Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 3, 2026, Pages: 1-21
DOI: 10.71901/jad-2026-1-912

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of different levels of dietary pectin and probiotic *Lactobacillus plantarum* on growth indices and antioxidant defense in Asian sea bass (*Lates calcarifer*)

Mohammad Homayouni[1], Mir Masoud Sajjadi [1*], Bahram Falahatkar[1], Roghayeh Safari[2], Seyed Hosein Hoseinifar[2]

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
2- Fisheries Department, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2 August 2025 **Accepted: 13 September 2025**

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

Extended Abstract:

Introduction: Aquatic animals are consistently exposed to the threats of environmental deterioration and infection outbreaks because of the excessive use of antibiotics and synthetic drugs. This practice leads to the accumulation of residues in aquatic systems and the development of antimicrobial resistance among pathogens. Nature-based solutions, such as functional feeds containing synbiotics and their active components, such as probiotics, prebiotics, and postbiotics, play a crucial role in maintaining a healthy environment and promoting the well-being of animals in aquaculture. Drawing upon a thorough literature survey and experimental evidence, these agents have been shown beneficial to aquatic animals and their ecosystems. Consequently, these synbiotic agents and related components emerge as promising natural alternatives to traditional synthetic drugs and antibiotics in aquaculture. Therefore, considering the importance and properties of pectin and the probiotic bacteria *L. plantarum*, in the present study, the effects of separate and combined use of pectin and *L. plantarum* on Asian sea bass were investigated in order to investigate the growth performance and antioxidant indices in Asian sea bass.

Materials and Methods: The effects of different levels of dietary pectin and probiotic *Lactobacillus plantarum* on growth and antioxidant defense indices in Asian sea bass with an average weight of 8.2±0.2 g and 900 fish in 6 treatments and 3 replications were conducted for 8 weeks at Niksa Design and Development Company farm in Charak city of Hormozgan province in 200 L fiberglass tanks. In this study, pectin extract at levels of 0.5 and 1% and *Lactobacillus plantarum* at a rate of 10^8 *L. plantarum* cells were used. At the end of the period, growth factors and antioxidant indices were examined.

Results and Discussion: In the study of the interaction effect of pectin and *L. plantarum*, final weight, final length, weight gain, weight gain percentage, lipid efficiency ratio, protein efficiency ratio and specific growth rate, there was a significant difference between the combination treatment of 1% pectin and 10^8 CFU/g *L. plantarum* and other treatments ($p<0.05$). Also, among the separate treatments, a significant difference was observed in the treatment containing 10^8 CFU/g *L. plantarum* compared to the

separate treatments containing pectin (p<0.05). In the index of feed conversion ratio and condition factor, the combined treatments containing pectin and *L. plantarum* with an interaction effect, as well as the treatment containing 10^8 CFU/g *L. plantarum*, showed a significant difference with other experimental treatments (p<0.05). There was a significant difference in the levels of catalase and superoxide dismutase between the combined treatment of 1% pectin and 10^8 CFU/g *L. plantarum* and other treatments (p<0.05). Among the separate treatments, a significant difference was observed in the treatment containing 10^8 CFU/g *L. plantarum* and 1% pectin compared to other treatments (p<0.05). In the amount of glutathione peroxidase of the combined treatments containing pectin and *L. plantarum* with an interaction effect, a significant difference was observed compared to the other experimental groups (p<0.05). There was a significant difference between the individual treatments, such that in the treatment containing 10^8 CFU/g *L. plantarum* and 1% pectin, it was observed compared to the other treatments (p<0.05).

Conclusion: According to the results of this study, the combination of 1% pectin and 10^8 CFU/g *L. plantarum* can be used in combination per kilogram of fish diet to increase production and antioxidant indices in Asian sea bass.

Conflict of Interest: The authors declare no competing interests.

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

Keywords: Probiotics, Barramundi, Immune Stimulants, Prebiotics

* *Corresponding Author: mmsajjadi@guilan.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۵، صفحه های ۲۱-۱
DOI: 10.71901/jad-2026-1-912

"مقاله پژوهشی"

اثر سطوح خوراکی پکتین و پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* بر شاخص‌های رشد و دفاع آنتی‌اکسیدانی در سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*)

محمد همایونی[۱]، میرمسعود سجادی [۱*]، بهرام فلاحتکار[۱]، رقیه صفری[۲]، سید حسین حسینی‌فر[۲]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۲۲

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح خوراکی پکتین و پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* (TPCC6521) جیره بر شاخص‌های رشد و دفاع آنتی‌اکسیدانی در سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) با ۶ تیمار و ۳ تکرار صورت گرفت. پکتین در سطح ۰/۵ و ۱ درصد و لاکتوباسیلوس پلانتاروم به میزان 10^8 CFU/g *L. plantarum* به صورت مجزا و تلفیقی به جیره غذایی اضافه شدند. در بررسی اثر متقابل پکتین و *L. plantarum* وزن نهایی، طول نهایی، وزن به دست آمده، درصد افزایش وزن، نسبت بازده چربی، نسبت بازده پروتئین و نرخ رشد ویژه بین تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و 10^8 CFU/g *L. plantarum* و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$)، همچنین در بین تیمارهای مجزا در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* و پکتین نسبت به تیمارهای مجزای حاوی پکتین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0/05$). در شاخص ضریب تبدیل غذایی و ضریب چاقی تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل و همچنین تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را از خود نشان دادند ($p<0/05$). پس از خونگیری از ماهیان و جداسازی سرم خون ماهیان، نتایج شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی بدین گونه بود که در میزان کاتالاز و سوپراکساید دیسموتاز بین تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و 10^8 CFU/g *L. plantarum* و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$). در بین تیمارهای مجزا نیز اختلاف معنی‌داری در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* و پکتین ۱ درصد نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد ($p<0/05$). در مقدار گلوتاتیون پراکسیداز تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی مشاهده شد ($p<0/05$)، در بین تیمارهای مجزا اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* و پکتین ۱ درصد نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد ($p<0/05$). با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان از ترکیب ۱ درصد پکتین و به صورت ترکیبی در جیره غذایی سی‌باس آسیایی جهت افزایش تولید و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی استفاده کرد.

کلمات کلیدی: پروبیوتیک، بارامونداي، محرک‌های ایمنی، هیدروکلوئید

* عهده‌دار مکاتبات: mmsajjadi@guilan.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

مقدمه

یکی از ماهیان دریایی با ارزش بالا در صنعت آبزی پروری، ماهی سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) می‌باشد که با نام بارامونديی نیز شناخته می‌شود. این گونه مهم تجاری در کشورهای جنوب شرق آسیا (استرالیا، تایلند و اندونزی) پرورش داده می‌شود. پرورش ماهی سی‌باس آسیایی در منطقه هند و اقیانوسیه به خوبی تثبیت شده است و تلاش‌های مداومی برای افزایش راندمان تولید آن انجام می‌شود. این ماهی قیمت بازار خوبی دارد و به دلیل طعم خوب و گوشت سفیدش مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. تولید جهانی فعلی ماهی سی‌باس آسیایی حدود ۱۳۰۰۰۰ تن متریک (MTs) است و پیش‌بینی می‌شود که بازار جهانی برای دوره ۲۰۳۱-۲۰۲۱ با نرخ رشد ۵٪/۵ سالانه (CAGR) گسترش یابد (Szűcs *et al*., 2018). پرورش ماهی سی‌باس آسیایی از سال ۱۳۸۵ به صورت پایلوت برای ۶ قفس در استان هرمزگان با مشاوره کارشناسان ایتالیایی انجام گرفت که با تلفات همراه بود. پرورش این ماهی در قفس‌های دریایی در استان هرمزگان در مناطق هنگام و گرزه (بندر آفتاب) در سال ۱۳۹۱ ادامه یافت. در بخش خصوصی در استخرهای خاکی در کولغان نیز در سال ۱۳۹۵ انجام گرفت. ظرفیت تولیدی این ماهی در قفس در استان سیستان و بلوچستان بالغ بر ۳۰۰ هزار تن، هرمزگان ۱۲۳ هزار تن و در استان بوشهر ۳۰ هزار تن پیش‌بینی شده است. از مشکلات عمده این صنعت کیفیت نامناسب غذای داخلی برای مراحل نخست و زمانی است که ماهی زیر ۲۰ گرم است که بر روند تولید، ذخیره سازی و ایمنی ماهی تاثیر گذار می‌باشد (Adeli and Yousefi, 2021).

