمارهای جهانی تا سال ۲۰۳۰ میلادی میزان مصرف آبزیان توسط انسان روند افزایشی خواهد داشت و تأمین این نیاز بیش از پیش به‌عهده صنعت آبزی‌پروری خواهد بود (Béné *et al*., 2015). از طرفی آبزی‌پروری به‌عنوان یک صنعت سودآور و درحال رشد با محدودیت‌هایی مواجه است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به کمبود منابع آبی، حمل و نقل، دستکاری و عدم تعادل پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب (مثل کمبود حاد یا مزمن اکسیژن و افزایش غلظت حاد آمونیاک)، افزایش تراکم و غیره اشاره کرد که ماهیان را در معرض انواع بیماری‌ها قرار داده است. روش‌های متنوعی به‌منظور کنترل و کاهش بیماری‌ها توصیه شده است (Jobling, 2010). استفاده از جیره غذایی با بازده بالا می‌تواند یکی از ابزارهای مؤثر به‌منظور بهبود عملکرد تولید، افزایش سطح بهرمندی و کنترل بیماری‌های ناشی از تضعیف سیستم ایمنی و انواع دیگر آن باشد. همچنین افزودن انواع آنتی‌بیوتیک‌های خوراکی به جیره غذایی آبزیان یکی از روش‌های قدیمی کنترل و درمان بیماری‌ها بوده است (Dawood and Koshio, 2016). تیمار آبزیان با استفاده از آنتی-بیوتیک و دیگر داروهای مشابه با توجه به هزینه بالا، ایجاد مقاومت دارویی، مشکلات زیست محیطی، پایین آوردن کیفیت گوشت و مشکلات اجرایی، همچنین نگرانی‌هایی در مورد اثرات منفی استفاده از

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

آنتی‌بیوتیک‌ها بر محیط‌زیست و سلامت بشر از جمله ظهور سویه‌های باکتریایی مقاوم به آنتی‌بیوتیک، تجمع بقایای آن در بافت های خوراکی و تضعیف سیستم ایمنی باعث شد تعداد کمی از آنتی بیوتیک‌ها دارای مجوز مصرف شوند (Rodgers and Furones, 2009)، به همین دلیل استفاده از مکمل‌های غذایی به عنوان رویکرد جدید و جایگزین مناسب برای آنتی‌بیوتیک‌ها در صنعت آبزی‌پروری معرفی شد. کاهش زنده‌مانی ماهی خصوصاً در مراحل اولیه زندگی از مهم‌ترین معضل در بین پرورش‌دهندگان ماهی است. لذا تقویت و ارتقاء سیستم ایمنی و دفاعی بدن ماهیان به ویژه در گونه‌های پرورشی از اصلی‌ترین نیازهای صنعت آبزی‌پروری است (Jahangiri and Esteban, 2018). در تلاش برای مقابله با بیماری‌های مختلف، استفاده مکرر از داروها، آنتی‌بیوتیک‌ها، شیمی‌درمانی و عوامل استریلیزاسیون به صورت ناخواسته به خطر انتقال عوامل بیماری‌زا و ترکیبات شیمیایی مضر به مصرف کنندگان اضافه شده‌است. اعتقاد بر این است که برخی مکمل‌های غذایی طبیعی این پتانسیل را دارند که این شکست را در آبزی‌پروری جبران کنند. کاربرد افزودنی‌های غذایی دوست‌دار محیط‌زیست مانند پروبیوتیک‌ها، پربیوتیک‌ها و سین بیوتیک‌ها به مکمل‌های غذایی محبوب با این پتانسیل تبدیل شده‌اند که نه تنها عملکرد رشد را بهبود می‌بخشند بلکه در برخی موارد توانایی ایمنی و سلامت کلی ماهی و سخت پوستان را نیز افزایش دهند (Rohani *et al*., 2022). بهرمندی از پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها و سین‌بیوتیک‌ها به دلیل به صرفه بودن و اثرات مفیدش جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها محسوب می‌شود (Akrami *et al*., 2013). موفقیت در پرورش ماهی و تداوم آن نیازمند مصرف غذاهای مناسب و با ارزش، زیست سازگار و با صرفه اقتصادی است. امروزه پیشرفت و توسعه آبزیان مستلزم جیره غذایی مناسب است که بتواند حد ممکن نیازهای گونه‌های مختلف آبزیان پرورشی را تأمین نماید (Bamato *et al*., 2000). تغذیه یکی از اصلی‌ترین شاخص‌های سلامت آبزیان محسوب می‌شود که نقش بسیار مهمی در تقویت و افزایش سیستم ایمنی ماهی دارد. ارتباط بین سلامتی و توازن باکتری-های روده، ایده‌ای را تحت عنوان پروبیوتیک مطرح کرد که هدف از این ایده تغییر تعادل باکتری‌های روده به سمت باکتری‌های با ارزش و مفید بود (Kolida *et al*., 2002). پروبیوتیک‌ها مکمل‌های غذایی میکروبی، مفید و با ارزشی هستند، که از طریق بهبود و توازن میکروب‌های روده (مفید و غیر مفید) اثرات با ارزشی را بر میزبان ایفا می‌کنند (Fuller, 1989). تاکنون پژوهش‌های بسیاری در مورد کاربرد پروبیوتیک‌ها در صنعت آبزی‌پروری انجام شده است. موارد بسیاری از جمله باکتری‌های گرم مثبت و منفی، مخمرها، میکروجلبک‌ها به عنوان پروبیوتیک در صنعت آبزی‌پروری بررسی شده‌اند. اثرات مثبت و سودمند این موارد در افزایش و تقویت سیستم ایمنی (Heizhao *et al*., 2004)، بهبود و افزایش رشد و مقاومت در برابر بیماری‌ها در گونه‌های مختلف آبزی-پروری به اثبات رسیده است. پروبیوتیک‌ها با اینکه اثرات مثبتی در آبزیان دارند اما نگرانی‌هایی از قبیل زنده ماندن سویه‌های پروبیوتیک در خوراک، ماندگاری در روده و احتمال بدست آوردن ژن حدت از باکتری‌های بیماری‌زا از طریق انتقال افقی ژن را به وجود آورده‌اند. بنابراین پست‌بیوتیک‌ها که محصولات جانبی پروبیوتیک‌ها هستند جایگزین مناسبی برای پروبیوتیک‌ها هستند. پست‌بیوتیک، محصول یا محصولات جانبی متابولیکی حاصل از میکروارگانیسم‌ها هستند که اثرات مفیدی بر میزبان دارند (Choud-hury and Kamilya, 2019). پست‌بیوتیک به عوامل محلول (محصولات یا فرآورده‌های جانبی متابولیک) که توسط باکتری‌های زنده ترشح می‌شوند یا پس از لیز باکتری آزاد می‌شوند، اطلاق می‌شود، مانند آنزیم‌ها، پپتیدها، اسیدهای تیکوئیک، موروپپتیدهای مشتق شده از پپتیدوگلیکان، پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌های سطح سلولی و اسیدهای آلی. علیرغم این واقعیت که مکانیسم‌های دخیل در اثرات مفید پست‌بیوتیک‌ها برای سلامتی به‌طور کامل مشخص نشده است، داده‌های علمی شواهدی ارائه کرده‌اند که پست‌بیوتیک‌ها دارای خواص عملکردی متفاوتی هستند، اما نه محدود به خواص ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و تعدیل کننده ایمنی. این ویژگی‌ها می‌توانند به طور مثبت بر هموستاز میکروبیوتا و یا مسیر-های متابولیکی و سیگنالی میزبان تأثیر بگذارند، بنابراین بر واکنش-های فیزیولوژیکی، ایمنی‌شناسی، عصبی- هورمون‌های بیولوژیکی، تنظیمی و متابولیکی خاص تأثیر می‌گذارند (Sharma and Shukla, 2016; Shenderov, 2013). در همین راستا باتوجه به اثرات مفید گزارش شده در خصوص پست‌بیوتیک‌ها، محصول پست بیوتیکی شرکت کیمیازیم که بر پایه مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* (NutriYeast-Aq) می‌باشد، برای این تحقیق انتخاب شد. مطالعه حاضر با هدف تعیین اثرات این محصول پست‌بیوتیکی بر شاخص‌های رشد و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی در ماهی قزل‌آلا طراحی و اجرا شد.

