Journal of Aquaculture Development
Vol. 19, No. 3, 2025, Pages: 1-19
DOI: 10.71901/jad-2025-3-886

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of adding porcine trypsin enzyme supplement to the diet of common carp (*Cyprinus carpio*) on growth, body composition, blood biochemical indices, and intestinal enzyme activity

Khosravanizadeh, A.[1*], Rahdari, A.A.[1], Khandan Barani, H.[1]

1- Department of Aquatic sciences, Hamoun International Wetland Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

Received: 5 January 2025 **Accepted: 14 March 2025**

Abstract

Introduction: The global surge in population has intensified the demand for protein sources, particularly from aquaculture. While fish farming has seen significant growth, challenges such as resource constraints and escalating production costs persist. This study was designed to evaluate the efficacy of dietary supplementation with porcine trypsin enzyme in enhancing growth performance and improving digestive system functionality in common carp (*Cyprinus carpio*).

Materials and Methods: A total of 120 common carp, averaging 15.45±0.12 g in initial body weight, were randomly allocated into four experimental groups. The fish were fed dietary regimens containing varying levels of trypsin (0.01%, 0.02%, and 0.04%) over a period of eight weeks. Subsequently, various growth parameters, blood biochemical indices, and intestinal enzyme activity were measured.

Results and Discussion: The results demonstrated that the inclusion of trypsin in the diet significantly enhanced growth performance, leading to increased body weight and improved feed conversion ratio (p<0/05). The optimal concentration of trypsin was determined to be 0.02%. While dietary supplementation with the enzyme did not significantly affect the proximate composition of the fish (p>0/05), it led to a slight increase in trypsin activity in the intestine (p>0/05). Finally, the blood biochemical parameters, including glucose, total protein, albumin, globulin, and blood urea nitrogen, did not exhibit significant differences among the various treatment groups (p>0/05).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

Conclusion: The findings of this study demonstrated that dietary supplementation with trypsin can effectively enhance the growth performance of common carp. Furthermore, it may serve as a sustainable strategy for optimizing aquaculture production and reducing feed costs.

Keywords: Growth, Feed Conversion Ratio, Trypsin, Protein, Digestion, Gastrointestinal System

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

* *Corresponding Author: khosravani.ali@uoz.ac.ir*

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال نوزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۴، صفحه های ۱۹-۱
DOI: 10.71901/jad-2025-3-886

"مقاله پژوهشی"

اثرات افزودن مکمل آنزیمی تریپسین خوکی به جیره کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر رشد، ترکیبات لاشه، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و فعالیت آنزیمی روده

علی خسروانی‌زاده [1]*، عبدالعلی راهداری[1]، هاشم خندان بارانی[1]

۱- گروه علوم آبزیان، پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۴

چکیده

این مطالعه باهدف بررسی اثربخشی مکمل آنزیمی تریپسین خوکی در جیره غذایی ماهی کپور معمولی جهت بهبود رشد ماهی و ارتقا عملکرد دستگاه گوارش انجام شد. تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزن (۰/۱۲±۱۵/۴۵ گرم) به‌طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند. ماهیان با جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف تریپسین (۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد) به مدت هشت هفته تغذیه شدند و پارامترهای مختلف رشد، شاخص‌های بیوشیمیایی خون و فعالیت آنزیمی روده در آن‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که استفاده از تریپسین در جیره به‌طور قابل‌توجهی عملکرد رشد را بهبود می‌بخشد و به افزایش وزن بدن و بهبود ضریب تبدیل غذایی منجر می‌شود ($p<0/05$). غلظت بهینه تریپسین ۰/۰۲ درصد تعیین شد. درحالی‌که مکمل‌سازی جیره با آنزیم تأثیر قابل‌توجهی بر ترکیب شیمیایی بدن ماهی نداشت ($p>0/05$)، منجر به افزایش جزئی فعالیت تریپسین در روده شد ($p>0/05$). پارامترهای بیوشیمیایی خون مانند گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نیتروژن اوره‌ای خون در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. یافته‌های این مطالعه نشان داد که مکمل‌سازی جیره غذایی با تریپسین می‌تواند به‌طور مؤثری عملکرد رشد ماهی کپور معمولی را بهبود بخشد ($p<0/05$) و به‌عنوان یک استراتژی پایدار برای بهینه‌سازی تولید آبزیان و کاهش هزینه‌های خوراک برجسته شود.