برای تأمین سلامت آبزیان، یک راه حل مناسب استفاده از محرک‌های ایمنی است که روشی امیدوارکننده در فرآیند پیشگیری از بیماری‌ها است که به حفظ شرایط مناسب ماهی کمک می‌کند، و تولید بیشتر و سود بیشتر را نیز می‌تواند به دنبال داشته باشد و همچنین باعث عدم استفاده یا به حداقل رساندن تجویز آنتی‌بیوتیک می‌شود (Bahi *et al*., 2017). استفاده از افزودنی‌های خوراک می‌تواند ابزار مفیدی در پرورش ماهی باشد تا تولیدی کارآمد و پایدار داشته باشد. بهبود عملکرد رشد و سیستم ایمنی گونه‌های آبزی پرورشی و استفاده از محرک‌های رشد و ایمنی در چندین مطالعه تأیید شده است (Citarasu, 2010; Reverter *et al*., 2014; Van Hai, 2009). از جمله محرک‌های رشد و ایمنی، میوه‌ها هستند. مرکبات متعلق به خانواده Rutacea، به عنوان میوه‌های غالب جهانی در نظر گرفته می‌شوند (Jiang *et al*., 2014). پوست موجود مرکبات از مواد ارزشمند زیادی (مانند محصولات طبیعی و ترکیبات فنلی فعال زیستی) تشکیل شده است که توانایی تبدیل به مواد خام و تشکیل محصولات جانبی طبیعی را دارد و یک منبع آنتی‌اکسیدانی ارزان قیمت می‌باشد (Abd El-ghfar *et al*., 2016). از ضایعاتی که توسط صنایع غذایی و آبمیوه گیری به وجود می‌آید، پوست پرتقال شیرین (*Citrus sinensis*) است. پوست پرتقال شیرین از اجزای فعال زیستی (مانند فنل‌ها، اسیدهای آمینه، اسانس‌ها، پکتین، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها و ویتامین C) تشکیل شده است و اثرات مثبتی از لحاظ عملکردی و بیوشیمیایی به عنوان عوامل آنتی‌اکسیدانی دارد (Assini *et al*., 2013; M'hiri *et al*., 2015). ترکیبات یاد شده با تاثیرات مثبت خود بر فعالیت آنزیم‌ها، افزایش قابلیت هضم مواد مغذی و جذب غذا

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

می‌توانند به بهبود رشد ماهی کمک کنند (Hashemi and Davoodi, 2011; Fadda and Raky, 2021). پکتین از جمله این ترکیبات مفید و زیستی فعال است که در پوست مرکبات و هلو، پالپ سیب و انگور و کدو تنبل یافت می‌شود (Ovodov, 2009). این ترکیب به عنوان عامل همبند نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در داروهای درمان اختلالات گوارشی، دیابت، کلسترول و یا فشار خون بالا نیز استفاده می گردد. اثبات شده است که پکتین و مشتقات آن می‌توانند به عنوان یک پری‌بیوتیک بالقوه مطرح گردند (Gómez *et al*., 2016). تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (SCFA[2]) در نتیجه تجزیه الیگوساکاریدهای استخراج شده از پکتین توسط گروهی از باکتری‌ها در موش گزارش شده است (Gullón *et al*., 2013). SCFA دارای تاثیرات مثبتی بر سلامتی هستند که می توان به کاهش تکثیر باکتری‌های مضر اشاره کرد. همچنین از دیگر محرک‌های ایمنی، پروبیوتیک‌ها را می‌توان نام برد که در آبزی‌پروری در جهت بهبود بخشیدن به عملکرد رشد، افزایش پاسخ‌های ایمنی و مقاومت به بیماری و همچنین جایگزینی برای آنتی بیوتیک‌ها استفاده می‌شود (Hoseinifar *et al*., 2016). پروبیوتیک‌ها شامل انواع مختلفی از باکتری‌ها، باکتریوفاژها، ریزجلبک‌ها و مخمرها هستند که به طور گسترده در آبزی‌پروری از طریق خوراکی و یا غوطه وری استفاده می‌شوند (Llewellyn *et al*., 2014). مزایای استفاده از پروبیوتیک‌ها عبارت‌اند از: مهار میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا (Zapata *et al*., 2013)، کنترل بیماری‌های ماهی، تقویت سیستم ایمنی (Kasmani *et al*., 2018)، افزایش هضم مواد غذایی (Mehrabi *et al*., 2018)، تولیدمثل (Mehdinejad *et al*., 2018) و رشد (Goda *et al*., 2018). باکتری‌های اسیدلاکتیک از گونه‌های مهم پروبیوتیکی می‌باشند که به وفور در تکثیر و پرورش آبزیان به کار می‌روند (Andani *et al*., 2012). سنتز چندین ترکیب مهارکننده، رقابت با باکتری‌های بیماری‌زا برای مکان‌های چسبندگی در روده، تعدیل پاسخ‌های ایمنی میزبان و حفظ تعادل میکروبی روده را می‌توان به عنوان مفیدترین مکانیسم‌های پروبیوتیک‌های حاوی باکتری های اسید لاکتیک برای بهبود وضعیت سلامت میزبان ذکر کرد (Khanjani *et al*., 2024). پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* یک باکتری اسیدلاکتیک، گرم مثبت، میله‌ای شکل، بدون اسپور و بی‌هوازی می‌باشد (Arasu *et al*., 2013). مشخص شده است که گنجاندن پری‌بیوتیک و پروبیوتیک در جیره غذایی به صورت همزمان باعث افزایش وضعیت سلامتی، بهبود هضم پری‌بیوتیک یا افزایش بقا و کلونیزاسیون پروبیوتیک در مقایسه با کاربرد مجزای هر یک از آن‌ها می‌شود (Ai *et al*., 2011; Geng *et al*., 2011; Ye *et al*., 2011). به نظر می‌رسد که این اثرات احتمالاً توسط SCFA صورت می‌گیرد، که توسط سویه‌های پروبیوتیکی در حضور پری‌بیوتیک‌ها تولید می‌شوند (Hoseinifar *et al*., 2017; Rahimnejad *et al*., 2018). علاوه بر این، مصرف جیره غذایی حاوی پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها منجر به تشکیل متابولیت‌های میکروبی فعال زیستی مانند ویتامین‌ها و پپتیدهای بیولوژیک می‌شود (Stanton *et al*., 2005) که هضم و جذب مواد مغذی را در روده میزبان بهبود می‌بخشد و در نتیجه رشد و وضعیت سلامت ماهی را افزایش می‌دهد. تلاش‌هایی در جهت

[2] Short-chain fatty acids

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

کاهش مصرف داروهای شیمیایی، محققین و دانشمندان را بر آن داشته تا تلاش برای رسیدن به ترکیبات طبیعی‌تر و سازگار با محیط زیست را داشته باشند. اقبال عمومی به کاهش مصرف داروهای شیمیایی، پژوهشگران را بر آن داشته تا در صدد تلاش برای دستیابی به ترکیبات طبیعی‌تر و سازگار با محیط زیست برآیند. متابولیت‌های گیاهی، پری بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها به عنوان یک ذخیره عظیم و ارزشمند می توانند در این زمینه راه گشا باشند و همواره به عنوان یک منبع مهم از ترکیبات فعال زیستی مورد توجه بوده اند. از همین رو با توجه به اهمیت و خواص پکتین و باکتری پروبیوتیک *L. plantarum* در تحقیق حاضر اثرات به کارگیری مجزا و تلفیقی پکتین و *L. plantarum* بر روی ماهی سی‌باس آسیایی به منظور بررسی عملکرد رشد و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در سی‌باس آسیایی مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورشی

اثرات سطوح مختلف پکتین و پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* (TPCC6521) جیره بر شاخص‌های رشد و دفاع آنتی‌اکسیدانی در سی‌باس آسیایی با میانگین وزنی ۰/۲±۸/۲ گرم و به تعداد ۹۰۰ عدد در ۶ تیمار و ۳ تکرار در تابستان ۱۴۰۳ به مدت ۸ هفته در مزرعه شرکت طرح و توسعه نیکسا در شهرستان چارک استان هرمزگان در مخازن فایبرگلاس ۲۰۰ لیتری اجرا شد. در این مطالعه از خوراک تجاری ماهی سی‌باس تولیدی شرکت بیضاء (شیراز، ایران) (جدول ۱) استفاده گردید. همچنین *L. plantarum* و پکتین (متوکسیل بالا) پوست پرتقال به ترتیب از مرکز ذخایر زیستی ایران و شرکت آسمان تجارت (تهران، ایران) تهیه گشت. جهت آماده سازی جیره‌های غذایی ابتدا عصاره پکتین در سطح ۰/۵ و ۱ درصد (Hosseinifar *et al*., 2021) و لاکتوباسیلوس پلانتاروم به میزان 10^8 CFU/g *L. plantarum* (Sankar Giri *et al*., 2013) بر سطح پلت‌های غذایی اسپری گشت و به مدت ۲۴ ساعت در معرض هوای اتاق قرار داده شد و سپس به یخچال منتقل شد. همچنین جهت بهتر چسبیدن مواد مورد استفاده در این تحقیق بر روی غذا مقدار ۳ گرم ژلاتین در ۱۰۰ میلی لیتر آب مخلوط شده و به غذا اضافه گشت (Van Doan *et al*., 2018). تیمارهای آزمایشی شامل تیمار ۱ (شاهد): که افزودنی در غذای این گروه نبود (P_0 L_0)، تیمار ۲: ۵ گرم پکتین در هر کیلوگرم غذا (۰/۵ درصد) ($P_{0.5}$ L_0)، تیمار ۳: ۱۰ گرم پکتین در هر کیلوگرم غذا (۱ درصد) (P_1 L_0)، تیمار ۴: 10^8 CFU/g *L. plantarum* (P_0 L_{10}^8)، تیمار ۵: ۵ گرم پکتین در هر کیلوگرم غذا + 10^8 CFU/g *L. plantarum* ($P_{0.5}L_{10}^8$) و تیمار ۶: ۱۰ گرم پکتین در هر کیلوگرم غذا + CFU/g *L. plantarum* 10^8 (P_1 L_{10}^8) بود. روشنایی سالن نیز به‌وسیله لامپ‌های فلوئورسنت سفید، بر اساس دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی برای هر مخزن تامین گردید. نظر به اهمیت عوامل مختلف محیطی در پرورش ماهیان و وابستگی شدید آن‌ها از نظر رشد و سلامتی به این عوامل، فاکتورهای فیزیکوشیمیایی مانند درجه حرارت آب ۲ ± ۳۰ درجه سانتی گراد، pH ۷/۱۵ و اکسیژن محلول ۸/۳ میلی‌گرم بر لیتر به ترتیب با استفاده از دماسنج (دماسنج جیوه‌ای)، pH متر و اکسیژن متر با دستگاه مالتی پارامتر مدل WTW540I (WTW, Weilheim, Germany) اندازه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

گیری شد. هوادهی آب از طریق سنگ هوا متصل به مخزن اکسیژن مایع انجام شد. برای جلوگیری از آلودگی و خارج کردن غذای باقی‌مانده و فضولات، روزانه دو بار (صبح ساعت ۱۰ و عصر ساعت ۱۷) آب مخازن سیفون و نیمی از آب تعویض می‌شد.

جدول۱: ترکیب بیوشیمیایی خوراک تجاری سی‌باس آسیایی شرکت بیضاء (شیراز، ایران)

Table 1: Biochemical composition of Asian sea bass commercial feed from Beyza Company (Shiraz, Iran)

Feed Type	Abbreviation	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Digestible Energy (%)	Crude Fiber (%)	Absorbable Phosphorus (%)	Ash (%)	Moisture (%)
Starter 2 (5-12 g)	EX-MS2	49-53	11-15	4000	2	1.5	15	12
Growth 1 (12-20 g)	EX-MG1	48-52	13-17	4100	2	1.2	15	12
Growth 2 (20-100 g)	EX-MG2	46-50	14-18	4100	2	1.2	15	12

شاخص‌های رشد و کارآیی غذا

پس از زیست‌سنجی اولیه و توزیع بچه‌ماهی‌ها در مخازن، زیست‌سنجی‌ها به طور منظم هر دو هفته یکبار برای اندازه‌گیری تغییرات وزن، شاخص‌های رشد و راندمان تغذیه انجام شد. برای جلوگیری از استرس ماهی، غذادهی ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی متوقف شد. جهت بیهوش کردن ماهیان برای زیست‌سنجی از پودر گل میخک به میزان ppm ۲۰۰ استفاده شد. اندازه‌گیری طول و وزن به ترتیب به‌وسیله خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم انجام گرفت. جهت بررسی چگونگی عملکرد پکتین و *L. plantarum* مجزا و به صورت ترکیبی در جیره غذایی و مقایسه آن‌ها، داده‌های به‌دست‌آمده از زیست‌سنجی‌ها بر اساس فرمول‌های موجود آنالیز شده و برخی از فاکتورهای رشد به شرح زیر تعیین گردیدند:

ضریب چاقی (CF) = ۱۰۰× (طول کل) / (وزن ماهی ^{۳})

وزن کسب شده (WG; g) = وزن نهایی (g) – وزن اولیه (g)

افزایش وزن بدن (BWI) (درصد) = ((افزایش وزن (g) / وزن ابتدایی (g)) × ۱۰۰

نرخ رشد ویژه (SGR) (% در روز) = ۱۰۰× ((لگاریتم وزن نهایی–لگاریتم وزن اولیه) / تعداد روز (زمان)

نرخ تبدیل غذایی (FCR) = غذای خشک مصرفی شده (g) / افزایش وزن‌تر (g)

نرخ کارایی پروتئین (PER) = وزن‌تر اضافه شده (افزایش بیوماس) (g)) / مقدار پروتئین مصرفی (g)

نرخ کارایی چربی (LER) = وزن‌تر اضافه شده (افزایش بیوماس) (g)) / مقدار چربی مصرفی (g)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

نمونه برداری خونی

جهت عملیات خونگیری از هر تکرار هر تیمار ۴ عدد بچه ماهی گرفته شد، غذادهی ۲۴ ساعت قبل از انجام عملیات قطع شد. عملیات خونگیری با سرنگ‌های حاوی هپارین با حجم ۲ میلی‌لیتر انجام شد. از هر ماهی به میزان ۱/۵ میلی‌لیتر از ورید ساقه دمی خون گرفته شد که به میزان ۱ میلی‌لیتر در میکروتیوب‌های جدا برای تهیه پلاسما استفاده شد. برای تهیه پلاسما، خون‌های گرفته شده به مدت زمان ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ و در ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفتند (Gao *et al*., 2007). پس از اتمام سانتریفیوژ سرم جدا شده به وسیله سمپلر جمع آوری شده و در تیوب‌های جداگانه و تا زمان اندازه گیری شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

شاخص‌های آنتی اکسیدانی

جهت سنجش آنزیم کاتالاز، به مدت ۱۰ دقیقه (در دمای اتاق) پلاسمای خون ماهی با محلول پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در کنار هم گرفتند و بعد آن از محلول آمونیوم مولیبدات جهت از کار انداختن فرآیند اکسیداسیون و در جهت تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز استفاده گردید. بر اساس این کاهش میزان جذب نوری در طول موج ۴۱۰ نانومتر نشان دهنده بالا بودن میزان فعالیت این آنزیم در سرم خون می‌باشد (Goth, 1991). فعالیت گلوتانیون پراکسیداز سرم خون ماهیان با روش Paglia و Valentine (۱۹۶۷) و با استفاده از کیت تجاری (RANSEL kit, Randox Com. UK) مورد ارزیابی قرار گرفت. گلوتانیون پراکسیداز، به وسیله کیومن هیدروپراکسید، اکسیداسیون گلوتاتیون (GSH) را کاتالیز می‌کند. گلوتانیون اکسید شده، به همراه تبدیل NADPH به +NADPH، به سرعت به شکل احیای آن در حضور گلوتانیون ردوکتاز و NADPH، تبدیل شد. کاهش جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه گیری گردید و مقدار این آنزیم‌ها به ترتیب به صورت unit/mL و unit/L از همولیزات بیان شد. جهت اندازه گیری فعالیت آنزیم سوپراکساید دیسموتاز، فرآیند اتواکسیداسیون پیروگالول (Pyrogallol) در (H_2O_2) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این فرآیند خون طی اتواکسیداسیون پیروگالول کم شده از آنزیم سوپراکساید دیسموتاز موجود در سرم، و بعد از آن با توجه به کاهش جذب نوری در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر این بررسی انجام گرفت (Marklund, 1974).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

مطالعه حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. در مطالعه حاضر جهت بررسی کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و از آزمون Levene برای بررسی و همگنی واریانس‌ها و برای مشخص نمودن اختلاف میانگین در بین تیمارهای مختلف از آنالیز واریانس دو طرفه (Two-way ANOVA) استفاده گشت. از آزمون Duncan در نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ برای مقایسه میانگین‌ها، استفاده شد. آنالیزها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ صورت پذیرفت.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