۲ | مواد و روش‌ها

یک هفته قبل از انتقال ماهی‌ها به سالن آبزی‌پروری دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی گرگان شرایط پرورش برای بچه ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان مانند ضدعفونی و شستشوی تانک‌های پرورشی، ایجاد هوادهی مناسب، تنظیم نور انجام گرفت جهت انجام این آزمایش تعداد ۱۴۴ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از کارگاه بخش خصوصی معتبر دارای گواهی سلامت و همچنین بررسی ماهیان از نظر ظاهری از مزارع پرورش ماهیان سردآبی خریداری و به سالن سرپوشیده آبزی پروری گروه تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. قبل از شروع آزمایش ماهی‌ها به مدت دو هفته با شرایط مخازن و جیره آزمایشی سازگار شدند. بچه ماهی‌ها بطور کاملا تصادفی با تراکم ۱۲ قطعه در ۱۲ تانک فایبرگلاس ۲۰۰ لیتری (با حجم آبگیری ۱۴۰ لیتر) که از قبل توسط ماده ضدعفونی کننده هیپوکلریت سدیم شستشو و ضدعفونی شده بودند، رهاسازی شدند. هوادهی آب تانک‌ها با استفاده از هواده مرکزی انجام شد و هر روز ۵۰ درصد آب تانک‌ها با آب تازه تعویض شد. این آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در ۴ تیمار (۳ جیره آزمایشی با سطوح ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ درصد پست بیوتیک معادل ۲، ۴و ۸ گرم در کیلوگرم جیره غذایی و یک تیمار به عنوان شاهد بدون افزودن پست بیوتیک) با سه تکرار انجام شد. طی دوره آزمایش تغذیه ماهی‌ها

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

براساس درصد وزن بدن و با استفاده از جداول استاندارد تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. برای تغذیه ماهی‌ها میزان جیره غذایی محاسبه و در سه وعده غذایی (۸، ۱۲، ۱۶) و براساس حداکثر ۳٪ وزن توده زنده تغذیه شدند. در طی دوره آزمایش فاکتورهای فیزیکو-شیمیایی آب شامل دمای آب، اکسیژن محلول، پی‌اچ و سختی آب در حد بهینه موردنیاز ماهی قزل‌آلا تثبیت و حفظ شد. شرایط دوره نوری به‌صورت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی تنظیم شد. همچنین جهت حفظ کیفیت آب و خروج مواد زائد، غذای خورده نشده سیفون شد. تیمارهای آزمایش به شرح ذیل بودند :

شامل تیمار یک: گروه شاهد (جیره فاقد پست‌بیوتیک خوراکی)
تیمار دو: جیره حاوی ۲ گرم بر کیلوگرم پست‌بیوتیک
تیمار سه جیره حاوی ۴ گرم بر کیلوگرم پست‌بیوتیک
تیمار چهار: جیره حاوی ۸ گرم بر کیلوگرم پست‌بیوتیک

پست‌بیوتیک برپایه مخمر *ساکارومایسس سرویزیه* از شرکت کیمیازیم (NutriYeast-Aq) تهیه شد. در این آزمایش از غذای تجاری فرادانه استفاده شد و سپس با اضافه کردن پست‌بیوتیک به جیره غذای مورد نظر فرموله شد. برای جلوگیری از هدر رفت مواد مغذی و پست‌بیوتیک مورد نظر ژلاتین ۲٪ برای پوشش غذا استفاده شد. جیره‌های تهیه شده تا زمان مصرف در کیسه‌های زیپ‌دار در یخچال نگهداری شد.

در پایان دوره پرورش، پس از ۲۴ ساعت از زمان آخرین غذادهی و بعد از اطمینان از دفع کامل محتویات لوله گوارش، شاخص‌های رشد و تغذیه اندازه‌گیری شد. برای این منظور، کل بچه ماهیان از هر تکرار جمع‌آوری با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند همچنین به‌وسیله تخته اندازه‌گیری، طول کل و طول استاندارد ۵ عدد از ماهی‌هایی که به‌طور تصادفی انتخاب‌شده‌اند، اندازه‌گیری شد. برای بررسی عملکرد جیره‌های مختلف و مقایسه آن‌ها، در فواصل زمانی مشخص از طریق داده‌های به‌دست‌آمده از زیست‌سنجی و انجام آزمایش‌ها تغذیه‌ای طبق فرمول‌های موجود، برخی از فاکتورهای رشد به شرح زیر تعیین گردید:

افزایش وزن بدن (Takon *et al.*,1990)

رابطه ۱ وزن اولیه - وزن نهایی= افزایش وزن بدن

درصد افزایش وزن بدن (Bokan *et al.*, 2006)

$$\text{درصد افزایش وزن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن نهایی}}{\text{وزن نهایی}} \times ۱۰۰$$

رابطه ۲

نرخ رشد ویژه یک شاخص رشد وزنی می‌باشد که وضعیت رشد ماهیان را به‌طور روزانه نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری آن از رابطه زیر استفاده شد.

نرخ رشد ویژه (Houri *et al.*, 2005)

$$\text{نرخ رشد ویژه} = \left(\frac{\text{Ln وزن نهایی} - \text{Ln وزن اولیه}}{\text{طول دوره پرورش}}\right) \times ۱۰۰$$

رابطه ۳-۳

ضریب‌تبدیل غذایی بیشتر نشان دهنده مقدار غذای مورد استفاده در هر یک از حوضچه‌ها می‌باشد زیرا اطمینان از اینکه تمام غذای داده شده مورد مصرف ماهیان قرار گرفته است وجود ندارد.

