University of Tehran

Journal of Fisheries

Home Page: https://jfisheries.ut.ac.ir

Online ISSN: 2423-7809

Effects of dietary supplementation with A-Max Ultra and Celmanax liquid prebiotics on growth performance, Ammonia and urea excretion rates, and energy loss in grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Linnaeus, 1758) larvae

Sedigheh Khalili[1] | Hojatollah Jafaryan[2*] | Hossein Adineh[3] | Mohammad Farhangi[3]

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, Gonbad-e Kavous University, Golestan, Iran. Email: saghi.khalili.61@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, Gonbad-e Kavous University, Golestan, Iran. E-mail hojat.jafaryan@gmail.com
3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, Gonbad-e Kavous University, Golestan, Iran. Email: adineh.h@gmail.com
4. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resource, Gonbad-e Kavous University, Golestan, Iran. Email: s.farhangi@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 05 May 2026
Revised: 30 May 2026
Accepted: 18 June 2026
Published online: 05 July 2026

Keywords:
Prebiotic,
Grass carp larvae,
Growth rate,
Ammonia and urea excretion,
Energy loss.

ABSTRACT

The present study was conducted to evaluate the effects of two commercial prebiotics, A-max ultra and celmanax liquid, on selected growth parameters, ammonia and urea excretion, as well as energy loss in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) larvae through dietary supplementation for a period of 45 days. A total of 1050 larvae with a mean weight of 625.15 ± 10.12 mg were fed diets supplemented with 1, 2, and 3 g of A-max ultra per kilogram of diet and three levels of 1, 2, and 3 mL of celmanax liquid per kilogram of diet, and their effects were compared with those of the control group (diet without prebiotic supplementation). During the experimental period, the larvae were fed daily to apparent satiation. The results showed that the use of commercial prebiotics significantly increased growth variables and nutritional indices ($P<0.05$). However, no significant differences were observed among the experimental treatments ($P>0.05$). Ammonia excretion, urea excretion, and energy loss were also significantly reduced in the experimental treatments compared with the control group ($P<0.05$). Based on the obtained findings, the use of A-max ultra and celmanax liquid prebiotics at the tested levels, particularly at higher concentrations, can improve the growth performance of grass carp larvae and effectively reduce ammonia and urea excretion, energy loss, and energy expenditure.

Cite this article: Khalili, S., Jafaryan, H., Adineh, H., Farhangi, M. (2026). Effects of dietary supplementation with A- Max Ultra and Celmanax liquid prebiotics on growth performance, Ammonia and urea excretion rates, and energy loss in grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Linnaeus, 1758) larvae. *Journal of Fisheries*, 79 (2), 153-162. DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfisheries.2026.413827.1485

© The Author(s) **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.413827.1485

شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
سایت نشریه: https://jfisheries.ut.ac.ir
دانشگاه تهران
شاپا الکترونیکی: ۷۸۰۹-۲۴۲۳

تاثیر پری‌بیوتیک‌های ایمکس اولترا و سلماناکس مایع بر متغیرهای رشد، نرخ ترشح آمونیاک، اوره و اتلاف انرژی در لاروهای ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*, Linnaeus. 1758)

صدیقه خلیلی[۱] | حجت الله جعفریان[۲*] | حسین آدینه[۳] | محمد فرهنگی[۴]

۱. گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: saghi.khalili.61@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: hojat.jafaryan@gmail.com
۳. گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: adineh.h@gmail.com
۴. گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: s.farhangi@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۱۴

کلیدواژه:
پری بیوتیک،
لارو کپور علفخوار،
نرخ رشد،
ترشح آمونیاک و اوره،
اتلاف انرژی.

چکیده

مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی اثر دو پری‌بیوتیک تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع بر برخی متغیرهای رشد، میزان ترشح آمونیاک و اوره و همچنین اتلاف انرژی در لاروهای ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) از طریق مکمل‌سازی جیره‌ها به‌مدت ۴۵ روز انجام شد. تعداد ۱۰۵۰ عدد لارو با میانگین وزنی ۱۰/۱۲±۶۲۵/۱۵ میلی‌گرم با جیره‌های مکمل شده توسط ۱، ۲ و ۳ گرم ایمکس اولترا در هر کیلوگرم و سه سطح ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر سلماناکس مایع در هر کیلوگرم جیره تغذیه شدند و اثرات آنها با گروه شاهد (جیره فاقد پری‌بیوتیک) مقایسه شد در طول دورهٔ آزمایش تغذیهٔ لاروها به‌صورت روزانه تا حد سیری انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از پری‌بیوتیک‌های تجاری باعث افزایش معنی‌دار متغیرهای رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای شد ($P<0/05$). هرچند، به‌صورت درون‌گروهی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت ($P>0/05$). دفع آمونیاک، اوره و انرژی اتلافی نیز در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<0/05$). براساس یافته‌های به‌دست‌آمده، استفاده از پری‌بیوتیک‌های ایمکس اولترا و سلماناکس مایع در سطوح آزمایش شده، به‌ویژه در غلظت‌های بالا می‌تواند علاوه بر بهبود وضعیت رشد لاروهای ماهی آمور در کاهش دفع آمونیاک و اوره، اتلاف انرژی و مخارج انرژی موثر باشد.

استناد: خلیلی؛ صدیقه، جعفریان؛ حجت‌الله، آدینه؛ حسین، فرهنگی؛ محمد (۱۴۰۵). تاثیر پری‌بیوتیک‌های ایمکس اولترا و سلماناکس مایع بر متغیرهای رشد، نرخ ترشح آمونیاک، اوره و اتلاف انرژی در لاروهای ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*, Linnaeus. 1758). *نشریهٔ شیلات، مجله منابع طبیعی ایران*، ۷۹ (۲)، ۱۶۲-۱۵۳.
DOI: http//doi.org/ 10.22059/jfisheries.2026.413827.1485

© نویسندگان.
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.
DOI: http//doi.org/10.22059/jfisheries.2026.413827.1485