نتایج

شاخص‌های رشد و کارایی غذا

اثرات ترکیبی جیره حاوی پکتین و *L. plantarum* و اثرات هر یک از آن‌ها به‌طور مجزا، بر شاخص‌های رشد و تغذیه بچه ماهی سی باس آسیایی پس از هشت هفته تغذیه، در جدول ۲ نشان داده شده است. در بررسی اثر متقابل پکتین و *L. plantarum* وزن نهایی، طول نهایی، وزن به دست آمده، درصد افزایش وزن و نرخ رشد ویژه بین تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و 10^8 CFU/g *L. plantarum* و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و وزن به دست آمده در این تیمار از سایر تیمارها بالاتر بود ($p<0/05$) همچنین در بین تیمارهای مجزای پکتین و *L. plantarum* نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* نسبت به تیمارهای مجزای حاوی پکتین بالاتر بود ($p<0/05$). همچنین در شاخص ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل و همچنین تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* با سایر تیمارهای آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری بودند ($p<0/05$). نسبت بازده چربی و نسبت بازده پروتئین در تیمار حاوی ترکیب ۱ درصد پکتین و 10^8 CFU/g *L. plantarum* با اثر متقابل اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی نشان داد ($p<0/05$). همچنین در بین تیمارهای مجزای پکتین و *L. plantarum* نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار 10^8 CFU/g *L. plantarum* نسبت به تیمارهای مجزای حاوی پکتین بالاتر بود ($p<0/05$).

شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون

نتایج بررسی شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون پس از هشت هفته تغذیه بچه ماهی سی‌باس آسیایی با جیره‌های حاوی پکتین و *L. plantarum* و همچنین ترکیب این دو در جدول ۳ نشان داده شده است. در میزان کاتالاز و سوپراکساید دیسموتاز بین تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و 10^8 CFU/g *L. plantarum* و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($p<0/05$). همچنین در بین تیمارهای مجزای پکتین و *L. plantarum* نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* و پکتین ۱ درصد نسبت به تیمارهای حاوی پکتین ۰/۵ درصد و شاهد بالاتر بود ($p<0/05$). در مقدار گلوتاتیون پراکسیداز تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی نشان دادند ($p<0/05$) همچنین در بین تیمارهای مجزای پکتین و *L. plantarum* نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار حاوی 10^8 CFU/g *L. plantarum* و پکتین ۱ درصد نسبت به تیمارهای حاوی پکتین ۰/۵ درصد و شاهد بالاتر بود ($p<0/05$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

جدول ۲: عملکرد رشد بچه ماهیان سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) تغذیه شده با سطوح مختلف پکتین و *L. plantarum* جیره پس از ۸ هفته آزمایش (**n =۳**؛ میانگین ± انحراف معیار)

Table 2: Growth performance of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) fed with different levels of pectin and *L. plantarum* diet after 8 weeks of experiment (n = 3; mean ± standard deviation)

	Experimental treatments						P-value		
parameter	$P_0 L_0$	$P_{0.5} L_0$	$P_1 L_0$	$P_0 L_{10}^8$	$P_{0.5}L_{10}^8$	$P_1 L_{10}^8$	Pectin	*L. plantarum*	Pectin× *L. plantarum*
Initial weight (g)	8.2±0.11	8.13±0.15	8.2±0.2	8.03±0.05	8.13±0.05	8.26±0.95	ns	ns	ns
Final weight (g)	38.96±0.91^{e}	42.89±2.01^{ed}	43.45±0.89^{cd}	47.66±2.04^{c}	55.5±1.64^{b}	60.85±1.42^{a}	0.00	0.00	0.01
Initial length (cm)	10±0.4	10±0.4	10±0.4	10±0.4	10±0.4	10±0.4	ns	ns	ns
Final length (cm)	14.5±0.43^{d}	15.46±0.55^{d}	15.6±0.4^{cd}	17.46±0.37^{bc}	18.66±0.73^{ab}	20.66±0.63^{a}	0.00	0.00	0.01
Weight gain (g)	30.76±0.91^{f}	34.76±0.91^{ef}	35.25±0.94^{de}	39.62±2.01^{c}	47.37±1.58^{b}	52.58±1.54^{a}	0.00	0.00	0.01
BWI (%)	375.25±12.25^{de}	427.23±16.86^{d}	430.19±19.53^{d}	493.24±23.27^{c}	582.39±15.35^{b}	636.47±29.39^{a}	0.00	0.00	0.00
SGR	3.62±0.02^{de}	3.72±0.04^{d}	3.73±0.01^{d}	3.82±0.04^{c}	3.98±0.02^{b}	4.07±0.02^{a}	0.00	0.00	0.00
FCR	1.33±0.04^{c}	1.27±0.04^{c}	1.28±0.03^{c}	1.16±0.03^{b}	1.02±0.02^{a}	0.96±0.04^{a}	ns	0.00	0.01
Condition factor	1.01±0.05^{b}	0.94±0.05^{b}	0.92±0.04^{b}	0.74±0.04^{a}	0.73±0.06^{a}	0.62±0.05^{a}	ns	0.00	0.01
PER	4.72±0.14^{d}	4.93±0.16^{d}	4.88±0.11^{d}	5.41±0.17^{c}	6.13±0.19^{b}	6.51±0.28^{a}	0.00	0.00	0.03
LER	1.55±0.04^{d}	1.62±0.05^{d}	1.61±0.03^{d}	1.78±0.05^{c}	2.02±0.05^{a}	2.15±0.09^{a}	0.00	0.00	0.03
Survival rate (%)	100	100	100	100	100	100	ns	ns	ns

Different small letters indicate significant differences between treatments ($p< 0.05$).
Data are expressed as the Mean ± SE
ns: indicates no significant difference between pectin, *L. plantarum* and combination treatments
P0: Diet without pectin L0: Diet without *L. plantarum*
P0.5: Diet containing 0.5% pectin P1: Diet containing 1% pectin
$L10^8$: Diet containing 10^8 CFU/g *L. plantarum* BWI: Body weight increase
SGR: Specific growth rate FCR: Feed conversion ratio
PER: Protein efficiency ratio LER: Lipid efficiency ratio

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

جدول ۳: شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی خون بچه ماهیان سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*) تغذیه شده با سطوح مختلف پکتین و *L. plantarum* جیره پس از ۸ هفته آزمایش (n= ۳؛ میانگین ± انحراف معیار)

Table 2: Blood antioxidant indices of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) fed with different levels of pectin and *L. plantarum* diet after 8 weeks of experiment (n = 3; mean ± standard deviation)

	Experimental treatments						P-value		
Factor	P_0 L_0	$P_{0.5}$ L_0	P_1 L_0	P_0 L_{10}^8	$P_{0.5}L_{10}^8$	P_1 L_{10}^8	Pectin	*L. plantarum*	Pectin× *L. plantarum*
CAT (u/mL)	43.26±1.06^{d}	45.76±1.35^{cd}	48.23±1.28^{b}	48.36±2.74^{c}	52.86±2.99^{c}	59.96±1.62^{a}	0.00	0.00	0.03
SOD (u/mL)	33.3±0.81^{d}	35.43±1.05^{d}	38±0.43^{c}	39.96±1.45^{c}	43.1±1.83^{b}	46.73±1.85^{a}	0.00	0.00	0.03
GPX (u/mL)	77.26±6.06^{c}	79.23±5.94^{c}	82.76±7.81^{b}	84.5±6.82^{b}	88.9±5.44^{a}	91.4±8.32^{a}	0.00	0.00	0.03

Different small letters indicate significant differences between treatments ($p< 0.05$).
Data are expressed as the Mean ± SE
ns: indicates no significant difference between pectin, *L. plantarum* and combination treatments
P0: Diet without pectin L0: Diet without *L. plantarum*
P0.5: Diet containing 0.5% pectin P1: Diet containing 1% pectin
$L10^8$: Diet containing 10^8 CFU/g *L. plantarum* CAT: Catalase
SOD: Superoxide dismutase GPX: Glutathione peroxidase