ضریب‌تبدیل غذایی (Houri *et al.*, 2005)

$$\text{ضریب تبدیل غذایی} = \frac{\text{غذای خورده شده (گرم)}}{\text{افزایش وزن (گرم)}}$$

رابطه ۳-۴

برای بررسی شاخص‌های خونی و ایمنی غیراختصاصی، تعداد ۹ ماهی از هر تیمار صید و در محلول ۱۰۰ ppm یوجینول بیهوش شدند. سپس نمونه خون با استفاده از سرنگ از ساقه دمی گرفته شد و در ظرف‌های پلاستیکی هپارینه و غیرهپارینه ریخته شد. نمونه‌های خون هپارینه جهت مطالعات خون‌شناسی استفاده شد و نمونه‌های غیرهپارین جهت به دست آوردن سرم به مدت ۱۰ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سرم‌ها به ظرف‌های جدید منتقل گردید و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند (Ross *et al.*, 2000). بررسی میزان فعالیت سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز سرم با استفاده از کیت نوندسلامت و براساس پروتوکل‌های پیشنهادی انجام شد. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز بر اساس روش (Misra and Fridovich, 1972) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، ۰/۱ میلی‌لیتر سرم با مخلوط EDTA (۰/۱ میلی‌لیتر، ۰/۶ میلی‌مولار) و بافر بی‌کربنات کربنات (۱ میلی‌لیتر، ۰/۱ مولار؛ pH 2/10) مخلوط شد. سپس ۰/۵ میلی لیتر اپی نفرین (۱/۸ میلی مولار) به مخلوط اضافه شد و افزایش DO در ۴۸۰ نانومتر در هر ۳۰ ثانیه به مدت ۳ دقیقه (Uv-1900i Shimadzu، ژاپن) ثبت شد. مقادیر به عنوان مهار ۵۰ درصد از اکسیداسیون اپی نفرین به صورت دقیقه میلی گرم پروتئین بیان شد. فعالیت کاتالاز براساس روش (Takahara *et al.*, 1960) مورد سنجش قرار گرفت. نمونه ۱۰۰ میکرولیتری به ۱/۲ میلی لیتر بافر فسفات (۰/۰۱ مولار، pH 6.8) اضافه شد. واکنش با افزودن ۱ میلی لیتر H_2O_2 آغاز شد (۰/۰۳ مولار در بافر فسفات). جذب در ۲۴۰ نانومتر هر ۳۰ ثانیه به مدت ۳ دقیقه ثبت شد. فعالیت کاتالاز به صورت یک میکرومول H_2O_2 بیان شد. مقدار گلوتاتیون پراکسیداز با استفاده از کیت تشخیصی (ZellBio) آلمان (طبق دستورالعمل شرکت سازنده و براساس روش (Kuthan *et al.*, 1986) اندازه‌گیری شد. گلوتاتیون پراکسیداز به همراه گلوتاتیون بر ترکیبات پراکسید اثر کرده و منجر به تولید ترکیب گلوتاتیون دی سولفید می‌شود. فرایند بازگشت این واکنش و تولید مجدد گلوتاتیون در حضور آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، NADPH و معرف کومن هیدروپراکسید انجام می-گیرد. در سنجش گلوتاتیون پراکسیداز میزان مصرف NADPH در واکنش به عنوان شاخص تعیین کمی آن در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. براساس سنجش انجام شده هر واحد گلوتاتیون پراکسیداز معادل مقدار آنزیم مورد نیاز برای مصرف یک میکرومول

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

NADPH در مدت یک دقیقه بود. داده‌های به‌دست آمده از این تحقیق به‌صورت طرح کاملاً تصادفی انجام شد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری (SPSS-22) تجزیه و تحلیل شدند. داده ها توسط آزمون ANOVA یک‌طرفه در سطح احتمال ۵ درصد (مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (Duncan) در سطح اطمینان (۹۵ درصد) انجام شد.

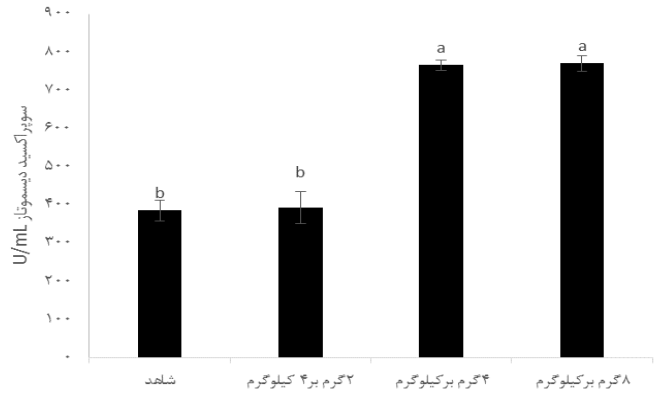
۳ | نتایج

اثرات پست‌بیوتیک، پس از ۸ هفته تغذیه بر شاخص‌های رشد بچه‌ماهی قزل‌آلا در جدول نشان داده شده است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزودن پست‌بیوتیک به جیره ماهی قزل‌آلا سبب افزایش رشد نسبت به گروه شاهد گردید اگرچه از نظر آماری این رشد معنادار نبود ($p<۰/۰۵$). بالاترین مقدار عددی رشد در بچه‌ماهی‌های تغذیه شده با ۸ گرم پست‌بیوتیک به ازای کیلوگرم بدست آمد. همچنین بهبود ضریب تبدیل غذایی در بچه‌ماهی‌های تغذیه شده با پست‌بیوتیک مشاهده شد. اگرچه از نظر آماری این کاهش ضریب‌تبدیل غذایی معنادار نبود.

در شکل‌های زیر میزان فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با تیمارهای مختلف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه* نشان داده شده است. همانطور که در اشکال قابل مشاهده است در تمام فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم برکیلوگرم دیده می‌شود. در شکل شماره ۱ در خصوص آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم اختلاف معنی داری دیده می‌شود و همچنین بیشترین میزان سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم قابل مشاهده است. همینطور در شکل ۲ بین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گروه شاهد و تیمار ۲ گرم و ۸ گرم برکیلوگرم و همچنین تیمار شاهد و ۸ گرم اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود. همچنین بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم قابل مشاهده است. با توجه به شکل ۳ در رابطه با آنزیم گلوتاتیون پرکسیداز هم فقط بین گروه شاهد و تیمار ۴ گرم بر کیلوگرم و تیمار ۸ گرم، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و همچنین بیشترین میزان این آنزیم در تیمار ۸ گرم برکیلوگرم قابل مشاهده است.

جدول۱- اثرات تغذیه ۸ هفته‌ای با جیره‌های حاوی مکمل غذایی پست‌بیوتیک بر شاخص‌های رشد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

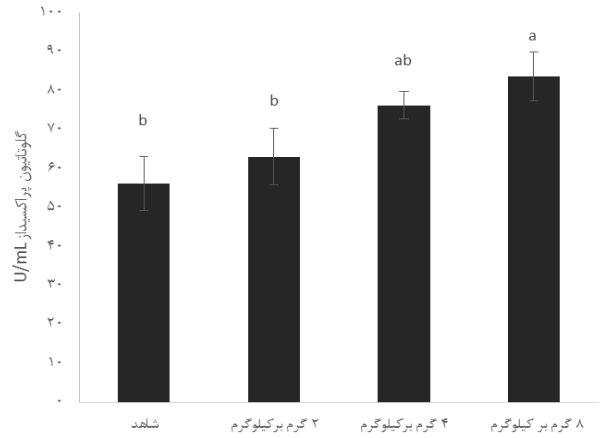
	جیره حاوی پست‌بیوتیک ساکارومایسیس سرویزیه			
	۰	۲گرم برکیلوگرم	۴ گرم برکیلوگرم	۸ گرم برکیلوگرم
میانگین وزن اولیه (گرم)	۲/۱۳ ± ۰/۰۵	۲/۱۶ ± ۰/۰۲	۲/۱۵ ± ۰/۰۳	۲/۱۳ ± ۰/۰۵
میانگین وزن انتهای دوره (گرم)	۱۸/۶۸ ± ۰/۳۸	۱۸/۲۵ ± ۰/۴۹	۱۹/۴۴ ± ۰/۴۹	۱۹/۷۴ ± ۱/۲۳
افزایش وزن (گرم)	۱۶/۵۴ ± ۰/۴۲	۱۶/۱۱ ± ۰/۵۸	۱۷/۲۸ ± ۰/۴۸	۱۷/۶۱ ± ۱/۳۵
درصد افزایش وزن	۷۷۶/۱۳ ± ۳۶/۳۲	۷۴۶/۰۶ ± ۳۶/۳۰	۸۰۰/۳۰ ± ۲۲/۴۹	۸۲۵/۴۱ ± ۵۲/۲۱
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۳/۸۷ ± ۰/۰۷	۳/۸۱ ± ۰/۰۸	۳/۹۲ ± ۰/۰۴	۳/۹۷ ± ۰/۱۰
ضریب تبدیل غذایی	۰/۷ ± ۰/۰۴	۰/۷۳ ± ۰/۰۵	۰/۶۹ ± ۰/۰۴	۰/۶۵ ± ۰/۰۴
درصد بقا	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰



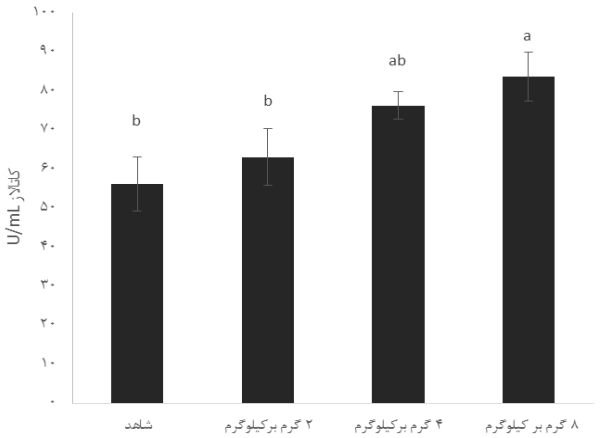
شکل ۱- میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با تیمارهای مختلف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]



شکل۳- میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز سرم قزل‌آلا رنگین‌کمان تغذیه شده با تیمارهای پست‌بیوتیک برپایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه*



شکل ۲- میزان فعالیت آنزیم کاتالاز سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با تیمارهای مختلف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه*

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزودن پست‌بیوتیک به جیره ماهی قزل‌آلا سبب افزایش رشد نسبت به گروه شاهد گردید، اگرچه از نظر آماری این رشد معنادار نبود ($p<۰/۰۵$). بالاترین مقدار عددی رشد در بچه ماهی های تغذیه شده با ۸ گرم پست‌بیوتیک به ازای کیلوگرم بدست آمد. همچنین بهبود ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهی های تغذیه شده با پست‌بیوتیک مشاهده شد. اگرچه از نظر آماری این کاهش ضریب تبدیل غذایی معنادار نبود. با توجه به مطالعات انجام شده، در مطالعه‌ای همسو با این تحقیق که با هدف بررسی اثرات ساکارومایسس سرویزیه بر رشد، سلامت روده و کبد، میکروبیوتای روده و مقاومت به بیماری گربه ماهی روگاهی (*Ictalurus punctatus*) انجام شد. گربه ماهی روگاهی به‌طور تصادفی به دو تیمار، گروه شاهد (جیره پایه) و گروه SCC (جیره پایه با کشت ۲ درصد ساکارومایسس سرویزیه) تقسیم شدند و به مدت ۱۲ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که افزایش وزن در گروه SCC در مقایسه با گروه کنترل به طور معنی‌داری افزایش یافت ($p < ۰/۰۵$) و ضریب تبدیل غذایی به طور معنی‌داری کاهش یافت ($p < ۰/۰۵$) (Xia *et al*., 2022). همچنین در مطالعه ای دیگر همسو با این تحقیق، سبوس گندم (WB) توسط مخمر نانوایی (*Saccharomyces cerevisiae*) تخمیر شد تا تأثیر آن بر میزان رشد، شاخص های خون، و بافت شناسی روده و کبد ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) مشخص شود. در این مطالعه سطوح مختلف (۰، ۱۵، ۲۰و ۲۵ درصد) در جیره های تیلاپیا، چهار جیره عملی تشکیل دادند. ماهی های تغذیه شده با جیره ۲ (۲۰٪ YFWB) بهترین وزن نهایی بدن، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نسبت کارایی پروتئین، و ضریب تبدیل خوراک را با استفاده از رگرسیون چند جمله‌ای داشتند (Mohammady *et al*., 2023). همچنین در مطالعه‌ای دیگر شش جیره آزمایشی برای ارزیابی اثرات عصاره ساکارومایسس سرویزیه، به عنوان بخشی از یک رژیم غذایی کم پودر ماهی با منبع پروتئین گیاهی پیچیده، بر هامور خالدار نارنجی (*Epinephelus coioides*) فرموله شد. در گروه کنترل مثبت، پودر ماهی تنها منبع پروتئین (FM) بود. گروه کنترل منفی (Y_0) با مقادیر کم پودر ماهی تغذیه شدند و پروتئین گیاهی به عنوان منبع پروتئین مورد استفاده قرار گرفت. سایر جیره‌ها با عصاره ساکارومایسس سرویزیه تکمیل شدند: ۱ گرم بر کیلوگرم (Y_1)، ۲ گرم بر کیلوگرم (Y_2)، ۵ گرم بر کیلوگرم (Y_5)، و ۱۰ گرم بر کیلوگرم (Y_{10}) . شش گروه با سه تکرار در هر گروه و ۳۰ هامور در هر تکرار تقسیم شدند. این آزمایش ۵۶ روز به طول انجامید. نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری در میزان افزایش وزن و نرخ رشد ویژه گروه های FM، Y_0 و Y_2 وجود ندارد ($p < ۰/۰۵$). پس از چالش ویبریو هاروی، میزان بقا در گروه‌های Y_1 و Y_{10} به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه Y_0 بود ($p < ۰/۰۵$). این نتایج نشان داد که در مقایسه با گروه کنترل منفی، افزودن ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم عصاره ساکارومایسس سرویزیه می تواند طول چین‌های مخاطی پیش روده و ضخامت عضله کل روده را افزایش دهد که این موارد می توانند سبب بهبود رشد شوند (Yang *et al*., 2023). بعلاوه به‌کارگیری پربیوتیک تجاری مولتی بسهیل و بهسام در پرورش نوزادان ماهی سبب افزایش معنی‌دار شاخص های وکارایی مصرف خوراک شد (Jafarian *et al*., 2015). درخصوص اثرگذاری مطلوب پست‌بیوتیک مورد استفاده می توان عنوان کرد که چون *ساکارومایسس سرویزیه* دارای واحدهای الیگوساکارید است و الیگوساکاریدها به‌دلیل ساختار خاص و عدم برخورداری ماهی‌ها از آنزیم‌های هیدرولیزکننده اتصالات نوع β بین واحدهای مونوساکاریدی، در برابر فرآیند گوارش مقاومت کرده و صرفاً توسط برخی از باکتری‌های بی‌هوازی موجود در دستگاه گوارش قابلیت تجزیه شدن را دارند (Merrifield and Ringo, 2014) لذا، عمدتا باکتری‌ها شامل لاکتوباسیلو ها، بیفیدوباکترها و بسیاری از باکتریهای اسید لاکتیک هستند که می‌توانند با استفاده از تخمیر از الیگوساکاریدها تغذیه کرده و به این وسیله اثرات مفیدی روی میزبان داشته باشند. در نتیجه، تغذیه