کلمات کلیدی: رشد، ضریب تبدیل، تریپسین، پروتئین، هضم، دستگاه گوارش

* عهده‌دار مکاتبات: khosravani.ali@uoz.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

مقدمه

افزایش بی‌سابقه جمعیت جهانی در سال‌های اخیر و نیاز به تأمین غذا و به‌خصوص پروتئین برای این جمعیت عظیم دغدغه مهمی برای جامعه جهانی به‌حساب می‌آید (Kumar *et al*., 2023; Saeed *et al*., 2023). پیش‌بینی‌های صورت گرفته در این زمینه گواه آن است که این چالش در سال‌های آتی جدی‌تر نیز خواهد شد (Wilfart *et al*., 2013; Helmy *et al*., 2022). تأمین و تولید فرآورده‌های آبزیان به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تأمین پروتئین انسان‌ها در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته به‌نحوی‌که در ۷۰ سال گذشته ۱۹۵ میلیون تن افزایش تولید در این بخش قابل‌مشاهده است (FAO, 2022; Zhao *et al*., 2022).

در ایران نیز هم‌زمان با دیگر نقاط جهان در سال‌های اخیر توجه به تولیدات آبزی‌پروری به‌عنوان جایگزینی برای کاهش صید از دریاها به‌شدت مورد اقبال قرارگرفته و در فاصله سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۲ حدود ۶۳۹۹۳۶ تن افزایش تولید در این بخش گزارش‌شده است (Statistical Yearbook of Iranian Fisheries, 2024)؛ اما علی‌رغم افزایش میزان تولیدات آبزی‌پروری در یک دهه گذشته در نرخ رشد و توسعه این صنعت حدود ۴/۹ درصد کاهش مشاهده می‌شود (FAO, 2022)، که ضرورت بازنگری در مدیریت منابع و اصلاح و بهبود شیوه‌های تولید را می‌طلبد. از همین رو تحقیق و توسعه در مورد انواع شیوه‌های مدیریتی که باهدف غلبه بر محدودیت منابع و نهاده‌های تولید به کار گرفته می‌شوند و زمینه افزایش تولیدات و سوددهی اقتصادی بهتر را فراهم می‌کنند ضرورت دارد (David *et al*., 2021).

با توجه به اینکه هزینه‌های مربوط به تهیه جیره در فعالیت‌های آبزی‌پروری بین ۳۰ تا ۶۰ درصد هزینه‌های تولید را در برمی‌گیرد، مدیریت تغذیه می‌تواند در تحقق اهداف ذکرشده اثرگذاری ویژه‌ای داشته باشد (Khosravanizadeh *et al*., 2017). در دو دهه گذشته توجه به استفاده از مکمل‌هایی که کارایی آبزیان در هضم جیره‌ها را ارتقا می‌دهند معطوف شده است. ازآنجاکه آنزیم‌ها در فرآیند هضم و جذب خوراک کلیدی‌ترین نقش را ایفا می‌کنند بهره‌گیری از مکمل‌های آنزیمی در جیره‌های غذایی موضوع تحقیقات متعددی در جهان شده است (Bedford and Partridge, 2010). در این تحقیقات از انواع آنزیم‌های طبیعی و سنتتیک در خوراک آبزیان استفاده‌شده است، به‌طوری‌که می‌توان به آنزیم‌های هضم‌کننده کربوهیدرات‌ها نظیر آمیلاز (Kumar *et al*., 2006) فیتاز (Asadi *et al*., 2012; Ghadirzadeh *et al*., 2025)، آنزیم‌های هضم‌کننده چربی‌ها نظیر لیپاز (Özcan and Taşbozan, 2022)، آنزیم‌های هضم پروتئین‌ها نظیر تریپسین (Khosravanizadeh *et al*., 2017) و همچنین مخلوطی از چند نوع آنزیم مختلف (Shi *et al*., 2016) اشاره کرد. همچنین علاوه بر عصاره آنزیم‌های طبیعی استخراج‌شده از جانداران (Dabrowska *et al*., 1979) و آنزیم‌های سنتتیک، بهره‌گیری از آنزیم‌های موجود در بدن انواع غذاهای زنده، آنزیم‌های گیاهی (Patil and Singh, 2014) و آنزیم‌های میکروبی (Farhangi and Carter, 2007) نیز در مطالعات مختلفی موردبررسی قرارگرفته است.