۱. مقدمه

آبزی‌پروری در دهه‌های اخیر به یکی از سریع‌ترین بخش‌های در حال رشد تولید غذا در جهان تبدیل شده است و افزایش تقاضا برای پروتئین باکیفیت، لزوم بهبود کارایی تولید، ارتقای سلامت آبزیان و کاهش اثرات زیست‌محیطی را بیش از پیش برجسته کرده است. در همین راستا، رویکردهای نوین در تغذیهٔ آبزیان بر استفاده از افزودنی‌های خوراکی عملکردی متمرکز شده‌اند؛ افزودنی‌هایی که بتوانند همزمان رشد، سلامت و پایداری تولید را بهبود دهند (Amillano-Cisneros *et al*., 2023; Wee *et al*., 2024). رویکرد کنونی در آبزی‌پروری بر پایهٔ توسعهٔ پایدار، حفاظت از محیط‌زیست و تولید محصولات سالم برای مصرف‌کنندگان نهایی استوار است (Wee *et al*., 2024). در همین راستا، استفاده از سیستم‌های پرورش با تراکم بالا به‌طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است. با این حال، این روش علاوه بر ایجاد آسیب‌های زیست‌محیطی، موجب افزایش شرایط استرس‌زا در آبزیان پرورشی می‌شود که در نهایت منجر به بروز و گسترش بیماری‌ها و تلفات گسترده شده و پیامدهای اقتصادی سنگینی را به دنبال دارد (Amillano-Cisneros *et al*., 2023).

در سال‌های اخیر، پری‌بیوتیک‌ها به‌عنوان ترکیبات غیرقابل هضم که به‌طور انتخابی رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید روده را تحریک می‌کنند، جایگاه ویژه‌ای در تغذیه آبزیان یافته‌اند (Amillano-Cisneros *et al*., 2023). مطالعات جدید نشان داده‌اند که استفاده از پری‌بیوتیک‌ها در جیرهٔ ماهیان می‌تواند ترکیب میکروبیوتای روده را تعدیل کرده، کارایی هضم و جذب مواد مغذی را بهبود دهد و در نهایت سبب ارتقای رشد، ضریب تبدیل غذایی و وضعیت فیزیولوژیک ماهی شود (Mohammed *et al*., 2025). همچنین گزارش شده است که این ترکیبات از طریق تقویت سد مخاطی روده، تحریک پاسخ‌های ایمنی ذاتی و کاهش اثرات تنش اکسیداتیو، نقش مهمی در افزایش سلامت عمومی و مقاومت به بیماری در گونه‌های مختلف آبزی ایفا می‌کنند (Amillano-Cisneros *et al*., 2023; Luan *et al*., 2023).

اهمیت پری‌بیوتیک‌ها در آبزی‌پروری تنها به بهبود شاخص‌های رشد محدود نمی‌شود، بلکه این ترکیبات می‌توانند با بهینه‌سازی بهره‌وری خوراک و کاهش دفع مواد ازته، در کاهش بار آلودگی محیط‌های پرورشی نیز مؤثر باشند. از آنجا که بخشی از نیتروژن دریافتی از خوراک به‌صورت آمونیاک و اوره به محیط دفع می‌شود، هرگونه بهبود در استفاده از مواد مغذی و متابولیسم انرژی می‌تواند علاوه بر افزایش رشد، به بهبود کیفیت آب و کاهش پیامدهای زیست‌محیطی سیستم‌های پرورشی منجر شود. از این رو، استفاده از افزودنی‌های خوراکی مانند پری‌بیوتیک‌ها در سال‌های اخیر به‌عنوان رویکردی سازگار با توسعه پایدار آبزی‌پروری مورد تأکید قرار گرفته است (Amillano-Cisneros *et al*., 2023).

در میان انواع پری‌بیوتیک‌ها، فرآورده‌های تجاری بر پایهٔ دیواره سلولی مخمر، مانان‌الیگوساکاریدها، فروکتوالیگوساکاریدها، اینولین و سایر الیگوساکاریدهای عملکردی بیش از سایر ترکیبات در ماهیان بررسی شده‌اند و نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از اثرات مثبت آنها بر رشد، کارایی خوراک، پاسخ ایمنی و تعادل میکروبی روده است. با این حال، شدت و جهت این اثرات به عواملی مانند گونهٔ پرورشی، مرحلهٔ رشدی، نوع و سطح مصرف پری‌بیوتیک، ترکیب جیرهٔ پایه و شرایط محیطی بستگی دارد. بنابراین، ارزیابی تجربی هر فرآوردهٔ پری‌بیوتیکی در گونهٔ هدف، پیش‌نیاز ارائهٔ توصیه‌های کاربردی و دقیق در تغذیهٔ آبزیان به شمار می‌رود (Amillano-Cisneros *et al*., 2023).

ماهی آمور یا کپور علف‌خوار (*Ctenopharyngodon idella*) یکی از گونه‌های مهم پرورشی آب شیرین است که به‌دلیل رشد مناسب، ارزش اقتصادی و سازگاری با شرایط پرورشی مختلف، در بسیاری از کشورها مورد توجه قرار دارد. تولید جهانی این گونه در سال ۲۰۲۲ به حدود ۶/۲ میلیون تن رسید که بیانگر اهمیت اقتصادی و تولیدی آن در سطح جهانی است (FAO, 2024). با وجود اهمیت این گونه، اطلاعات مربوط به اثر برخی پری‌بیوتیک‌های تجاری بر شاخص‌های رشد، دفع ترکیبات نیتروژنی و اتلاف انرژی در مراحل اولیهٔ رشد آن همچنان محدود است. مراحل لاروی و نوزادی ماهیان، به‌دلیل حساسیت بالاتر به تغییرات تغذیه‌ای و محیطی، از مهم‌ترین دوره‌ها برای مداخلهٔ تغذیه‌ای هدفمند محسوب می‌شوند و بهبود وضعیت تغذیه‌ای در این دوره می‌تواند پیامدهای مثبتی بر بقا، رشد و کارایی پرورش در مراحل بعدی داشته باشد (Luan et al., 2023; Amillano-Cisneros et al., 2023).

بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات دو پری‌بیوتیک تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع بر شاخص‌های

رشد، میزان دفع آمونیاک و اوره، و اتلاف انرژی در لارو ماهی آمور انجام شد تا امکان استفاده از این افزودنی‌ها به‌عنوان ابزاری تغذیه‌ای در جهت ارتقای عملکرد تولیدی و کاهش اتلاف مواد در این گونه ارزیابی شود.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی یک دورهٔ پرورش ۴۵ روزه در آزمایشگاه آبزی‌پروری دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. برای شروع آزمایش، ابتدا ۱۰۵۰ عدد لارو ماهی کپور علخوار از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی شهید چمران (گلستان، ایران) تهیه شد. پس از سازگاری یک‌هفته‌ای و اطمینان از سلامت آنها، لارو با میانگین وزن اولیه ۶۲۵/۱۵±۱۰/۱۲ میلی‌گرم به‌طور تصادفی در ۲۱ مخزن فایبرگلاس (با تراکم ۵۰ عدد لارو در هر مخزن) معرفی شدند. جهت تأمین هوادهی و نیاز اکسیژنی لاروها درون هر مخزن یک سنگ هوا قرار گرفت که به پمپ مرکزی متصل بود. کیفیت آب پرورشی توسط دستگاه واترچکر مدل ۸۳۲۰۰ به شکل روزانه کنترل شد. نتایج معیارهای کیفی آب در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- معیارهای کیفی آب ورودی به حوضچه‌های پرورشی (انحراف معیار ± میانگین)

دما (C°)	شوری (mg/L)	کدورت (NTU)	اکسیژن محلول (mg/L)
۲۴/۵±۱/۳۵	۵۲۵± ۳۲/۴۱	۷/۵±۰/۶۵	۷/۵±۰/۶۵
pH	نیتریت (mg/L)	نیترات (mg/L)	فسفات (mg/L)
۷/۶ ±۰/۱۸	۰/۰۱۳±۰/۰۰۱	۱۰/۵۶±۱/۴۳	۰/۴۶±۰/۰۲
هدایت الکتریکی (mμ/s)	جامدات محلول (mg/L)	سولفات (mg/L)	بی‌کربنات (mg/L)
۸۲۹/۳۸±۸۲/۶۶	۵۶۸/۵۶±۵۰/۲۵	۸۴/۱۰±۶/۷۲	۳۴۰±۲۷
کلسیم(mg/L)	منیزیم(mg/L)	سدیم(mg/L)	پتاسیم(mg/L)
۸۴/۶۸±۴/۲	۲۱/۱۲±۱/۵	۵۴/۱۰±۲/۲	۱/۵±۰/۱۱

۲-۱. پری‌بیوتیک های مورد استفاده

«ایمکس اولترا و سلماناکس مایع هر دو از فرآورده‌های تجاری شرکت (VI-COR) Arm & Hammer Animal Nutrition، ایالات متحدهٔ آمریکا هستند که بر پایهٔ مخمر *Saccharomyces cerevisiae* و اجزای حاصل از کشت مخمر تولید شده‌اند. ایمکس اولترا عمدتاً شامل دیوارهٔ سلولی و محتویات مخمر، محیط کشت حاوی ساکارز، ملاس و عصارهٔ ذرت بوده و سلماناکس مایع شامل محیط کشت مخمر، عصارهٔ مخمر، مانان‌الیگوساکاریدها و بتاگلوکان‌ها است.

۲-۲. آماده‌سازی جیره‌های غذایی و غذادهی

جهت تهیهٔ سوسپانسیون، ابتدا مقادیر ۱، ۲ و ۳ گرم از پری‌بیوتیک ایمکس اولترا با ترازوی دیجیتال (دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شد. مواد در هاون چینی آسیاب گردید تا به‌صورت پودر ریز درآید. برای تهیهٔ امولسیون سلماناکس مایع نیز مقادیر ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر با سمپلر برداشته شد. هر یک از مقادیر مذکور به‌صورت جداگانه در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل ریخته شد. سپس با همزن برقی کاملاً مخلوط گردید تا سوسپانسیون‌ها و امولسیون‌های یکنواخت حاصل شود. سوسپانسیون‌ها/امولسیون‌ها روی یک کیلوگرم خوراک اکسترود شده تجاری (Skretting–Norway، قطر ۱ میلی‌متر، ۵۰٪ پروتئین خام، ۲۰٪ چربی خام و ۹٫۵٪ خاکستر) اسپری گردید. بر این اساس، میزان افزودنی برای هر تیمار برابر با ۱، ۲ و ۳ گرم ایمکس اولترا به‌ازای هر کیلوگرم خوراک و ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر سلماناکس مایع به‌ازای هر کیلوگرم خوراک بود. سپس با اضافه کردن ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌ازای هر مقدار مشخص، جیره‌ها به حالت خمیری تبدیل و در انکوباتور در دمای ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۵ ساعت خشک شدند (Ghosh *et al*., 2003) تا رطوبت نهایی حدود ۱۰ درصد حاصل گردد. خمیر خشک شده پس از آسیاب، برای دستیابی به اندازهٔ مناسب دهان لاروها از الک‌های ریز (۴۰۰–۱۰۰ میکرومتر) عبور داده شد. خوراک آماده‌شده طبق برنامهٔ زمان‌بندی غذایی و

مقادیر محاسبه‌شده در هر وعده تا حد سیری در اختیار لاروها قرار گرفت. سیفون کردن مخازن هر دو روز یک‌بار انجام شد و باقیمانده‌های غذایی و مدفوع از مخازن خارج و پس از جمع‌آوری وزن شدند.

۲-۳. زیست‌سنجی

در پایان دورهٔ آزمایش، به‌منظور ارزیابی شاخص‌های رشد، تمامی ماهیان هر مخزن به‌طور کامل جمع‌آوری و به‌آرامی از مخازن خارج شدند. سپس وزن فردی ماهیان با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل آنها با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. داده‌های زیست‌سنجی به‌دست‌آمده مبنای محاسبهٔ شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه‌ای قرار گرفت که با استفاده از فرمول‌های استاندارد محاسبه شدند (Ahmad *et al*., 2021; Shahrzad *et al*., 2022).