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

ماهیان با این نوع کربوهیدرات‌ها می‌تواند باعث افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده و به‌خصوص بیفیدو باکترها و باکتری‌های اسید لاکتیک گردد. همچنین به علت کاهش pH روده به دلیل وجود شرایط تخمیری و تولید اسید توسط جمعیت باکتری‌های مفید، از فعالیت باکتری‌های مضر و بیماری‌زا در دستگاه گوارشی جلوگیری شده و از طرفی جذب مواد معدنی افزایش می‌یابد که باعث بهبود شاخص‌های رشد می‌شود (Merrifield and Ringo, 2014). همانطور که در بخش نتایج قابل مشاهده است، در تمام فاکتورهای آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم برکیلوگرم مشاهده گردید. در میزان میزان آنزیم کاتالاز بین گروه شاهد و ۸ گرم برکیلوگرم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بیشترین میزان آنزیم کاتالاز در تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید. در آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پرکسیداز هم بین گروه شاهد و تیمار ۸ گرم اختلاف معنی‌داری دیده شده و بیشترین میزان فعالیت مربوط به تیمار ۸ گرم بر کیلوگرم بود. در تحقیق همسو با این مطالعه که بر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد، مشخص گردید که استفاده از جیره غذایی حاوی سطوح مختلف عصاره آویشن و پربیوتیک ایمنوژن به طور قابل توجهی باعث افزایش پارامترهای آنتی‌اکسیدانی از جمله کاتالاز، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است (Yousefi *et al*., 2023). همچنین در مطالعه‌ای دیگر بکارگیری پکتین استخراج شده از پوست پرتقال به عنوان یک پربیوتیک طبیعی سبب بهبود معنی‌دار فعالیت سیستم دفاع آنتی-اکسیدانی از جمله فعالیت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و فنول پراکسیداز شد (Nasiry *et al*., 2020). همچنین در مطالعه‌ای دیگر که در رابطه با بررسی اثرات پربیوتیک استاچیوز بر ایمنی و بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان مرتبط و متابولیسم لیپید در گورخرماهی (*Danio rerio*) انجام شد، اختلاف معنی داری بین میزان بیان ژن در آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی دیده نشد ولی در تیماری که با جیره حاوی ۴ گرم استاچیوز تغذیه شد، بیشترین میزان بیان ژن کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز مشاهده گردید (Shirzadeski *et al*., 2022). به‌علاوه در مطالعه‌ای دیگر که منظور بررسی اثرات ترکیبی و منفرد عصاره اتانولی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium Boiss*) و سین‌بیوتیک Biomin®IMBO بر عملکرد رشد، پاسخ‌های ایمنی ذاتی و دفاع آنتی‌اکسیدانی در گورخرماهی (*Danio rerio*) انجام شد، مشخص شد که جیره حاوی این افزودنی، باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری در میزان فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و گوتاتیون پر اکسیداز بین تیمار شاهد و سایر تیمارها شده است (Ghafari *et al*., 2021). سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) آنزیم‌های آنتی-اکسیدانی مهمی هستند که نقش حیاتی در مقابله با سمیت گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تحت شرایط نامساعد دارند (Tebrez *et al*., 2009). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، در همه تیمارها افزایش فعالیت‌های CAT، SOD، GPx در مقایسه با گروه شاهد داشته‌اند. در واقع این سیستم‌های محافظ (آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و استرس اکسیداتیو) قادرند تولید و حذف گونه‌های فعال اکسیژن را در شرایط طبیعی متعادل کنند. اختلال در این فرآیند منجر به اختلال در سیستم هموستاز بدن و ایجاد استرس اکسیداتیو در سلول‌های مختلف موجودات زنده می‌شود (Derakhshesh *et al*., 2015). آنزیم‌های SOD، CAT و GPx درگیر در سیستم آنتی‌اکسیدانی به عنوان اولین مکانیسم دفاعی دربرابر استرس اکسیداتیو ازطریق فرآیندهای رادیکال و فاگوسیتوز در بافت آسیب دیده شناسایی می‌شوند (Abhijith *et al*., 2016). با این حال، نقش اصلی این آنزیم‌ها خنثی کردن گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در اندام‌های مختلف است (Zhang *et al*.,2011). سوخت و ساز سلولی جانداران با تولید انواع مختلف رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) همچون پراکسید هیدروژن، سوپراکسید، هیدروکسیل و غیره همراه است. این ترکیبات قدرت اکسیداسیونی قوی دارند و جزء عوامل بسیار مهم در آسیب رسیدن به سلول‌های مختلف بدن هستند. آنها با تخریب ترکیباتی همچون پروتئین‌ها، آمینواسیدها، DNA و غیره در ایجاد سرطان‌های سلولی نقش دارند. هرگاه تولید رادیکال‌های آزاد در بدن جانداران بیشتر از میزان حذف آن‌ها باشد، استرس اکسیداتیو ایجاد می‌شود (Martinez *et al*., 2005). سلول‌ها برای مقابله با این ترکیبات و خنثی کردن آن‌ها از سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی خود شامل آنزیم های کاتالاز، گلوتاتیون ردوکتاز، گلوتانیون اس- ترانسفراز و غیره استفاده می‌کنند. در مطالعه حاضر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تمامی تیمارهای مورد مطالعه افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. شاخص‌های متفاوتی از جمله عوامل زنده یا غیرزنده مانند تغذیه، سن ماهی، بیماری، دما، ترکیبات سمی و غیره می تواند باعث تقویت یا تضعیف سیستم دفاع‌آنتی اکسیدانی در ماهی‌ها شوند (Martinez *et al*., 2005). پروبیوتیک‌ها در بدن جانداران با مکانیسم‌های مختلفی همچون قدرت کلاته کردن عناصر اکسید کننده آهن و مس، تولید متابولیت‌هایی با خواص آنتی‌اکسیدانی (بوتیرات و گلوتاتیون)، بهبود بیان ژن‌های تقویت‌کننده فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، تأثیر بر فعالیت پروتئین-های مؤثر (پروتئین کیناز، سیتوکروم و غیره) در مسیر متابولیسم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بدن باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی می‌شود (Wang *et al*., 2017). در مورد مکانیسم اثر پست بیوتیک ها بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در آبزیان مطالعات بیشتری نیاز است، اما به‌نظر می‌رسد پست‌بیوتیک‌ها قادر هستند با ترشح آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی خاص و تحریک متابولیسم تولید این آنزیم‌ها در آبزیان باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی شوند (Li *et al*., 2012). از طرف دیگر پست‌بیوتیک با بهبود هضم و جذب مواد مغذی جیره به فرایند تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در بدن آبزیان کمک می‌کنند و باعث افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می شوند. به‌طور کلی مقادیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با تیمارهای مختلف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه* با افزایش درصد پست بیوتیک در تیمارها، مقادیر آنزیم‌ها هم افزایش پیدا کرده است. با توجه به نتایج

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

این تحقیق و بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که پربیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها در ماهی‌ها مختلف با تاثیرگذاری متفاوت خود باعث افزایش پارامترهای ایمنی گردیده‌اند که از جمله می‌توان به افزایش پارامترهایی نظیر انفجار تنفسی، ایمونوگلوبولین، فعالیت فاگوسیتوزی در ماهیان اشاره کرد که سبب ارتقا سیستم ایمنی در آن‌ها گردیده است که نتایج آن در افزایش نرخ بقا در طول دوره پرورش و آزمایش-های مقابله با استرس کاملاً مشهود می‌باشد (Mohapatra *et al.*, 2013). همچنین پست‌بیوتیک‌ها با تاثیر بر طول چین‌های مخاطی پیش روده و ضخامت عضله کل روده را افزایش دهد و رشد روده را حفظ کند (Yang *et al*., 2021). باتوجه به نتایج مطالعه حاضر، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پست‌بیوتیک بر پایه مخمر ساکارومایسیس سرویزیه در رژیم غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند برای بهبود وضعیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی از طریق افزایش میزان آنزیم های آنتی‌اکسیدانی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مؤثر باشد. همچنین نتایج حاضر نشان داد که سطوح مختلف پست‌بیوتیک بر پایه مخمر *ساکارومایسیس سرویزیه* توانست در افزایش عملکرد رشد تاثیر گذار باشد، اگرچه مطالعات بیشتر برای بررسی اثرات این پست‌بیوتیک بر سلامت و بقای ماهی‌هایی که در معرض استرس‌های محیطی و بیماری‌های عفونی قرار دارند توصیه می‌شود.