نظر به اینکه گران‌ترین بخش جیره بخش پروتئین آن به‌حساب می‌آید، در دو دهه گذشته مطالعات گوناگونی با تمرکز بر بهره‌گیری از انواع آنزیم‌های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

پروتئاز در انواع گونه‌های ماهیان و سخت‌پوستان انجام‌شده است (Khosravanizadeh *et al*., 2017؛ Khosravanizadeh *et al*., 2019؛ Kakavand *et al*., 2025؛ Kolkovski *et al*., 1997; Kumari *et al*., 2013; Yousefian et al., 2013; Sharma *et al*., 2019; Shakir *et al*., 2024). استفاده از این آنزیم‌ها عمدتاً به‌منظور بهبود استفاده از پروتئین جیره، ارتقای ضریب تبدیل جیره‌هایی که پروتئین کمتری دارند، کاهش هزینه‌های تولید جیره، وسعت بخشیدن به دامنه مواد اولیه مورد استفاده در جیره، غلبه بر عوامل ضد-مغذی و ناسازگار اقلام جیره، کاهش هدررفت مواد مغذی در آب، افزایش بازده اقتصادی، کاهش آلایندگی آب، کاهش تولید پساب، کاهش هزینه‌های دفع پساب و کاهش آسیب به محیط‌زیست بوده است.

در مطالعه حاضر نیز، نظر به ثبت اثرات مثبت مکمل آنزیمی تریپسین بر پارامترهای مختلف رشد در گونه-های مختلف آبزیان و اهمیت ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در توسعه پایدار آبزی‌پروری در ایران، بررسی اثرات افزودن این آنزیم پروتئازی به جیره ماهی کپور معمولی بر پارامترهای رشد و شاخص‌های خونی موردبررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

برای اجرای آزمایش ۱۲۰ ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با میانگین وزن (۰/۱۲±۱۵/۴۵ گرم) از مزرعه خصوصی در شهرستان زابل تهیه و به سالن محل اجرای تحقیق در پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون پژوهشگاه زابل انتقال داده شد. ماهیان پس از انتقال و ضدعفونی در تانک‌هایی با حجم ۲۰۰۰ لیتر، محتوی ۱۵۰۰ لیتر آب و دارای سیستم هوادهی برای مدت ۱۵ روز با شرایط محیط آزمایشگاه سازگار شدند (Khosravanizadeh *et al*., 2017).

جهت انجام این مطالعه از جیره غذایی شرکت سام‌دانه (گمیشان، ایران) که دربردارنده ۳۵ درصد پروتئین، ۷ درصد فیبر، ۷ درصد چربی و ۱۰ درصد خاکستر بود استفاده شد. در جیره‌های غذایی تیمارهای مختلف، مکمل تریپسین خوکی (EC: 3.4.21.4)، ساخت شرکت سیگما آلدریچ (T4799; USA) در مقادیر صفر، ۰/۰۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد استفاده شد (این غلظت‌ها بر اساس مطالعاتی که قبلاً انجام‌شده بود، انتخاب شد (Kumari *et al*., 2013; Khosravanizadeh *et al*., 2013) (جدول ۱). جهت حل نمودن آنزیم از بافری بر پایه سدیم فسفات با میزان اسیدیته ۷/۶ کمک گرفته شد (Khosravanizadeh *et al*., 2020). آنزیم محلول در بافر بر روی جیره‌ها بر اساس درصدهای ذکرشده در بالا اسپری شد (در مورد جیره شاهد جهت یکسان بودن تمام شرایط بافر بدون آنزیم بر روی جیره این گروه اسپری گردید). به‌منظور ممانعت از آب‌شویی در جیره‌های تهیه‌شده، در ادامه بر روی جیره‌های تمام تیمارهای آزمایش مقدار ثابتی از پودر ژلاتین حل‌شده در آب، اسپری شد (Adelian *et al*., 2016).