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

بحث

در مطالعه حاضر در بررسی اثر متقابل پکتین و *L. plantarum* وزن نهایی، طول نهایی، وزن به دست آمده، درصد افزایش وزن، نسبت بازده چربی، نسبت بازده پروتئین و نرخ رشد ویژه در تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، همچنین در بین تیمارهای مجزا در تیمار حاوی *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ نسبت به تیمارهای مجزای حاوی پکتین اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در شاخص ضریب تبدیل غذایی و ضریب چاقی تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل و همچنین تیمار حاوی *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. همسو با نتایج ما Rezvani Gilkolaei و همکاران در سال (۲۰۱۹)، به بررسی تاثیرات پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* بر مولفه‌های تغذیه در تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) پرداختند. مطالعه این پژوهشگران نشان داد که باکتری مورد استفاده می‌تواند افزایش قابل توجهی در پارامترهای رشد (وزن، ضریب تبدیل غذایی و ضریب بازده پروتئینی) بدهد که باعث افزایش در شاخص نسبت کارآیی پروتئین و کاهش در میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای تغذیه شده با پروبیوتیک به صورت معنی‌دار گردد. همچنین در مطالعه Jabbari و همکاران که در سال (۲۰۲۳)، به تأثیر استفاده از سین بیوتیک پکتین و لاکتوباسیلوس پلانتاروم در فیل ماهی (*Huso huso*)، استفاده از پکتین و لاکتوباسیلوس پلانتاروم به‌صورت مجزا در جیره باعث افزایش عملکرد رشد شد اما اختلاف معنی‌دار در میزان وزن نهایی، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه میزان ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تغذیه شده با سطح ۲ درصد پکتین و *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ بود. همچنین در پژوهشی که توسط Amit و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی تجویز خوراکی لاکتوباسیلوس پلانتاروم در افزایش رشد بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprins carpio*) صورت گرفت، نتایج بیانگر این بود که ماهیانی که با جیره‌های مکمل پروبیوتیک تغذیه شده بودند عملکرد رشد بهتری نشان دادند. همسو با نتایج مطالعه ما در خصوص استفاده پکتین در جیره غذایی ماهیان، در مطالعه Van Doan و همکاران (۲۰۱۸)، که در بررسی گنجاندن پکتین استخراج شده از پوست پرتقال و *Lactobacillus plantarum* در جیره تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) در سیستم‌های بیوفلاک داخلی بود نتایج این کار نشان داد که مکمل‌های OPDP + LP به طور معنی‌داری عملکرد رشد را افزایش دادند. همچنین Hosseini و همکاران (۲۰۲۰) فواید بالقوه پکتین حاصل از پوست پرتقال بر عملکرد رشد در ماهی کپور معمولی را مورد بررسی قرار دادند، و بهبود SGR، WG، FW و FCR در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مکمل پکتین اتفاق افتاد. بررسی اثرات پکتین حاصل از تفاله سیب (*Malus pomila*) بر عملکرد رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در مطالعه‌ای دیگر توسط Hoseinifar و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد که در تیمارهای ۱۰ و ۲۰ گرم در کیلوگرم پارامترهای رشد شامل (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی) به طور قابل توجهی نسبت به سایر تیمارها بهبود یافت. محققان در مورد اثرات مفید پری‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها برای افزایش رشد و ایمنی ماهی به توافق رسیده‌اند، شاید به

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

دلیل تعدیل میکروبیوتای روده و افزایش در دسترس بودن مواد مغذی باشد (Hoseinifar *et al*., 2015). در خصوص نتایج مثبت مطالعه حاضر می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که، گنجاندن پکتین در جیره غذایی آبزیان احتمالاً مورفولوژی روده را بهبود می‌بخشد، که منجر به بهبود راندمان استفاده از مواد مغذی و عملکرد رشد ماهی می‌شود (Jiang *et al*., 2016). این یافته‌ها ممکن است با چندین عملکرد مختلف توضیح داده شوند: پکتین جامعه میکروفلور روده را اصلاح می‌کند، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و جذب را بهبود می‌بخشد (Dawood *et al*., 2016)، ساختار معده و روده را تعدیل می‌کند (Ganguly *et al*., 2013)، اشتهای ماهی را تحریک کرده و افزایش می‌دهد (Hoseinifar *et al*., 2016)، جذب مواد مغذی را بهبود می‌بخشد و میکروب‌های بیماری‌زا را در روده ماهی حذف می‌کند (Holst and Williamson, 2008)؛ یک جامعه میکروفلور مفید ایجاد می‌کند که هضم و جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهد و وضعیت ایمنی را افزایش می‌دهد و از عملکرد رشد پشتیبانی می‌کند. محصول نهایی متابولیسم پری‌بیوتیک‌ها زنجیره کوتاهی از اسیدهای چرب است که توسط سلول‌های اپیتلیال جذب می‌شود و می‌تواند به عنوان منبع انرژی برای کمک به جذب مواد مغذی استفاده شود (Van Doan *et al*., 2018). همچنین پروبیوتیک‌ها نقش مهمی در هضم درشت مغذی‌های پیچیده جیره غذایی دارند. علاوه بر این، آن‌ها به تأمین مواد مغذی و ویتامین میزبان کمک می‌کنند و آنزیم‌های گوارشی ضروری را فراهم می‌کنند، در نتیجه استفاده و هضم غذا را افزایش می‌دهند. یکی از مکانیسم‌هایی که متابولیسم اسیدهای آمینه و چرب را تنظیم می‌کند، ظرفیت سویه‌های مختلف پروبیوتیک برای تولید ویتامین B_{12} است (Yukgehnaish *et al*., 2020). علاوه بر این، برای افزایش رشد ماهی و از بین بردن کمبود ویتامین B_{12} در ماهی مفید است (Wu, 2022). همچنین درشت مغذی‌های ضروری معمولاً از طریق خوراک تأمین می‌شوند. ریزمغذی‌های مختلف مانند اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب برای عملکردهای فیزیولوژیک به عنوان مواد مغذی در حیوانات آبزی بسیار مهم هستند (Hardy *et al*., 2022). در واقع، پروبیوتیک‌ها با تولید یا القای ترشح انواع مختلف آنزیم‌های خارج سلولی مانند پروتئازها، آمیلازها و لیپازها، عملکرد گوارشی آبزیان را بهبود می‌بخشند. عملکرد پروبیوتیک‌ها منجر به هزینه مختصر خوراک می‌شود که ۶۰ تا ۷۰ درصد هزینه سهم تولید ماهی را تشکیل می‌دهد (El-Saadony *et al*., 2021). گونه‌های باسیلوس با تأمین اگزوآنزیم‌ها (پروتئازها، لیپازها و آمیلازها) که آنزیم‌های گوارشی را تقویت می‌کنند، به هضم غذا در آبزیان کمک می‌کنند (Assan *et al*., 2022). با توجه به مطالب یاد شده در خصوص استفاده از پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها در جیره ماهیان می‌توان چنین نتیجه گرفت که تحت تأثیر استفاده از پکتین باکتری‌های موجود در سین‌بیوتیک می‌توانند در رقابت با میکروفلور روده پیروز شوند و کلنی مؤثری را تشکیل دهند و باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و تریپسین شده که افزایش بازده استفاده از پروتئین‌های موجود در جیره غذایی ماهی و در نهایت رشد را به دنبال دارد (Jabbari *et al*., 2023). همچنین استفاده از جیره‌های غذایی حاوی پروبیوتیک و پری‌بیوتیک در افزایش فعالیت آنزیمی گوارشی ماهی مفید است و به میزبان اجازه می‌دهد تا

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

مواد مغذی بیشتری را تجزیه کند. این استفاده از جیره‌های غذایی حاوی پروبیوتیک و پری‌بیوتیک عملکرد گوارشی را افزایش می‌دهد و احتمالاً نرخ افزایش وزن و/یا کارایی خوراک را افزایش می‌دهد (Ghafarifarsani *et al*., 2021).