میانگین وزن ابتدای دوره به گرم–میانگین وزن انتهای دوره به گرم =افزایش وزن بدن

میانگین وزن انتهای دوره به گرم/ وزن دستگاه گوارش به‌همراه محتویان آن به گرم =شاخص گاستروسوماتیک

افزایش وزن بدن (گرم)/ مقدار غذای خورده شده (گرم) =ضریب تبدیل غذایی

(مقدار غذای خورده شده به گرم/ افزایش وزن بدن به گرم) ×۱۰۰ =کارایی غذا (درصد

مقدار پروتئین خورده شده (گرم)/ افزایش وزن بدن (گرم) =نسبت کارایی پروتئین

مقدارچربی خورده شده (گرم)/ وزن به‌دست‌آمده (گرم) = نسبت کارایی چربی

۲-۴. اندازه‌گیری آمونیاک و اوره

میزان آمونیاک و اورهٔ مترشحه در پایان دورهٔ آزمایش اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور، پنج ماهی از هر تکرار به‌طور تصادفی انتخاب و پس از توزین، به‌صورت جداگانه به‌مدت ۲۴ ساعت در ظروف ۱۶ لیتری حاوی آب هوادهی‌شده، بدون هوادهی قرار داده شدند. به‌منظور حذف اثر ترشحات نیتروژنی ناشی از باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌های آبزی همراه با نمونه‌ها، یک مخزن ۱۶ لیتری حاوی همان آب و بدون ماهی نیز به‌عنوان شاهد به‌مدت ۲۴ ساعت نگهداری شد. در پایان این دوره، از هر ظرف به‌طور جداگانه نمونه آب برداشت شد و غلظت آمونیاک به روش فنل–هیپوکلریت تعیین گردید (Solorzano, 1969). مقدار آمونیاک کل با کسر غلظت آمونیاک مخزن شاهد بدون ماهی از مقدار اندازه‌گیری‌شده در هر نمونه محاسبه شد. غلظت اوره نیز با استفاده از روش آنزیمی اوره‌آز تعیین شد (Elliott, 1976). در طول انجام این آزمون، تغذیهٔ لاروها به‌طور کامل متوقف شد. در نهایت، برای محاسبهٔ میزان آمونیاک و اورهٔ مترشحه و همچنین انرژی اتلافی، از روابط ارائه‌شده در منابع Engin و Carter (۲۰۰۱)، Brafield (۱۹۸۵) و Elliott (۱۹۷۶) استفاده شد.

مدت مطالعه (روز)/ وزن ماهی (kg)× (۶/۲۵ / (درصد پروتئین× ماده خشک× غذای خورده شده)) =نیتروژن دریافت شده

وزن توده ماهی موجود در هر تانک (kg)/ حجم آب× [آمونیاک اولیه (mg/l) – آمونیاک نهایی(mg/l)] =آمونیاک مترشحه

وزن توده ماهی موجود در هر تانک (kg)/ حجم آب× [اوره اولیه (mg/l) –اوره نهایی (mg/l)] = اورهٔ مترشحه

مدت مطالعه (روز)/ وزن ماهی (kg)× (درصد پروتئین× ماده خشک× غذای خورده شده) =انرژی دریافت شده

(گرم/ کیلوژول) ۲۴/۸۳ × (۱۰۰۰/ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن ماهی در روز) آمونیاک مترشحه) =انرژی تلف شده بر اساس آمونیاک

(گرم/کیلوژول) ۲۴/۸۳ × (۱۰۰۰/ (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن ماهی در روز) اورهٔ مترشحه) =انرژی تلف شده بر اساس اوره

$$\text{انرژی کل تلف شده به انرژی خورده شده} = \frac{\text{مجموع انرژی خورده شده از طریق جیره غذایی}}{\text{مجموع انرژی تلف‌شده بر اساس آمونیاک و اوره}} \times ۱۰۰$$

تعیین میزان مخارج انرژی (EE) نیز با استفاده از رابطهٔ زیر انجام شد (Brafield, 1985).

$$EE = -11.18O_2 + 2.64\ CO_2 - 9.55N$$

در این رابطه میزان مصرف اکسیژن محلول، تولید دی‌اکسید کربن و نیتروژن اوره و آمونیاک مترشحه بر مبنای میلی مول در هر کیلوگرم از بدن ماهی در ۲۴ ساعت محاسبه گردید. میزان مخارج انرژی (EE) بر مبنای کیلوژول بر وزن ماهی در هر ۲۴ ساعت محاسبه گردید.

۲-۵. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف، داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار، آزمون دانکن برای مقایسهٔ میانگین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد به‌کار رفت. تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۹ انجام شد و نتایج به‌صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شدند.

۳. نتایج

۳-۱. متغیرهای رشد

نتایج تأثیر پری‌بیوتیک‌های مورد استفاده بر شاخص‌های رشد در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست آمده تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد باعث بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد و تغذیه شد. وزن نهایی، طول نهایی، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی غذا، نسبت کارایی پروتئین و نسبت کارایی چربی در تمامی تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$). اما بین تیمارهای تحت تأثیر پری‌بیوتیک‌های مورد استفاده اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت ($P<۰/۰۵$). شاخص گاستروسوماتیک در تیمار ۲ میلی‌لیتر بر کیلوگرم سلماناکس به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد بود ($P<۰/۰۵$)؛ اما بین سایر تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد اختلاف معنی داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲- مقایسهٔ وضعیت رشد لاروهای آمور (*C. idella*) تحت تأثیر سطوح مختلف پری‌بیوتیک‌های ایمکس اولتر و سلماناکس مایع

تیمار / متغیر	شاهد	A1	A2	A3	C1	C2	C3
وزن نهایی (گرم)	۵/۷۳±۰/۴۸۶^{b}	۶/۰۳±۰/۴۵۲^{a}	۵/۹۹±۰/۳۴۰^{a}	۶/۰۹±۰/۶۵۴^{a}	۵/۹۳±۰/۴۴۴^{a}	۶/۰۵±۰/۴۴۱^{a}	۵/۹۹±۰/۳۹۳^{a}
طول نهایی(سانتی متر)	۸/۴۶±۰/۵۲^{b}	۸/۷۵±۰/۴۳^{a}	۸/۶۸±۰/۳۴^{a}	۸/۷۱±۰/۵۶^{a}	۸/۶۴±۰/۴۵^{a}	۸/۸۲±۰/۴۲^{a}	۸/۸۲±۰/۳۴^{a}
افزایش وزن (گرم)	۵/۱۱±۰/۴۸^{b}	۵/۴۱±۰/۴۲^{a}	۵/۳۷±۰/۳۴^{a}	۵/۴۷±۰/۶۵^{a}	۵/۳۰±۰/۴۴^{a}	۵/۴۳±۰/۴۴^{a}	۵/۳۷±۰/۳۹^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۲۴±۰/۶۸۹^{b}	۱/۸۳±۰/۳۳۶^{a}	۱/۸۶±۰/۳۵۳^{a}	۱/۸۶±۰/۵۴۴^{a}	۱/۹۴±۰/۳۷۱^{a}	۱/۸۲±۰/۳۵۰^{a}	۱/۸۶±۰/۳۵۱^{a}
نرخ کارایی غذا (٪)	۴۸/۳۲±۱۳/۵۰^{b}	۵۶/۵۵±۱۱/۸۰^{a}	۵۵/۴۳±۹/۴۶^{a}	۵۸/۲۱±۱۸/۱۷^{a}	۵۳/۶۹±۱۲/۳۴^{a}	۵۷/۲۰±۱۲/۲۶^{a}	۵۵/۴۸±۱۰/۹۳^{a}
نسبت کارایی پروتئین	۰/۹۶±۰/۲۷۰^{b}	۱/۱۳±۰/۲۳۶^{a}	۱/۱۰±۰/۱۸۹^{a}	۱/۱۶±۰/۳۶۳^{a}	۱/۰۷±۰/۲۴۶^{a}	۱/۱۴±۰/۲۴۵^{a}	۱/۱۰±۰/۲۱۸^{a}
نسبت کارایی چربی	۲/۴۱±۰/۶۷۵^{b}	۲/۸۲±۰/۵۹۰^{a}	۲/۷۷±۰/۴۷۳^{a}	۲/۹۱±۰/۹۰۸^{a}	۲/۶۸±۰/۶۱۷^{a}	۲/۸۶±۰/۶۱۳^{a}	۲/۷۷±۰/۵۴۶^{a}
شاخص گاستروسوماتیک	۸/۶۰±۱/۴۳۰^{b}	۸/۷۸±۱/۷۱۳^{b}	۶/۴۹±۱/۹۴۲^{b}	۷/۱۲±۱/۴۴۰^{b}	۶/۹۷±۱/۱۴۷^{b}	۱۱/۸۸±۴/۴۳۹^{a}	۶/۱±۱/۲۳۵^{b}