مطالعه در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در یک دوره ۸ هفته‌ای صورت گرفت. در ابتدای دوره ماهیان به شکل انفرادی زیست‌سنجی شدند و طول و وزن آن‌ها ثبت شد. ماهیان به شکل تصادفی در گروه‌های ۴ گانه (هر گروه آزمایش دارای ۳ تکرار با ۱۰ عدد ماهی بود) توزیع شدند. دمای آب و میزان اسیدیته با کمک دستگاه pH متر (pH Meter L2012, Labtron Co., Iran) و غلظت اکسیژن محلول آب مخازن به کمک

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

دستگاه اکسی‌متر (Hanna AZ 8401, IRAN) به‌صورت روزانه سنجش و ثبت گردید.

جدول ۱.:جیره‌های مورداستفاده برای تغذیه تیمارهای مختلف

Table 1: Diets used for feeding different treatments

Treatments	Experimental diets
Group 1 (Control)	Basic diet without trypsin
Group 2 (0.01 Trypsin)	Basic diet + 0.01% porcine trypsin
Group 3 (0.02 Trypsin)	Basic diet + 0.02% porcine trypsin
Group 4 (0.04 Trypsin)	Basic diet + 0.04% porcine trypsin

تغذیه ماهیان در هر تیمار با استفاده از جیره‌های اختصاصی تهیه‌شده، به مقدار روزانه ۳ درصد از وزن بدن در دو نوبت (ساعت ۹ و ساعت ۱۸) انجام شد. با تکرار زیست‌سنجی ماهیان به فاصله هر دو هفته یک‌بار، میزان غذای روزانه توزیع‌شده در هر تانک تصحیح و مجدداً تنظیم می‌شد. در انتهای دوره آزمایش با کمک داده‌های به‌دست‌آمده از زیست‌سنجی‌ها و همچنین مقدار پروتئین موجود در خوراک و تعیین میزان پروتئین لاشه، پارامترهای رشد نظیر درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی، نرخ رشد ویژه و نرخ بازده پروتئین بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شد (Tacon, 1990).

ضریب چاقی (CF) = وزن تر / طول ۳×۱۰۰

درصد افزایش وزن بدن (BWI) = (W2 -W1 /W1)× ۱۰۰

نرخ رشد ویژه (SGR) = ((Ln W2 - Ln W1) / (دوره پرورش به روز × ۱۰۰

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

نرخ بازده پروتئین (PER) = وزن تولید شده (گرم)/ پروتئین مصرفی(گرم)

در روابط فوق W1 مقدار وزن اولیه و W2 مقدار وزن نهایی ماهیان بر اساس گرم است.

در انتهای دوره آزمایش کل لاشه ۳ ماهی از هر تکرار برای تعیین مقدار تقریبی ترکیبات شیمیایی ماهیان، مورداستفاده قرار گرفت؛ برای این منظور قبل از انجام نمونه‌برداری غذادهی به مدت ۲۴ ساعت قطع و پس از اطمینان از دفع بخش عمده محتویات دستگاه گوارش ماهیان، نمونه‌ها تهیه شد. ماهیان برداشته‌شده از هر تیمار، زیست‌سنجی شدند و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند. تعیین میزان تقریبی رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر در لاشه ماهیان بر اساس دستورالعمل‌های AOAC (۲۰۰۵) صورت گرفت. رطوبت لاشه ماهیان با کمک آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت حذف و با محاسبه اختلاف وزن حاصل از قبل و بعد حضور نمونه در آون

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

تعیین شد. تعیین پروتئین خام لاشه با سنجش میزان ازت نمونه‌ها در سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه Kjeldtherm (VAP 40, Gerhardt, Germany) و ضرب مقدار ازت به‌دست‌آمده از هر یک گرم ماده خشک در عدد ۶/۲۵ انجام شد. سنجش میزان چربی خام در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه سوکسله (SE 416, Gerhardt, Germany) و حلال اتر صورت گرفت. مقدار خاکستر نمونه‌ها پس از سوزاندن آن‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد کوره الکتریکی، توسط ترازوی دیجیتال تعیین شد (AOAC, 2005).