نتایج شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی بدین گونه بود که در میزان کاتالاز و سوپراکساید دیسموتاز بین تیمار ترکیب ۱ درصد پکتین و *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ و سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. در بین تیمارهای مجزا نیز اختلاف معنی‌داری در تیمار حاوی *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ و پکتین نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد. در مقدار گلوتاتیون پراکسیداز تیمارهای ترکیبی حاوی پکتین و *L. plantarum* با اثر متقابل اختلاف معنی‌داری نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی مشاهده شد، در بین تیمارهای مجزا اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که در تیمار حاوی *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ و پکتین ۱ درصد نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد. همسو با نتایج مطالعه حاضر Sankar Giri و همکاران (۲۰۱۳)، در پتانسیل پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* VSG3 در بهبود ایمنی و مقاومت در برابر بیماری در ماهی کپور روهو (*Labeo rohita*) بالاترین فعالیت سوپراکساید دیسموتاز (SOD) را در گروه ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی *L. plantarum* CFU/g ۱۰^۸ گزارش نمودند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر به بررسی پروبیوتیک *Lactobacillus plantarum* و کنسانتره پروتئین آب پنیر در تیلاپیای نیل پرداخته شد نتایج نشان داد ماهیانی که با پروبیوتیک *L. plantarum*، و کنسانتره پروتئین آب پنیر تغذیه شده بودند فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و فعالیت‌های تحریک کننده سیستم ایمنی بهتری را به نسبت گروه شاهد از خود نشان دادند (Abou-El-Atta *et al*., 2019). در مطالعه‌ای دیگر همسو با نتایج ما در بررسی فواید بالقوه پکتین حاصل از پوست پرتقال بر دفاع آنتی‌اکسیدانی در ماهی کپور معمولی نتایج بیانگر افزایش بالاتر شاخص‌های SPA و CAT در ماهی کپور در تیمار ۱ درصد در مقایسه با ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد یا ۰/۵ درصد بود و تفاوت معنی داری در SPA و CAT ماهی تغذیه شده با ۱ یا ۲ درصد مشاهده نشد (Hosseini *et al*., 2020). مصرف پروبیوتیک به تنهایی یا غذاهای مکمل با پروبیوتیک‌ها ممکن است آسیب اکسیداتیو در سلول‌های ماهی را کاهش دهد. تاثیرات مفید پروبیوتیک‌ها برای سلامتی به بازماندگی طولانی مدت آن‌ها در دستگاه گوارش بستگی دارد و با میزان چسبندگی به مخاط روده تعیین می‌گردد. توانایی باکتری‌های پروبیوتیک برای چسبیدن به سلول‌های اپیتلیال روده شامل خواص سطحی مختلفی از جمله آب گریزی و کلونیزاسیون می‌باشد (Ring, 2020). داده‌ها تأیید می‌کند که سویه‌های *Lactobacillus plantarum* پتانسیل زنده ماندن در دستگاه گوارش و چسبیدن به سلول‌های اپیتلیال آن را دارند (Saboktakin-Rizi *et al*., 2021). یک پروبیوتیک مؤثر باید زنده، ایمن، مقاوم به صفرا و شیره معده باشد، بتواند در دستگاه گوارش زنده بماند، به سلول‌های اپیتلیال روده بچسبد و کلونیزه کند. سویه‌های *Lactobacillus plantarum* دارای احتمال بالایی برای زنده ماندن در شرایط دستگاه گوارش مانند pH پایین و حضور صفرا داشتند (Bucio *et al*., 2005). همچنین در خصوص بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در استفاده از پکتین در جیره غذایی ماهی سی‌باس آسیایی می‌توان این‌گونه نتیجه گیری

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

کرد که استفاده از فرآورده‌های فرعی میوه برای جایگزینی بخشی از اجزای اصلی جیره ماهی می‌تواند امنیت غذایی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های فرآورده‌های حیوانی را بهبود بخشد، علاوه بر این، به دلیل وجود ترکیبات زیست فعال با آنتی‌اکسیدان و محرک ایمنی مانند ترکیبات فنلی و کاروتنوئیدها، سلامت ماهیان را به علت خواص ضد التهابی، ضد میکروبی، هیپوگلیسمی بهبود بخشد (Georganas *et al*., 2020). بهبود شرایط آنتی‌اکسیدانی به خواص تحریک کنندگی ایمنی پکتین (Van Doan *et al*., 2019) نسبت داده می‌شود، همچنین افزایش مکانیسم‌های مختلف مرتبط با پوست، آبشش، و بافت‌های لنفاوی روده نیز از دلایل ثانویه می‌باشد (Caipang, 2015). در خصوص بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در تیمار حاوی *L. plantarum* 10^8 CFU/g و پکتین ۱ درصد این‌گونه می‌توان اظهار نظر کرد که مطالعات نشان داده‌اند که پروبیوتیک‌ها می‌توانند بر سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی ماهی تأثیر مثبت بگذارند (Hoseinifar *et al*., 2021). این میکروارگانیسم‌ها می توانند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکساید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) را افزایش دهند (Abdel-Latif *et al*., 2023). با انجام این کار، پروبیوتیک‌ها به حذف گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و کاهش استرس اکسیداتیو در بافت ماهی کمک می‌کنند (Hoseinifar *et al*., 2021). علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها ممکن است به حفظ تعادل میکروبیوتای روده کمک کنند و محیط سالم روده را ارتقا دهند. میکروبیوتای روده متعادل برای جذب مواد مغذی بسیار مهم است و می‌تواند به طور غیرمستقیم بر وضعیت آنتی‌اکسیدانی ماهی تأثیر بگذارد. پری‌بیوتیک‌ها با حمایت از رشد پروبیوتیک‌ها به طور غیرمستقیم بر استرس اکسیداتیو تأثیر می‌گذارند (Abdel-Latif *et al*., 2023). پری‌بیوتیک‌ها با فراهم کردن محیطی مساعد برای باکتری‌های مفید در روده، به حفظ میکروبیوتای سالم روده کمک می‌کنند. این به نوبه خود با تضمین جذب بهینه مواد مغذی و عملکرد روده به پیشگیری از استرس اکسیداتیو کمک می‌کند. ترکیب پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها (سین‌بیوتیک‌ها) غالباً در مقایسه با مصرف انفرادی تأثیر بیشتری بر استرس اکسیداتیو دارد (Puvanasundram *et al*., 2021). سین‌بیوتیک‌ها می‌توانند بقا و فعالیت پروبیوتیک‌ها را در روده تقویت کنند و یک جامعه میکروبی انعطاف‌پذیرتر و متنوع‌تر ایجاد کنند. این بهبود سلامت روده می‌تواند منجر به بهبود مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی و کاهش خطر استرس اکسیداتیو در ماهی شود (Abdel-Latif *et al*., 2023).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه می‌توان بیان کرد که استفاده از جیره ترکیبی پکتین و *L. plantarum* اثرات مثبتی در ماهی سی‌باس آسیایی دارد. به طور کلی با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر که سطوح مجزا و ترکیبی پکتین و *L. plantarum* باعث بهبود شرایط رشد و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در ماهی سی‌باس آسیایی شدند، می‌توان از ۱ درصد پکتین و *L. plantarum* 10^8 CFU/g به صورت مجزا و ترکیبی در غذای ماهی سی‌باس آسیایی جهت بهبود شاخص‌های رشد و دفاع آنتی‌اکسیدانی استفاده کرد. در واقع بهتر است مقدار مورد استفاده از این افزودنی‌ها در جیره غذایی با توجه به هدف تعیین

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

شده در آبزی‌پروری لحاظ گردد. در مباحث مربوط به ماهی سی باس آسیایی بیشترین و مهم‌ترین هدف پرورش دهنده تولید ماهیانی با بالاترین کیفیت از لحاظ ترکیب بدن می‌باشد و علاوه بر آن تولید ماهیانی مقاوم در برابر بیماری و با عملکرد بالای سیستم ایمنی می‌باشد. لذا برای رسیدن به این مهم می‌توان ۱ درصد پکتین و *L. plantarum* 10^8 CFU/g به صورت ترکیبی در هر کیلوگرم جیره غذایی ماهی استفاده کرد.

سپاسگزاری

از آقای مهندس یوسفی مدیریت محترم شرکت طرح و توسعه نیکسا، مهندس یعقوب محمدی، آقایان علی خاوران و عبدالله آگاهی جهت همکاری در انجام این مطالعه کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Abd El-ghfar, M.H.A., Ibrahim, H.M., Hassan, I.M., Abdel Fattah, A.A. and Mahmoud, M.H., 2016. Peels of lemon and orange as value-added ingredients: chemical and antioxidant properties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5*(12), pp.777-794. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.089
2. Abdel-Latif, H.M., Chaklader, M.R., Shukry, M., Ahmed, H.A. and Khallaf, M.A., 2023. A multispecies probiotic modulates growth, digestive enzymes, immunity, hepatic antioxidant activity, and disease resistance of *Pangasianodon hypophthalmus* fingerlings. *Aquaculture, 563*, pp.1-18. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2022.738948
3. Abou-El-Atta, M.E., Abdel-Tawwab, M., Abdel-Razek, N. and Abdelhakim, T.M.N., 2019. Effects of dietary probiotic *Lactobacillus plantarum* and whey protein concentrate on the productive parameters, immunity response and susceptibility of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), to *Aeromonas sobria* infection. *Aquaculture Nutrition*, *25*(1), pp.1367-1377. DOI: 10.1111/anu.12957
4. Adeli, A. and Yousefi Siakalroudi, S., 2021. Evaluation of sea bass culture in Iranian marine cages. *Journal of Fisheries Science and Technology, 10*(4), pp.511-523. [In Persian]. DOI: 20.1001.1.23225513.1400.10.4.4.0
5. Ai, Q., Xu, H., Mai, K., Xu, W., Wang, J. and Zhang, W., 2011. Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*. *Aquaculture, 317*(1), pp.155-161. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.036
6. Amit, A., Abhed Pandey, A., Anuj Tyagi, B. and Sachin Onkar, K.H., 2022. Oral feed-based administration of *Lactobacillus plantarum* enhances growth, haematological and immunological responses in *Cyprinus carpio*. *Emerging Animal Species, 3*(2), pp.1-9. DOI: 10.1016/j.eas.2022.100003
7. Andani, H.R.R., Tukmechi, A., Meshkini, S. and Sheikhzadeh, N., 2012. Antagonistic activity of two potential probiotic bacteria from fish intestines and investigation of their effects on growth performance and immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Ichthyology, 2*(1), pp.1-7. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2012.01974.x
8. Arasu, M.V., Jung, M.W., Ilavenil, S., Jane, M., Kim, D.H., Lee, K.D., Park, H.S., Hur, T.Y., Choi, G.J., Lim, Y.C., Al-Dhabi, N.A. and Choi, K.C., 2013. Isolation and characterization of antifungal compound from *Lactobacillus plantarum* KCC-10 from forage silage with potential beneficial properties. *Journal of Applied*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