۵ | تشکر و قدردانی

از حمایت‌های دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی درقالب پایان نامه کارشناسی ارشد آقای لشکربلوک و نیز حمایت‌های مالی شرکت بهان کیمیازیم تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

پست الکترونیک نویسندگان:

محمد حسین لشکربلوک: mhlbluky@gmail.com
سید حسین حسین‌فر: Hoseinifar@gau.ac.ir
محمد مازندرانی: mazandarani57@gmail.com
ولی‌اله جعفری: v.jafari.sh110@gmail.com
رقیه صفری: fisheriessafari@yahoo.com

REFERENCES

Abhijith B.D., Ramesh M., Poopal R.K. 2016. Responses of metabolic and antioxidant enzymatic activities in gill, liver and plasma of *Catla catla* during methyl parathion exposure. The Journal of Basic & Applied Zoology, 77: 31-40.

Abdel-Tawwab M., Samir F., Abd El-Naby A.S., Monier M.N. 2018. Antioxidative and immunostimulatory effect of dietary cinnamon nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. and its susceptibility to hypoxia stress and *Aeromonas hydrophila* infection. Fish & Shellfish Immunology, 74: 19-25.

Abbaspour N., Hurrell R., Kelishadi R. 2014. Review on iron and its importance for human health. Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences, 19(2), 164.

Aoki T., Takami K., Kitao T. 1990. quinqueradia ta. Disesaes of Aquatic Organisem, 8: 171–177.

Akhter N., Wu B., Memon A.M., Mohsin M. 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. Fish and Shellfish Immunology, 45: 733–741.

Amlashi, A. S., Falahatkar, B., Sattari, M., & Gilani, M. T. 2011. Effect of dietary vitamin E on growth, muscle composition, hematological and immunological parameters of sub-*yearling* beluga *Huso huso* L. Fish & Shellfish Immunology, 30(3): 807-814.

Akrami R., Iri Y., Rostami H.K., Mansour M.R. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligo-saccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology, 35(4): 1235-1239.

Aguilar-Toalá J.E., Garcia-Varela R., Garcia H.S., Mata-Haro V., González-Córdova A.F., Vallejo-Cordoba B., Hernández-Mendoza A. 2018. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. Trends in Food Science & Technology, 75, 105-114

Barducci R.S., de Abreu V., Santos A.A.D., Pacheco L.G., Koch J.F.A., Florencio M., Pilarski F. 2022. Natural feed additive containing Saccharomyces cerevisiae-originated free nucleotides improves innate immunity, gut histology and disease resistance in Nile tilapia. Animal Feed Science and Technology, 289: 115337.

Brunt E.M., Wong V.W.S., Nobili V., Day C.P., Sookoian S., Maher, J.J., Rinella M.E. 2015. Nonalcoholic fatty liver disease. Nature reviews Disease primers, 1(1): 1-22.

Baquero, F., & Levin, B. R. 2021. Proximate and ultimate causes of the bactericidal action of antibiotics. Nature Reviews Microbiology, 19(2): 123-132.

Batista, S., Tapia-Paniagua, S. T., Morinigo, M. A., Nunez-Diaz, J. A., Goncalves, J. F. M., Barros, R., & Ozorio R.O.A. 2013. Expression of immune response genes in sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) induced by dietary probiotic supplementation following exposure to *Photobacterium damselae* subsp. *piscicida*. Fish and Shellfish Immunology, 6(34): 1638-1639.

Choudhury T.G., Kamilya D. 2019. Paraprobiotics: An aquaculture perspective. Reviews in Aquaculture, 11(4): 1258-1270.

Chakrabarti R., Srivastava P.K., Verma N., Sharma J. 2014. Effect of seeds of *Achyranthes aspera* on the immune responses and expression of some immune-related genes in carp *Catla catla*. Fish & Shellfish Immunology, 41(1): 64-69.

Caspi R.R., Avtalion R.R. 1984. Evidence for the existence of an IL-2 like lymphocyte growth promoting factor in a bony fish, *Cyprinus carpio*. Developmental & Comparative Immunology, 8(1): 51-60.

de Almeida F.L.A., Carvalho R.F., Pinhal D., Padovani C. R., Martins C., Dal Pai-Silva M. 2008. Differential expression of myogenic regulatory factor MyoD in pacu skeletal muscle (*Piaractus mesopotamicus*

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei) during juvenile and adult growth phases. Micron, *39*(8): 1306-1311.

del Valle J.C., Bonadero M.C., Gimenez A.V.F. 2023. Saccharomyces cerevisiae as probiotic, prebiotic, synbiotic, postbiotics and parabiotics in aquaculture: An overview. Aquaculture, 73:39-42.

Derakhshesh N., Movahedinia A., Salamat N., Hashemitabar M., Bayati V. 2015. Comparative study of the basic levels of antioxidant enzyme activity superoxide dismutase and catalase enzymes of fish grouper (*Epinephelus coioides*) in in vitro and in vivo models. Aquatics Physiology and Biotechnology, *2*(3): 47-67.

Esteban M.A. 2012. An overview of the immunological defenses in fish skin. Fish Immunology, 1: 1-29.

Epaud R., Delestrain C., Weaver T.E., Akinbi H.T. 2019. Bacterial killing is enhanced by exogenous administration of lysozyme in the lungs. Respiratory Medicine and Research, 76: 22-27.

Evans D.L., Harris D.T., Jaso-Friedmann L. 1992. Function associated molecules on nonspecific cytotoxic cells: role in calcium signaling, redirected lysis, and modulation of cytotoxicity. Developmental & Comparative Immunology, 16(5): 383-394.

Gomez D., Sunyer J.O., Salinas I. 2013. The mucosal immune system of fish: the evolution of tolerating commensals while fighting pathogens. Fish & Shellfish Immunology. 35: 1729–1739.

Goodrich R.P., Doane S., Reddy H.L. 2010. Design and development of a method for the reduction of infectious pathogen load and inactivation of white blood cells in whole blood products. Biologicals 38: 20-30.

Gholipour M., Soltanian S., Akhlaghi M., Alishahi M., Mirbakhsh M., Gheysari H. 2020. The effect of encapsulation of Lactobacillus plantarum with Alginate/Chitosan Nano particles on growth performance and digestive enzyme activities in Asian sea bass (*Lates cacalifer*). Journal of Animal Environment, 12(3) :197-206.

Hao Q., Xia R., Zhang Q., Xie Y., Ran C., Yang Y., Zhou Z. 2022. Partially replacing dietary fish meal by Saccharomyces cerevisiae culture improve growth performance, immunity, disease resistance, composition and function of intestinal microbiota in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Fish & Shellfish Immunology, 125: 220-229.

Islam S.M., Rohani M.F., Shahjahan M. 2021. Probiotic yeast enhances growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through morphological modifications of intestine. Aquaculture Reports, 21, 100800.