در انتهای هشتمین هفته آزمایش، از ماهیان هر یک از تیمارها خون‌گیری به عمل آمد. برای این منظور از ۲۴ ساعت قبل از عملیات خون‌گیری، غذادهی به ماهیان قطع شد. پیش از خون‌گیری ماهیان به شیوه غوطه‌وری در حمام ۷۵ قسمت در میلیون اسانس میخک بیهوش شدند، سپس از محل شریان دمی، در انتهای باله مخرجی هر یک از ماهیان با کمک سرنگ استریل ۱/۵ سی‌سی خون‌گرفته و پس از خارج کردن سوزن در تیوب‌های استریل تخلیه شد. با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ (Hettich D-7200, Tuttlingen) به‌مدت ۱۰ دقیقه (۳۰۰۰ دور در دقیقه) سرم هر یک از نمونه‌های خون جدا و به تیوب‌های جدید تخلیه شد. نمونه‌های سرم پس از برچسب‌گذاری تا زمان انجام آزمایشات تکمیلی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد در فریزر نگهداری شدند. میزان گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین، نسبت آلبومین به گلوبولین و نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) ماهیان هر یک از تیمارهای آزمایشی با کمک کیت‌های سنجش کلینیکی تجاری (شرکت پارس آزمون، ایران) اندازه‌گیری شد.

در آخرین روز آزمایش از هر تکرار، ۳ ماهی پس از آسان‌کشی، در مجاورت یخ (جهت حداقل کردن فعالیت‌های آنزیمی ناخواسته) کالبدگشایی شدند. روده ماهیان کشته‌شده با دقت استخراج، محتوی درون روده‌ها تخلیه و سپس با کمک ترازو، وزن روده‌ها با دقت یک میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. با استفاده از دستگاه هموژنایزر و بافر (100 mM Tris–HCl buffer with 0.1 mM EDTA and 0.1% Triton X-100, pH 7.8) یک محلول کاملاً هموژن از نمونه‌های مذکور آماده شد. محلول‌های به‌دست‌آمده از مرحله قبل برای ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در دستگاه سانتریفیوژ قرار گرفتند و در سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند؛ فاز رویی نمونه‌ها با دقت برداشته شد و از آن برای تعیین میزان فعالیت آنزیم تریپسین بهره گرفته شد (Furné *et al*., 2008). میزان فعالیت آنزیم تریپسین روده ماهیان با بهره‌گیری از شیوه Erlanger و همکاران (۱۹۶۱) و سوبسترا BAPNA (Nα–benzoyl- DL-argenine-ρ-nitroanilide-HCL) تعیین شد؛ برای این منظور ابتداً ۴۳/۵ میلی‌گرم از سوبسترا BAPNA در ۱ میلی‌لیتر از Dimethylsulphoxide (DMSO) حل گردید، محلول به‌دست‌آمده با بافر Tris–HCl ۰/۰۵ مولار (CaCl2.2H2O ۰/۰۲ مولار، pH= ۷/۵) رقیق و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس محلولی متشکل از ۲۵ میکرولیتر از عصاره آنزیمی و ۱/۲۵ از سوبسترای تهیه‌شده (BAPNA) برای مدت ۱۰ دقیقه در ۳۷ درجه سانتی‌گراد، گوبه شده و در ادامه با افزودن ۱ میلی‌لیتر محلول اسید استیک ۳۰ درصد واکنش متوقف گردید و مقدار جذب نوری در طول موج ۴۱۰ نانومتر قرائت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

شد. فعالیت آنزیم تریپسین با کمک رابطه زیر مورد محاسبه قرارگرفت (Erlanger *et al*. 1961):

$$\text{میلی گرم پروتئین/واحد} = \frac{\text{میلی لیتر مخلوط واکنش} \times 1000 \times \text{میزان جذب نوری در طول موج 410 نانومتر}}{\text{میلی گرم پروتئین در مخلوط واکنش} \div 8800}$$

مقدار پروتئین کل در نمونه‌ها به روش Bradford (۱۹۷۶) و با کمک سرم گاوی به‌عنوان نمونه استاندارد به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری

بررسی آماری داده‌های ثبت شده با استفاده از نرم افزار SPSS (ویرایش ۲۲) و بهره‌گیری از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One Way-ANOVA) صورت گرفت و جهت مقایسه بین میانگین تیمارها، آزمون چند دامنه توکی (Tukey) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و بازماندگی