Microbiology, 115(2), pp.1172-1185. DOI: 10.1111/jam.12319

9. Assan, D., Kuebutornye, F.K.A., Hlordzi, V., Chen, H., Mraz, J., Mustapha, U.F. and Abarike, E.D., 2022. Effects of probiotics on digestive enzymes of fish (finfish and shellfish); status and prospects: A mini review. *Biochemistry and Molecular Biology, 257*(3), pp.1-35. DOI: 10.1016/j.cbpb.2021.110653
10. Assini, J.M., Mulvihill, E.E. and Huff, M.W., 2013. Citrus flavonoids and lipid metabolism. *Current Opinion in Lipidology, 24*(1), pp.34-40. DOI: 10.1097/MOL.0b013e32835c07fd
11. Bahi, A., Guardiola, F.A., Messina, C., Mahdhi, A., Cerezuela, R., Santulli, A., Bakhrouf, A. and Esteban, M.A., 2017. Effects of dietary administration of fenugreek seeds, alone or in combination with probiotics, on growth performance parameters, humoral immune response and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology, 60*(3), pp.50-58. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.11.039
12. Bucio, A., Hartemink, R., Schrama, J.W., Verreth, J. and Rombouts, F.M., 2005. Survival of *Lactobacillus plantarum* 44a after spraying drying in feed and during exposure to gastrointestinal tract fluids in vitro. *The Journal of General and Applied Microbiology, 51*(4), pp.221-227. DOI: 10.2323/jgam.51.221
13. Caipang, C.M.A., 2015. Nutritional impacts on fish mucosa: Immunostimulants, pre- and probiotics. In: H. Benjamin, & E.P. Beck, (Eds.), Mucosal Health in Aquaculture. Academic Press, London. DOI: 10.1016/B978-0-12-417186-2.00009-1
14. Citarasu, T., 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International, 18*(3), pp.403-414. DOI: 10.1007/s10499-009-9253-7
15. Dawood, M.A., Koshio, S., Ishikawa, M., El-Sabagh, M., Esteban, M.A. and Zaineldin, A.I., 2016. Probiotics as an environment-friendly approach to enhance red sea bream, *Pagrus major* growth, immune response and oxidative status. *Fish and Shellfish Immunology, 57*(5), pp.170 –178. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.08.038
16. El-Saadony, M.T., Alagawany, M., Patra, A.K., Kar, I., Tiwari, R., Dawood, M.A., Dhama, K. and Abdel-Latif, H.M., 2021. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish and Shellfish Immunology, 117*(6), pp. 36-52. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.07.007
17. Fadda, S.H. and Raky, F.A., 2021. Effect of *Chlorella*-based diets on growth of the silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 25*(4), pp.917 -928. DOI: 10.21608/ejabf.2021.195962
18. Ganguly, S., Dora, K.C., Sarkar, S. and Chowdhury, S., 2013. Supplementation of prebiotics in fish feed. *Reviews in Fish Biology, 23*(2), pp.195 -199. DOI: 10.1007/s11160-012-9291-5
19. Gao, Z., Wang W., Abbas, K., Zhou, X., Yang, Y., Diana, J.S., Wang H. and Li Y., 2007. Haematological characterization of loach *Misgurnus anguillicaudatus*: a comparision among diploid, triploid and tetraploid speciments. *Comparative Biochemistry and Physiology, 147*(4), pp.1001-1008. DOI: 10.1016/j.cbpa.2007.03.006
20. Geng, X., Dong, X.H., Tan, B.P., Yang, Q.H. and Chi, S.Y., 2011. Effects of dietary chitosan and *Bacillus subtilis* on the growth performance, non-specific immunity and disease resistance of cobia, *Rachycentron canadum*. *Fish and Shellfish Immunology, 31*(1), pp.400-406. DOI: 10.1016/j.fsi.2011.06.006
21. Georganas, A., Giamouri, E., Pappas, A.C., Papadomichelakis, G., Galliou, F., Manios, T., Tsiplakou, E., Fegeros, K. and Zervas, G., 2020. Bioactive compounds in food waste: A review on the transformation of food waste to

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

animal feed. *Foods, 9*(3), pp.1-18. DOI: 10.3390/foods9030291

22. Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S.H., Talebi, M., Yousefi, M., Van Doan, H., Rufchaei, R. and Paolucci, M., 2021. Combined and singular effects of ethanolic extract of Persian shallot (*Allium Hirtifolium Boiss*) and synbiotic Biomin® IMBO on growth performance, serum-and mucus-immune parameters and antioxidant defense in zebrafish (*Danio rerio*). *Animals, 11*(10), pp.1-27. DOI: 10.3390/ani11102995
23. Goda, A.M., Omar, E.A., Srour, T.M., Kotiet, A.M., El-Haroun, E. and Davies, S.J., 2018. Effect of diets supplemented with feed additives on growth, feed utilization, survival, body composition and intestinal bacterial load of early weaning European seabass, *Dicentrarchus labrax* post-larvae. *Aquaculture International, 26*(4), pp.169-183. DOI: 10.1007/s10499-017-0200-8
24. Gómez, B., Gullón, B., Yáñez, R., Schols, H. and Alonso, J.L., 2016. Prebiotic potential of pectins and pectic oligosaccharides derived from lemon peel wastes and sugar beet pulp: A comparative evaluation. *Journal of Functional Foods, 20*(2), pp.108-121. DOI: 10.1016/j.jff.2015.10.029
25. Goth, L., 1991. A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica Chimica Acta, 196*(2-3), pp.143-152. DOI: 10.1016/0009-8981(91)90067-M
26. Gullón, B., Gómez, B., Martínez-Sabajanes, M., Yáñez, R., Parajó, J.C. and Alonso, J.L., 2013. Pectic oligosaccharides: Manufacture and functional properties. *Trends in Food Science and Technology, 30*(2), pp.153-161. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.01.006
27. Hardy, R.W., Kaushik, S.J., Mai, K., Bai, S.C., 2022. Fish Nutrition—History and Perspectives. In Fish Nutrition; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp.1-16
28. Hashemi, S.R. and Davoodi, H., 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications, 35*(3), pp.169-180. DOI:10.1007/s11259-010-9458-2
29. Holst, B. and Williamson, G., 2008. Nutrients and phytochemicals: From bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2), pp.73-82. DOI: 10.1016/j.copbio.2008.03.003
30. Hosseini, S.M., Hoseinifar, S.H., Mazandarani, M., Paknejad, H., Van Doan, H. and El-Haroun, E.R., 2020. The potential benefits of orange peels derived pectin on serum and skin mucus immune parameters, antioxidant defence and growth performance in common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish and Shellfish Immunology, 103*(3), pp.17-22. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.04.019
31. Hoseinifar, S.H., Esteban, M.Á., Cuesta, A. and Sun, Y.Z., 2015. Prebiotics and fish immune response: A review of current knowledge and future perspectives. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture, 23*(4), pp.315-328. DOI: 10.1080/23308249.2015.1052365
32. Hoseinifar, S.H., Ringø, E., Shenavar Masouleh, A. and Esteban, M.Á., 2016. Probiotic, prebiotic and synbiotic supplements in sturgeon aquaculture. *Reviews in Aquaculture, 8*(2), pp.89-102. DOI: 10.1111/raq.12082
33. Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Amoozegar, M.A., Merrifield, D.L. and Ringø, E., 2017. In vitro selection of a synbiotic and in vivo evaluation on intestinal microbiota, performance and physiological response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition, 23*(1), pp.1111-18. DOI: 10.1111/anu.12373
34. Hoseinifar, S.H., Rashidian, G., Ghafarifarsani, H., Jahazi, M.A., Soltani, M., Doan, H.V., El-Haroun, E. and Paolucci, M., 2021. Effects of apple (*Malus pomila*) pomace-derived pectin on the innate immune responses,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries. *Frontiers in Microbiology, 5*(2), pp.1-17. DOI: 10.3389/fmicb.2014.00207