*حروف انگلیسی غیرمشابه در بالای اعداد در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است($P<۰/۰۵$). A1، A2 و A3 به‌ترتیب تحت تأثیر ۱، ۲ و ۳ گرم بر کیلوگرم ایمکس اولترا است. C1، C2 و C3 به‌ترتیب تحت تأثیر ۱، ۲ و ۳ میلی‌لیتر بر کیلوگرم جیرهٔ غذایی است.

۳-۲. متابولیت های نیتروژنی مترشحه و شاخص‌های انرژی

براساس نتایج جدول ۳، افزودن پری‌بیوتیک‌ها تأثیر معنی‌داری بر متابولیسم نیتروژن و کاهش اتلاف انرژی دارد ($P<۰/۰۵$). به‌طوری‌که ترشح آمونیاک در تمامی تیمارهای آزمایشی کاهش معنی‌داری نسبت به گروه شاهد نشان داد، کمترین مقدار در تیمار تحت تأثیر ۳ میلی‌لیتر در کیلوگرم سلماناکس مشاهده شد. پس از آن نیز تیمار حاوی ۲ میلی‌لیتر در کیلوگرم سلماناکس قرار داشت؛ در مقابل، گروه شاهد بیشترین ترشح آمونیاک را نشان داد. الگوی ترشح اوره نیز مشابه بود و تیمارهای تحت تأثیر ۲ و ۳ میلی‌لیتر در کیلوگرم سلماناکس کمترین مقادیر را نشان دادند، در حالی‌که گروه شاهد بالاترین مقدار را داشت ($P<۰/۰۵$). مجموع نیتروژن دفع‌شده از طریق آمونیاک و اوره و نیز نسبت نیتروژن تلف‌شده به نیتروژن مصرفی در تیمارهای مکمل شده به‌طور معنی‌داری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$).

از منظر مخارج انرژی نیز الگوهای مشابهی در مصرف انرژی و انرژی اتلافی از طریق ترشح آمونیاک و اوره مشاهده شد.

انرژی اتلافی از طریق آمونیاک و اوره در همه تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک کمتر از گروه شاهد بود و پایین‌ترین مقادیر عمدتاً در تیمار حاوی ۳ و سپس ۲ میلی‌لیتر در کیلوگرم سلماناکس مایع ثبت شد ($P<۰/۰۵$). در نتیجه، مجموع انرژی تلف‌شده و نسبت آن به انرژی مصرفی در این دو تیمار به کمترین سطح رسید ($P<۰/۰۵$). هرچند مخارج انرژی کلی اختلاف بارزی بین تیمارها نشان نداد، روند کلی داده‌ها بیانگر آن است که به‌ویژه سطوح بالاتر سلماناکس مایع، کارایی استفاده از انرژی را بهبود داده و دفع متابولیت‌های نیتروژنی را کاهش داده است.

جدول ۳- تأثیر سطوح مختلف پربیوتیک‌های تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع بر شاخص‌های انرژی اتلافی لاروهای ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*) در پایان دورهٔ ۴۵ روزهٔ آزمایش (انحراف معیار±میانگین)،