Jafariyan H., Sahandi J., Taati M., Eslamloo K., Dewangan N.K., Gopalakrishnan A., El-Gamal A.A.E. 2015. The use of Bacillus probiotics in-feed improved stress resistance of *Trichopodus trichopterus* (Pallas, 1770) larvae. Journal of Coastal Life Medicine, 3(10): 757-760.

Karimi Pashaki A., Ghasemi M., Zorriehzahra M.J., Shrif Rohani M., Hosseini S.M. 2020. Effects of dietary garlic (*Allium sativum*) extract on survival rate, blood and immune parameters changes and disease resistance of Common carp (*Cyprinus carpio* carpio Linnaeus, 1758) against Spring Viremia of Carp (SVC). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 19(3): 1024-1039

Kumar V. 2020. Pulmonary innate immune response determines the outcome of inflammation during pneumonia and sepsis-associated acute lung injury. Frontiers in Immunology. 11: 1722.

Killie J.E.A., Jørgensen T.Ø. 1995. Immunoregulation in fish II: intermolecular-induced suppression of antibody responses studied by haptenated antigens in atlantic salmon (*Salmo salar* L). Developmental & Comparative Immunology, 19(5): 389-404.

Kalyanaraman B. 2013. Teaching the basics of redox biology to medical and graduate students: Oxidants, antioxidants and disease mechanisms. Redox biology, 1(1): 244-257.

Leiro J., Ortega M., Estevez J., Ubeira F.M., Sanmartin M.L. 1996. The role of opsonization by antibody and complement in in vitro phagocytosis of microsporidian parasites by turbot spleen cells. Veterinary Immunology and Immunopathology, 51(1-2): 201-210.

Lamas J., Ellis A.E. 1994. Atlantic salmon (*Salmo salar*) neutrophil responses to *Aeromonas salmonicida*. Fish and Shellfish Immunology. 4: 201-219.

Liu H., Li Z., Tan B., Lao Y., Duan Z., Sun W., Dong X. 2014. Isolation of a putative probiotic strain S12 and its effect on growth performance, non-specific immunity and disease-resistance of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Fish & shellfish immunology, 41(2): 300-307.

Li W.F., Deng B., Cui Z.W., Fu L.Q., Chen N.N., Zhou X.X., Shen W., Yu D. 2012. Several indicators of immunity and antioxidant activities improved in grass carp given a diet containing Bacillus additive. Journal of Animal and Veterinary Advances, 11(14): 2392-7.

Miller I. 2018. The gut–brain axis: historical reflections. Microbial ecology in health and disease, 29(2), 1542921.

Mathias A., Duc M., Favre L., Benyacoub J., Blum S., Corthésy B. 2010. Potentiation of polarized intestinal Caco-2 cell responsiveness to probiotics complexed with secretory IgA. Journal of Biological Chemistry, 285(44): 33906-33913.

Martínez-Álvarez R.M., Morales A.E., Sanz A. 2005. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. Reviews in Fish Biology and fisheries, 15: 75-88.

Merrifield D.L., Ringo E. 2014. Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics, and Prebiotics. Wiley Blackwell. 496 p.

Mohan T., Verma P., Rao D.N. 2013. Novel adjuvants & delivery vehicles for vaccines development: a road ahead. Indian Journal of Medicinal Research, 138: 779.

Mohammady E.Y., Aboseif A.M., Soaudy M.R., Ramadan E.A., Hassaan M.S. 2023. Appraisal of fermented wheat bran by Saccharomyces cerevisiae on growth, feed utilization, blood indices, intestinal and liver histology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

Aquaculture, 739755.
Mohapatra, S., Chakraborty, T., Kumar, V., DeBoeck, G., & Mohanta, K. N. 2013. Aquaculture and stress management: a review of probiotic intervention. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 97(3): 405-430.
Miller N.W., Rycyzyn M.A., Wilson M.R., Warr G.W., Naftel J.P., Clem L.W. 1994. Development and characterization of channel catfish long term B cell lines. Journal of Immunology, 152: 2180–2189.
Marsden M.J., Vaughan L.M., Foster T.J., Secombes C.J. 1996. A live (delta aroA) *Aeromonas salmonicida* vaccine for furunculosis preferentially stimulates T-cell responses relative to B-cell responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Infection and immunity, 64: 3863–3869
Magnadottir B. 2010. Immunological control of fish diseases. Marine biotechnology, 12, 361-379.
Nazarudin M.F., Yusoff F., Idrus E.S., Aliyu-Paiko M. 2020. Brown seaweed Sargassum polycystum as dietary supplement exhibits prebiotic potentials in Asian sea bass *Lates calcarifer* fingerlings. Aquaculture Reports, 18: 100488.
Nafisi Bahabadi, M., Ch A. 2015. Effects of dietary probiotic (*Lactobacillus plantarum*) on body composition, serum biochemical parameters and liver enzymes of Asian sea bass (*Lates calcalifer*, Bloch 1790). Journal of Marine Science and Technology, 14(2):1-14.
North B.P., Turnbull J.F., Ellis T., Porter M.J., Migaud H., Bron J., Bromage N.R. 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 255(1-4): 466-479.
Nandy S.K., Srivastava R.K. 2018. A review on sustainable yeast biotechnological processes and applications. Microbiological research, 207: 83-90.
Ognik K., Krauze M. 2016. The potential for using enzymatic assays to assess the health of turkeys. Worlds Poultry Science Journal, 72: 535–550.
Ofoedu C.E., You L., Osuji C.M., Iwouno J.O., Kabuo N.O., Ojukwu M., Agunwah I.M., Chacha J.S., Muobike O.P., Agunbiade A.O. 2021. Hydrogen Peroxide Effects on Natural-Sourced Polysacchrides: Free Radical Formation/Production, Degradation Process, and Reaction Mechanism-A Critical Synopsis. Foods, 10: 69-79.
Owatari M.S., da Silva L.R., Ferreira G.B., Rodhermel J.C.B., de Andrade J.I.A., Dartora A., Jatobá A. 2022. Body yield, growth performance, and haematological evaluation of Nile tilapia fed a diet supplemented with *Saccharomyces cerevisiae*. Animal Feed Science and Technology, 293: 115453.
Polyak K., Haviv I., Campbell I.G. 2009. Co-evolution of tumor cells and their microenvironment. Trends in Genetics, 25: 30-38.
Pandiyan P., Balaraman D., Thirunavukkarasu R., George E.G.J., Subaramaniyan K., Manikkam S., Sadayappan B. 2013. Probiotics in aquaculture. Drug invention today, 5(1): 55-59
Rohani M.F., Islam S.M., Hossain M.K., Ferdous Z., Siddik M.A., Nuruzzaman M., Shahjahan M. 2022. Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish. Fish & shellfish immunology, 120: 569-589.
Roberts M.S., Kruchten A.E. 2016. Receptor Biology. John Wiley & Sons.
Romano N., Picchietti S., Taverne-Thiele J.J., Taverne N., Abelli L., Mastrolia L., Verburg-van Kemenade B.M.L., Rombout J. 1998. Distribution of macrophages during fish development: an immunohistochemical study in carp (*Cyprinus carpio*, L.). Anatomy and embryology (Berl). 198: 31–41.
Roitt I., Brostoff J., M.D., 1993. Applied Veterinary Histology 3rd ed: Mosby Year Book. St. Louis, Balt. Boston, Chicago, London, Philadelphia, Sydney, Toronto.
Rijkers G.T., Frederix-Wolters E.M.H., Van Muiswinkel W.B. 1980. The haemolytic plaque assay in carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Immunological Methods, 33: 79–86.
Subramanian S., Ross N., MacKinnon S. 2008. Comparison of the biochemical composition of normal epidermal mucus and extruded slime of hagfish (*Myxine glutinosa L.*). Fish & Shellfish Immunology, 25:625-632.
Siddik M.A., Howieson J., Islam S.M., Fotedar R. 2022. Synbiotic feed supplementation improves antioxidant response and innate immunity of juvenile barramundi, *Lates calcarifer* subjected to bacterial infection. Aquaculture, 552: 737965.
Shoemaker C., Xu D.H., LaFrentz B., LaPatra S. 2015. Overview of fish immune system and infectious diseases. Dietary nutrients, additives and fish health. Wiley, Canada, 1-24.
Syed Raffic Ali S., Ambasankar K., Ezhil Praveena P., Nandakumar S., Syamadayal J. 2017. Effect of dietary fructooligosaccharide supplementation on growth, body composition, hematological and immunological parameters of Asian seabass (*Lates calcarifer).* Aquaculture International, 25(2): 837-848.
Shurson G.C. 2018. Yeast and yeast derivatives in feed additives and ingredients: Sources, characteristics, animal responses, and quantification methods. Animal Feed Science and Technology, 235: 60-76.
Siwicki A.K., Anderson D.P. 1993 Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods. In: Nonspecific Defense Mechanisms Assay in Fish. II. Potential Killing Activity of Neutrophils and Macrophages, Lysozyme Activity in Serum and Organs and Total Immunoglobulin Level in Serum. pp: 105-112.
Salighehzadeh R., Sharifiyazdi H., Akhlaghi M., Khalafian M., Gholamhosseini A., Soltanian S. 2019. Molecular and clinical evidence of *Aeromonas hydrophila* and *Fusarium solani* co-infection in narrow-clawed crayfish *Astacus leptodactylus*. Diseases of Aquatic Organisms, 132(2): 135-141.
Tort L., Balasch J., Mackenzie S. 2003. Fish immune system. A crossroads between innate and adaptive responses. Inmunología, 22: 27-37.
Triantaphyllopoulos K.A., Cartas D., Miliou H. 2020. Factors influencing GH and IGF-I gene expression on growth in teleost fish: how can aquaculture industry