41. Marklund, S., 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *European Journal of Biochemistry, 16*(3), pp.469-74. Doi: 10.1111/j.1432-1033.1974.tb03714.x
42. Mehdinejad, N., Imanpour, M.R. and Jafari, V., 2018. Combined or individual effects of dietary probiotic, *Pediococcus acidilactici* and nucleotide on reproductive performance in goldfish (*Carassius auratus*). *Probiotics and Antimicrobial Proteins, 11*(9), pp.233-238. DOI: 10.1007/s12602-017-9377-4
43. Mehrabi, F., Khalesi, M. and Kaivan, H., 2018. Effects of pre- and probiotics on growth, survival, body composition, and hematology of common carp (*Cyprinus carpio*) fry from the Caspian Sea. Turkish *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18*(4), pp.597-602. DOI: 10.4194/1303-2712-v18_4_11
44. M'hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M. and Boudhrioua, N.M., 2015. Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. *Journal of New Sciences, 9*, pp.881-890
45. Ovodov, Y.S., 2009. Current views on pectin substances. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry, 35*(3), pp.269-279. DOI: 10.1134/S1068162009030017
46. Paglia, D.E. and Valentine, W.N., 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 70*(1), pp.158-69
47. Puvanasundram, P., Chong, C.M., Sabri, S., Yusoff, M.S. and Karim, M., 2021. Multi-strain probiotics: Functions, effectiveness and formulations for aquaculture expressions of key immune-related genes, growth performance, and digestive enzyme activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals, 11*(7), pp.1-15. DOI: 10.3390/ani11072117
35. Jabbari, E., Jafari, V., Safari, R., Hoseinifar, H. and Imanpour, M., 2023. The effect of using synbiotic pectin and *Lactobacillus plantarum* on growth performance and expression of genes related to growth in beluga sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 12*(2), pp. 1-12. [In Persian]. DOI: 10.22059/JVR.2018.233209.2627
36. Jiang, N., Jin, L.F., Teixeira da Silva, J.A., IsIam, M.Z., Gao, H.W., Liu, Y.Z. and Peng, S.A., 2014. Activities of enzymes directly related with sucrose and citric acid metabolism in citrus fruit in response to soil plastic film mulch. *Scientia Horticulturae, 168*(2), pp.73-80. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.01.021
37. Jiang, T., Gao, X., Wu, C., Tian, F., Lei, Q., Bi, J. and Wang, X., 2016. Apple-derived pectin modulates gut microbiota, improves gut barrier function, and attenuates metabolic endotoxemia in rats with diet-induced obesity. *Nutrients, 8*(3), pp.1-20. DOI: 10.3390/nu8030126
38. Kasmani, F.B., Karimi Torshizi, M.A.K. and Mehri, M., 2018. Effect of *Brevibacillus laterosporus* probiotic on hematology, internal organs, meat peroxidation and ileal microflora in Japanese quails fed aflatoxin B1. *Journal of Agricultural Science and Technology, 20*(3), pp.459-468
39. Khanjani, M.H., Mozanzadeh, M.T., Gisbert, E. and Hoseinifar, S.H., 2024. Probiotics, prebiotics, and synbiotics in shrimp aquaculture: Their effects on growth performance, immune responses, and gut microbiome. *Aquaculture Reports, 38*, pp. 1-21. DOI: 10.1016/j.aqrep.2024.102362
40. Llewellyn, M.S., Boutin, S., Hoseinifar, S.H. and Derome, N., 2014. Teleost microbiomes: the state of the art in their

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

applications. *Aquaculture, 21*(81), pp.10-32. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100905

48. Rahimnejad, S., Guardiola, F.A., Leclercq, E., Ángeles Esteban, M., Castex, M., Sotoudeh, E. and Lee, S.M. 2018. Effects of dietary supplementation with *Pediococcus acidilactici* MA18/5M, galactooligosaccharide and their synbiotic on growth, innate immunity and disease resistance of rockfish (*Sebastes schlegeli*). *Aquaculture, 482*(56), pp.36-44. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.09.020
49. Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B. and Sasal, P., 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. *Aquaculture, 433*(2), pp.50 -61. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.05.048
50. Rezvani gilkolaei, A., Shoaibi Omrani, B. and Afraei Bandpey M.A. 2019. The effect of dietary probiotic *Lactobacillus plantarum* on nutrition performance in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Aquaculture Development, 13*(1-2), pp. 79-88. [In Persian]. DOI: 20.1001.1.23223545.1398.13.1.1.2
51. Ring, E., 2020. Probiotics in shellfish aquaculture. *Aquaculture and Fisheries, 5*(1), pp.1-27. DOI: 10.1016/j.aaf.2019.12.001
52. Saboktakin-Rizi, M., Behbahani, B.A., Hojjati, M. and Noshad, M., 2021. Identification of *Lactobacillus plantarum* TW29-1 isolated from Iranian fermented cereal-dairy product (*Yellow Zabol Kashk*): Probiotic characteristics, antimicrobial activity and safety evaluation. *Journal of Food Measurement and Characterization, 15*(3), pp.2615 -2624. DOI: 10.1007/s11694-021-00846-5
53. Sankar Giri, S., Sukumaran, V. and Oviya, M., 2013. Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* VSG3 improves the growth, immunity, and disease resistance of tropical freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fish and Shellfish Immunology, 34*(2), pp. 660-666. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.12.008
54. Stanton, C., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F. and Van Sinderen, D., 2005. Fermented functional foods based on probiotics and their biogenic metabolites. *Current Opinion in Biotechnology, 16*(2), pp.198-203. DOI: 10.1016/j.copbio.2005.02.008
55. Szűcs, I., Tikász, I.E., Fehér, M. and Stündl, L., 2018. Testing for consumer preferences of smoked Asian sea bass (Barramundi) filet products in Hungary. *Cogent Business & Management, 5*(2), pp.1-19. DOI: 10.1080/23311975.2018.1432158
56. Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Elumalai, P., Tongsiri, S., Chitmanat, C., Jaturasitha, S. and Doolgindachbaporn, S., 2018. Effects of orange peels derived pectin on innate immune response, disease resistance and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured under indoor biofloc system. *Fish and Shellfish Immunology, 80*(1), pp.56-62. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.05.049
57. Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Naraballobh, W., Jaturasitha, S., Tongsiri, S., Chitmanat, C. and Ringø, E., 2019. Dietary inclusion of orange peels derived pectin and *Lactobacillus plantarum* for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured under indoor biofloc systems. *Aquaculture, 508*(7), pp.98 -105. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.03.067
58. Van Hai, N. and Fotedar, R., 2009. Comparison of the effects of the prebiotics (Bio-Mos and -1,3- D-glucan) and the customised probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the culture of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus* Kishinouye, 1896). *Aquaculture, 289*(3-4), pp.310-316. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.02.001
59. Wu, G., 2022. Nutrition and metabolism: Foundations for animal

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]

growth, development, reproduction, and health. *Advances in Experimental Medicine and Biology, 1354,* pp.1-24. DOI: 10.1007/978-3-030-85686-1_1

60. Ye, J.D., Wang, K., Li, F.D. and Sun, Y.Z., 2011. Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Nutrition, 17*(4), pp.902-911. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2011.00863.x
61. Yukgehnaish, K., Kumar, P., Sivachandran, P., Marimuthu, K., Arshad, A., Paray, B.A. and Arockiaraj, J., 2020. Gut microbiota metagenomics in aquaculture: Factors influencing gut microbiome and its physiological role in fish. *Reviews in Aquaculture, 12*(7), pp.1903 -1927. DOI:10.1111/raq.12416
62. Zapata, A.A. and Lara-Flores, M., 2013. Antimicrobial activities of lactic acid bacteria strains isolated from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) intestine. *Journal of Biology and Life Science, 4*(1), pp.123-129. DOI: 10.5296/jbls.v4i1.2408

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-11]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-912]