تیمار / ترکیبات نیتروژنی	شاهد	A1	A2	A3	C1	C2	C3
نیتروژن مصرف‌شده ($g.kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵	۱/۷۳ ± ۰/۲۵
آمونیاک مترشحه ($g.kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۰/۳۹۰±۰/۰۴^{a}	۰/۳۲۰±۰/۰۲^{bc}	۰/۳۲۵±۰/۰۰۵^{bc}	۰/۳۵۵±۰/۰۲۵^{ab}	۰/۳۳۰±۰/۰۱^{b}	۰/۲۹۰±۰/۰۰^{cd}	۰/۲۷۵±۰/۰۱۵^{d}
اورهٔ مترشحه ($g.kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۰/۱±۰/۰۱^{a}	۰/۰۸±۰/۰۰^{b}	۰/۰۸±۰/۰۰^{b}	۰/۰۸۵±۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۸۵±۰/۰۰۵^{b}	۰/۰۷±۰/۰۰^{c}	۰/۰۶۵±۰/۰۰۵^{c}
مجموع نیتروژن دفع شده از طریق ترشح آمونیاک و اوره ($g.kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۰/۴۹۰±۰/۰۵^{a}	۰/۴۰۰±۰/۰۲^{bc}	۰/۴۰۵±۰/۰۰۵^{bc}	۰/۴۴۰±۰/۰۳^{b}	۰/۴۱۵±۰/۰۱۵^{b}	۰/۳۶۰±۰/۰۰^{cd}	۰/۳۴۰±۰/۰۲^{d}
نیتروژن کل تلف‌شده از طریق ترشحات به نیتروژن مصرفی (٪)	۲۸/۳۲±۲/۸۹^{a}	۲۳/۱۲±۱/۱۵^{ab}	۲۳/۴۱±۰/۲۸۹^{ab}	۲۵/۴۳±۱/۷۳^{b}	۲۳/۹۸±۰/۸۶۷^{b}	۲۰/۸۰±۰/۰۰^{cd}	۱۹/۶۵±۱/۱۵^{d}
انرژی مصرف‌شده ($Kj.\ Kg\text{-}1\ BW.day^{-1}$)	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲	۴۵۰/۲۵±۱۲/۱۲
انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک ($Kj.\ Kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۹/۶۸±۰/۹۹۳^{a}	۷/۹۴±۰/۴۹۶^{ab}	۸/۰۶±۰/۱۲۴^{ab}	۸/۸۱±۰/۶۲۰^{ab}	۸/۱۹±۰/۲۴۸^{b}	۷/۲۰±۰/۰۰^{cd}	۶/۸۲±۰/۳۷۲^{d}
انرژی اتلاف شده از طریق ترشح اوره ($Kj.\ Kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۲/۴۸±۰/۲۴۸^{a}	۱/۹۸±۰/۰۰^{b}	۱/۹۸±۰/۰۰^{b}	۲/۱۱±۰/۱۲۴^{b}	۲/۱۱±۰/۱۲۴^{b}	۱/۷۳±۰/۰۰^{c}	۱/۶۱±۰/۱۲۴^{c}
مجموع انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک و اوره ($Kj.\ Kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۱۲/۱۶±۱/۲۴^{a}	۹/۹۳±۰/۴۹۶^{ab}	۱۰/۰۵±۰/۱۲۴^{ab}	۱۰/۹۲±۰/۷۴۴^{b}	۱۰/۳۰±۰/۳۷۲^{b}	۸/۹۳±۰/۰۰^{cd}	۸/۴۴±۰/۴۹۶^{d}
انرژی کل اتلاف‌شده از طریق ترشحات آمونیاک و اوره نسبت به انرژی مصرفی (٪)	۲/۷۰±۰/۲۷۵^{a}	۲/۲۰±۰/۱۱۰^{ab}	۲/۲۳±۰/۰۲۷^{ab}	۲/۴۲±۰/۱۶۵^{b}	۲/۲۸±۰/۰۸۲^{b}	۱/۹۸±۰/۰۰^{cd}	۱/۸۷±۰/۱۱۰^{d}
مخارج انرژی ($Kj.\ Kg^{-1}\ BW.day^{-1}$)	۱/۱۴±۰/۰۳^{a}	۰/۹۳۰±۰/۰۹^{ab}	۰/۸۶۵±۰/۱۲۵^{ab}	۰/۸۳۰±۰/۰۳^{b}	۰/۹۹۰±۰/۰۴^{b}	۰/۹۳۰±۰/۰۸^{ab}	۰/۹۶۰±۰/۰۳^{ab}

*حروف انگلیسی غیرمشابه در بالای اعداد در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P<۰/۰۵$).

۴. بحث و نتیجه نهایی

در پژوهش حاضر مشخص شد که استفاده از پری‌بیوتیک‌های ایمکس اولترا و سلماناکس مایع در جیرهٔ غذایی منجر به افزایش معنی‌دار وضعیت رشد در لاروهای ماهی آمور می شود. مطالعات انجام شده نیز نشان دادند که استفاده از پری‌بیوتیک‌ها تأثیرات مثبت و معنی‌داری روی متغیرهای رشد و تغذیه گونه‌های مختلف ماهیان دارد (Dawood and Koshio, 2016). به‌عنوان مثال، Bivareh و Jafaryan (۲۰۱۶) گزارش دادند که استفاده از بالاترین غلظت پری‌بیوتیک ای‌مکس (۱ گرم در هر کیلو گرم) باعث افزایش معنی‌دار رشد در لاروهای ماهی کپور معمولی خواهد شد. در تحقیقی دیگر Akrami و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیشترین وزن نهایی و افزایش وزن را در جیره‌های تکمیل شده توسط بالاترین غلظت پری‌بیوتیک ای‌مکس (۱/۵ گرم در هر کیلو گرم)

گزارش دادند. نتایج مشابهی نیز تحت تأثیر پریبیوتیک ای‌مکس در ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نیز گزارش شده است (Salamatdoustnobar *et al*., 2011; Babaei *et al*., 2015).

بهبود وضعیت در پژوهش حاضر احتمالاً ناشی از تحریک رشد میکروبی مفید روده و افزایش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی باشد. این میکروارگانیسم‌ها با تولید آنزیم‌های گوارشی و کاهش رقابت با پاتوژن‌ها، شرایط روده را برای جذب بهتر پروتئین و انرژی فراهم می‌کنند و در نتیجه رشد و کارایی تغذیه افزایش می‌یابد (Wong *et al*., 2020; Amenyogbe *et al*., 2024; Chowdhury *et al*., 2025; Ali *et al*., 2025). در یک مطالعهٔ مقایسه‌ای دو پری‌بیوتیک اثر مثبت بر شاخص‌های رشد و تغذیه نشان دادند و سلماناکس مایع در برخی شاخص‌ها عملکرد بهتری داشت (Bivareh and Jafaryan, 2019). از نظر مکانیزمی، پری‌بیوتیک‌ها سوبستراهای انتخابی برای میکروبیوتای مفید روده هستند و با افزایش باکتری‌های سودمند، هضم و جذب را کارآمدتر می‌کنند؛ این فرآیند معمولاً با افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند پروتئاز، آمیلاز و لیپاز همراه است و در نهایت ضریب تبدیل غذایی را بهبود می‌دهد. همچنین شواهد نشان می‌دهد که پری‌بیوتیک‌ها می‌توانند از طریق کاهش تنش اکسیداتیو و تقویت دفاع آنتی‌اکسیدانی، انرژی کمتری را صرف پاسخ‌های استرسی کنند و انرژی بیشتری برای رشد و رسوب مواد مغذی در اختیار لارو قرار دهند (Azad *et al*., 2020; Latif *et al*., 2023; Ali *et al*., 2025; Madhulika *et al*., 2025; Monteiro *et al*., 2026). در لاروها، این اثرها اهمیت بیشتری دارند، چون دستگاه گوارش هنوز در حال تکامل است و هر عاملی که بلوغ عملکرد روده، ترشح آنزیم‌ها و پایداری میکروبی را تسریع کند، می‌تواند وزن‌گیری، بقا و کیفیت تغذیه‌ای را افزایش دهد (Amillano-Cisneros *et al*., 2023; Amenyogbe *et al*., 2024).