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

benefit? Reviews in Aquaculture, 12: 1637–1662.
Tran N.T., Yang W., Nguyen X.T., Zhang M., Ma H., Zheng H., Li S. 2022. Application of heat-killed probiotics in aquaculture. Aquaculture, 548: 737700.
Tabrez S., Ahmad M. 2009. Effect of wastewater intake on antioxidant and marker enzymes of tissue damage in rat tissues: implications for the use of biochemical markers. Food and Chemical Toxicology, 47(10): 2465-2478.
Verburg-van Kemenade B.L., Weyts F.A., Debets R., Flik G. 1995. Carp macrophages and neutrophilic granulocytes secrete an interleukin-1-like factor. Developmental & Comparative Immunology, 19(1): 59-70.
Vallejo A.N., Miller N.W., Clem L.W. 1992. Antigen processing and presentation in teleost immune responses. Annual Review of Fish Diseases, 2: 73-89.
Wang Y., Wu Y., Wang Y., Xu H., Mei X., Yu D., Wang Y., Li W. 2017. Antioxidant properties of probiotic bacteria. Nutrients, 9(5): 52-61.
Weyts F.A.A., Rombout J., Flik G., Verburg-Van Kemenade B.M.L. 1997. A common carp (*Cyprinus carpio* L.) leucocyte cell line shares morphological and functional characteristics with macrophages. Fish and Shellfish Immunology, 7: 123–133.
Xia R., Hao Q., Xie Y., Zhang Q., Ran C., Yang Y., Zhou Z. 2022. Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* on growth, intestinal and liver health, intestinal microbiota and disease resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture Reports, 24: 101157.
Yang X., He Y., Lin S., Dong X., Yang Q., Liu H., Tan B. 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.
Yarahmadi P., Miandare H.K., Fayaz S., Caipang C.M.A. 2016. Increased stocking density causes changes in expression of selected stress-and immune-related genes, humoral innate immune parameters and stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunology, 48: 43-53.
Yin Z., Lam T.J., Sin Y.M. 1997. Cytokine-mediated antimicrobial immune response of catfish, *Clarias gariepinus*, as a defence againstAeromonas hydrophila. Fish and Shellfish Immunology, 7:93-104.
Zhang J., Khvorostov I., Hong J.S., Oktay Y., Vergnes L., Nuebel E., Teitell M.A. 2011. UCP2 regulates energy metabolism and differentiation potential of human pluripotent stem cells. The EMBO journal, 30(24): 4860-4873.

نحوه استناد به این مقاله:

لشکربلوک م.ح.، حسینی‌فر س.ح.، مازندرانی م.، جعفری و.، صفری ر. اثرات به‌کارگیری پست‌بیوتیک در جیره غذایی بر فراسنجه‌های رشد و سیستم دفاع آنتی اکسیدانی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۸۵-۷۵ :(۲)۱۱ .

Lashkarboluk M.H., Hoseinifar S.H., Mazandarani M., Jafari V., Safari R. Effects of using postbiotics in diet on growth parameters and antioxidant defense system in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fingerlings. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(2): 75-85.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]

Effects of using postbiotics in diet on growth parameters and antioxidant defense system in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fingerlings

Lashkarboluk M.H., Hoseinifar S.H*., Mazandarani M., Jafari V. Safari R.
Dept. of Aquatic Reproduction and Breeding, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Type:

Original Research Paper

Paper History:

Received: 17-12-2023
Accepted: 03-01- 2024

Corresponding author:

Hoseinifar S.H. Dept. of Aquatic Reproduction and Breeding, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Email: Hoseinifar@gau.ac.ir

Abstract

The aim of this research was to investigate the effects of different levels of postbiotic on growth parameters, feed consumption and antioxidant defense system in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Rainbow trout fry (2-3 g) were fed with experimental diets containing different levels (0 (control), 2, 4 and 8 g/kg) of postbiotics for 8 weeks. At the end of the trial, the growth indices and serum antioxidant defense system were measured. Growth indices (average weight, specific growth rate, food conversion ratio, survival rate) were not significantly different between fish fed with postbiotic based on *Saccharomyces cerevisiae* yeast compared to the control group. Although postbiotic fed trout showed higher growth compared to the group. The highest numerical value of growth was obtained in fry fed with 8 g postbiotic per kg. Also, improvement of food conversion ratio was observed in fry fed with postbiotics. Although statistically, this decrease in food conversion ratio was not significant . In all antioxidant defence enzymes, a significant difference was observed between the control group and the 8 g/kg treatment group. A significant difference was observed in the activity of catalase enzyme between the control group and the treatment group of 2 g and 8 g/kg .Also, similar results were observed regarding the activity of the superoxide dismutase enzyme, so that a significant difference was observed between the control group and the 8 g/kg treatment group .Regarding the Glutathione peroxidase enzyme, a significant difference was observed only between the control group and the 8g/kg treatment, and the highest amount of this enzyme was observed in the 8g/kg treatment. According to the results of the present study, it can be concluded that the use of postbiotics based on *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of rainbow trout can be recommended to improve growth indicators and also increase the capacity of the antioxidant defense system in rainbow trout.

Keywords: Rainbow trout, Postbiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, Antioxidant defence, Growth

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.22034/jair.11.3.6]