ترشح متابولیت‌های نیتروژنی، به‌ویژه آمونیاک، یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی وضعیت متابولیسم، کارایی استفاده از خوراک و میزان تنش فیزیولوژیک در آبزیان است، زیرا تجمع آمونیاک در سیستم‌های پرورشی متراکم می‌تواند موجب استرس اکسیداتیو، اختلال در پاسخ‌های ایمنی و کاهش رشد شود (Yu *et al*., 2026). در این راستا، شواهد جدید نشان می‌دهد که بکارگیری افزودنی‌های غذایی می‌توانند از طریق بهبود تبدیل و تجزیهٔ ترکیبات نیتروژنی، تقویت سامانه‌های آنتی‌اکسیدانی و ایمنی، و تثبیت میکروبیوتای روده و محیط، به کاهش تنش ناشی از آمونیاک کمک کنند (Yu *et al*., 2026). به‌طوری‌که استفاده از این ترکیبات می‌تواند با تغییر ساختار جامعه میکروبی و افزایش فراوانی ژن‌های مرتبط با نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون، چرخهٔ نیتروژن را بهبود داده و غلظت آمونیاک، نیتریت و نیتروژن کل را در آب کاهش دهد (Mang *et al*., 2024). نتایج مطالعات پیشین نشان داده‌اند که استفاده از افزودنی‌های پری‌بیوتیکی می‌تواند با بهبود هضم و جذب مواد مغذی، موجب کاهش دفع متابولیت‌های ازته شود (Jidal *et al*., 2011; Moazami *et al*., 2015; Raparia and Bhatnagar, 2016). طبق گزارش Lashkarbolouki و همکاران. (۲۰۱۲) بکارگیری فرآوردهٔ ایمکس در جیرهٔ غذایی لاروهای تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، به‌ویژه در غلظت‌های بالا موجب کاهش معنی‌دار ترشح آمونیاک و اوره شد. Moazami و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی تأثیر جیره‌های غذایی مکمل سازی شده توسط دو محصول پری‌بیوتیکی ایمکس و سلماناکس مایع و یک تیمار حاوی پروبیوتیک‌های باسیلوسی بر نرخ آمونیاک و اورهٔ مترشحه در بچه‌ماهیان نوجوان کپور معمولی (*C. carpio*) گزارش دادند که استفاده از این محصولات تجاری پربیوتیکی به شکل معنی‌داری باعث کاهش غلظت آمونیاک، اوره و میزان انرژی اتلافی در تیمارهای آزمایشی حاوی محصولات پربیوتیکی شده است. از دلایل احتمالی کاهش دفع این ترکیبات به‌خصوص در تیمارهای حاوی سطوح بالای سلماناکس مایع می‌تواند ناشی از کسب انرژی لاروها از منابع موجود در ساختار پری‌بیوتیک‌ها از جمله چربی‌ها و قندها باشد که در نهایت منجر به آمین‌زدائی کمتر پروتئین‌ها می‌شود و مواد نیتروژنی کمتری نیز دفع می‌شود (Ip and Chew, 2010; Lazzari and Baldisserotto, 2008; Ng'onga *et al*., 2025).

در مجموع نتایج مطالعهٔ حاضر حاکی از آن است که استفاده از پری‌بیوتیک‌های تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع در جیرهٔ غذایی لارو ماهی آمور در شرایط آزمایشگاهی موجود قابلیت تأثیرگذاری بالایی بر افزایش عملکردهای رشد، کارایی تغذیه و میزان ترشح متابولیت‌های مختلف و شاخص‌های انرژی دارد. این پری‌بیوتیک‌های تجاری می‌توانند به‌عنوان یک مکمل غذایی مناسب در جیرهٔ غذایی لارو ماهی آمور با توجه به حساسیت بالای این دوران و بالابود میزان مرگ‌ومیر در این دوران حساس

به‌عنوان یک راهکار مناسب برای تولید بهتر موجودات زنده در سیستم‌های پرورشی لاروها مورد استفاده قرار گیرند. مقایسهٔ بین این دو محصول نیز نشان داد که پری‌بیوتیک ایمکس بر برخی از شاخص‌ها و پری‌بیوتیک سلماناکس مایع نیز روی برخی از متغیرهای دیگر مؤثر هستند. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده جهت ابراز نظر قطعی در این زمینه نیاز به انجام مطالعات گسترده‌تر و همچنین استفاده از سایر سطوح احساس می‌گردد.

تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان گزارش نشده است.

References

Ahmad, B., Hussain, S.M., Ali, S., Arsalan, M., Tabassum, S., Sharif, A., 2023. Efficacy of acidified phytase supplemented cottonseed meal-based diets on growth performance and proximate composition of *Labeo rohita* fingerlings. *Brazilian Journal of Biology* 83, e247791.

Akrami, R., Chitsaz, H., Razeqi mansour, M., Ghasempour alamdar, O., 2013. Effect of dietary prebiotic mixture (A-Max) on growth performance, survival and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Breeding and Aquaculture Sciences Quarterly* 1(1), 9-20. (In Persian)

Ali, S., Hamayun, M., Siraj, M., Khan, S.A., Kim, H.Y., Lee, B., 2025. Recent advances in prebiotics: classification, mechanisms, and health applications. *Future Foods* 12, 100680.

Amenyogbe, E., Droepenu, E.K., Ayisi, C.L., Boamah, G.A., Duker, R.Q., Abarike, E.D., Huang, J.S., 2024. Impact of probiotics, prebiotics, and synbiotics on digestive enzymes, oxidative stress, and antioxidant defense in fish farming: current insights and future perspectives. *Frontiers in Marine Science* 11, 1368436.

Amenyogbe, E., Droepenu, E.K., Ayisi, C.L., Boamah, G.A., Duker, R.Q., Abarike, E.D. and Huang, J.S. 2024. Impact of probiotics, prebiotics, and synbiotics on digestive enzymes, oxidative stress, and antioxidant defense in fish farming: current insights and future perspectives. *Frontiers in Marine Science*, 11: 1368436.

Amillano-Cisneros, J.M., Fuentes-Valencia, M.A., Leyva-Morales, J.B., Davizón, Y.A., Marquéz-Pacheco, H., Valencia-Castañeda, G., Maldonado-Coyac, J.A., Ontiveros-García, L.A., Badilla-Medina, C.N., 2023. Prebiotics in global and Mexican fish aquaculture: a review. *Animals*, 13(23), 3607.

Azad, M.A., Gao, J., Ma, J., Li, T., Tan, B., Huang, X., Yin, J., 2020. Opportunities of prebiotics for the intestinal health of monogastric animals. *Animal Nutrition*, 6(4), 379-388.

Babaei, G. and Jafaryan, N. 2015. The changes of Carcass composition of Common carp (*Cyprinus carpio*) feeding by supplemented diets with yeast commercial products of A-max, Celmanax and probiotic bacilli. International conference on sustainable development with a focus on agriculture and tourism 16-17 September. Tabriz. Iran. Pp. 8-15.

Bivareh, M., Jafaryan, H., 2019. Comparative effects of two commercial prebiotics of liquid Celmanax and A-Max Ultra on growth performance, feed utilization and improvement of stress resistance in carps fry (*Cyprinus carpio* L. 1758). *Journal of Aquatic Ecology* 8(3), 84-95. (In Persian)

Bivareh, M.R., Jafaryan, H., 2016. The effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture concentrate on growth parameters, survival and challenged with environmental stress in Common Carp (*Cyprinus carpio*) larvae F1. *Journal of breeding and Aquaculture Science* 4(10), 11-30. (In Persian)

Brafield A.E., 1985. Laboratory studies of energy budgets. In: Tytler P., Calow P(Eds.). Fish Energetics, New perspectives. Croom Helm, London, pp: 257-282.

Chowdhury, M.R., Hassan, M., Shimosato, T., 2025. Gut health management in livestock: roles of probiotics, prebiotics, and synbiotics in growth, immunity, and microbiota modulation. *Veterinary Research Communications* 49(6), 361.

Dawood, M.A.O., Koshio, Sh., 2016. Recent advances in the role of probiotics and prebiotics in carp aquaculture: A review. *Aquaculture*, 454, 243-251.

Elliott J.M., 1976. Energy losses in the waste products of brown trout (*Salmo trutta* L.). *Animal Ecology* 45, 561-580.

Engin, K., Carter, C.G., 2001. Ammonia and urea excretion rates of juvenile Australian short-finned eel (*Anguilla australis australis*) as influenced by dietary protein level. *Aquaculture* 199: 123-136.

FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. FAO, Rome.

Ghosh, K. Sen, S.K. and Ray, A.K. 2003. Supplementation of an isolated fish guts bacterium, *Bacillus circulance*, in formulated diets for rohu, *Labeo rohita*, fingerling. *The Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 55, 13-21.

Ip, Y.K. and Chew, S.F. 2010. Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review. *Frontiers in Physiology* 1, 134.

Lashkarbolouki, M., Jafaryan, H., Faramarzi, M., Zabihi, A., Adineh, H. 2011.The effect of feeding with Saccharomyces cerevisiae extract (Amax) on ammonia and urea excretion in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae by bioenrichment of *Daphnia magna*. *Journal of research in Biology* 2, 110-115.

Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M.W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R.M., Khan, I.M., Özogul, F. 2023. Probiotics: mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology* 14, 1216674.

Lazzari, R., Baldisserotto, B., 2008. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. *Boletim do Instituto de Pesca* 34(4), 591-600.

Luan, Y., Li, M., Zhou, W., Yao, Y., Yang, Y., Zhang, Z., Ringø, E., Olsen, R.E., Clarke, J.L., Xie, S., Mai, K. 2023. The fish microbiota: research progress and potential applications. *Engineering* 29, 137-146.

Madhulika, Ngasotter, S., Meitei, M.M., Kara, T., Meinam, M., Sharma, S., Rathod, S.K., Singh, S.B., Singh, S.K., Bhat, R.A.H., 2025. Multifaceted role of probiotics in enhancing health and growth of aquatic animals: mechanisms, benefits, and applications in sustainable aquaculture—a review and bibliometric analysis. *Aquaculture Nutrition* 2025(1), 5746972.

Moazami, N., Jafaryan, H., Ebrahimi, P., and Gholipour kananni, H. 2015. The effect of A-max and celmanax yeast commercial products on energy losing based on ammonia and urea execration in common carp (*Cyprinus carpio*) in comparison with probiotic bacilli. International conference on sustainable development with a focus on agriculture and tourism 16-17 September 2015. Tabriz. Iran. pp. 16-22.

Mohammed, E.A.H., Ahmed, A.E.M., Kovács, B., Pál, K., 2025. The significance of probiotics in aquaculture: a review of research trend and latest scientific findings. *Antibiotics* 14(3), 242.

Monteiro, C.R.A., Bogea, E.G., Campos, C.D., Pereira-Filho, J.L., Almeida, V.S., Vale, A.A., Azevedo-Santos, A.P.S., Monteiro-Neto, V. 2026. Prebiotics and gut health: mechanisms, clinical evidence, and future directions. *Nutrients* 18(3), 372.

Ng'onga, L., Amoah, K., Chen, H., Huang, Y., Wang, B., Shija, V.M., Mpwaga, A.Y., Fachri, M., Cai, J., Adjei-Boateng, D., 2025. The metabolism and antioxidant properties of probiotics and prebiotics in fish: a review. *Frontiers in Marine Science* 12, 1622474.

Raparia, S., Bhatnagar A., 2016. Effect of dietary protein source and probiotic inclusion on pattern of excretion of ammonia and orthophosphate in holding water in *Catla catla* culture system *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 4(1), 01-07.

Salamatdoust nobar, R., Ghorbani, A., GhaemMaghami, S.S., Motalebi, V., 2011.Effects of prebiotic on the fingerling rainbow trout performance parameters (*Oncorhynchus mykiss*). *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(4), 305-307.

Shahzad, M.M., Rashid, H., Hussain, S.M., Bashir, S., Khalid, F., Nisar, A., 2022. Improvement in body composition and blood parameters of Catla catla fingerlings by supplementing rapeseed meal-based diet with probiotics. *Pakistan Journal of Zoology* 55, 1-9.

Wee, W., Hamid, N.K.A., Mat, K., Khalif, R.I.A.R., Rusli, N.D., Rahman, M.M., Kabir, M.A., Wei, L.S. 2024. The effects of mixed prebiotics in aquaculture: A review. *Aquaculture and Fisheries* 9(1), 28-34.