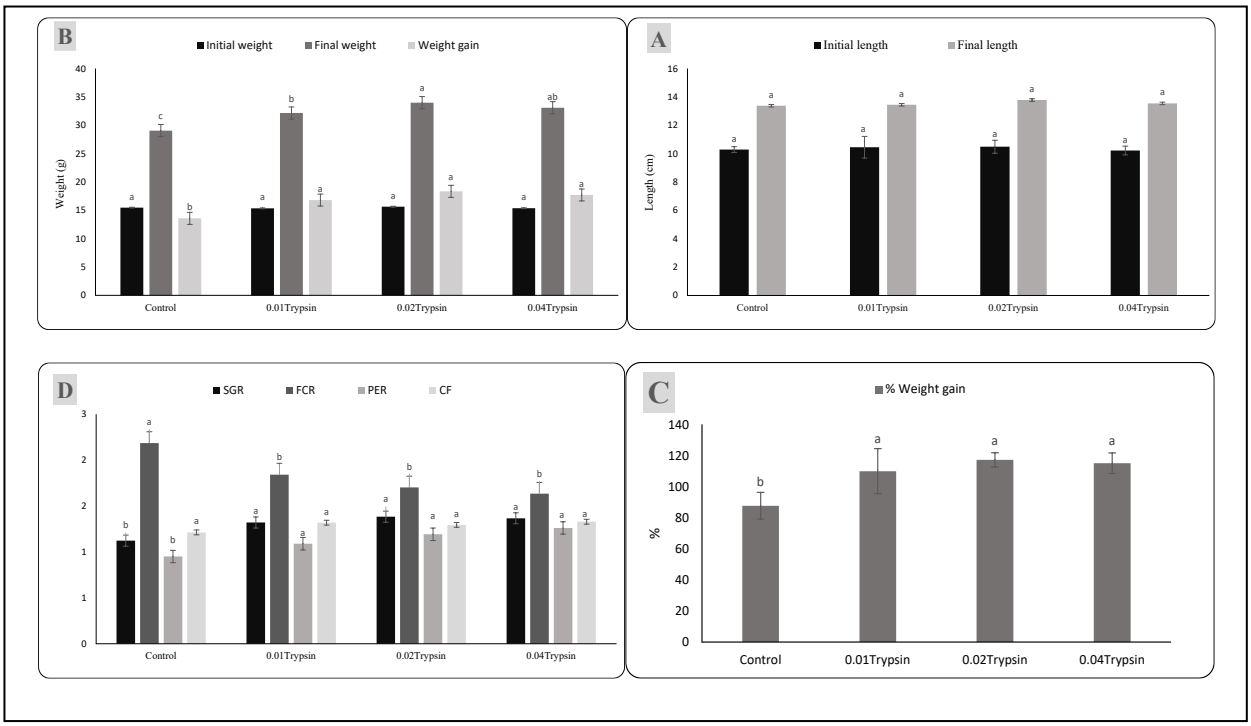
نتایج بررسی اثرات استفاده از درصدهای مختلف مکمل آنزیمی تریپسین در جیره بر روی رشد بچه ماهیان کپور معمولی در شکل ۱ آمده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده افزایش معنی‌داری در شاخص وزن نهایی ماهیان در تیمارهای تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی آنزیم در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد ($p<0/05$). بالاترین میزان وزن نهایی در ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۲ درصد مکمل تریپسین مشاهده شد؛ که به شکل معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد و گروه تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۱ درصد مکمل بود ($p<0/05$)، اما تفاوت معنی‌داری با گروه تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۴ درصد مکمل نداشت ($p>0/05$). ضرایب تبدیل غذایی در تیمارهای تغذیه‌شده با مکمل تریپسین به شکل معنی‌داری پایین‌تر از گروه شاهد بود ($p<0/05$). نرخ رشد ویژه، ضریب بازده پروتئین و شاخص وضعیت در تیمارهای تغذیه‌شده با مکمل تریپسین به شکل معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود (شکل ۱). در طول دوره هیچ تلفاتی در تیمارهای مختلف ثبت نشد.

ترکیب بیوشیمیایی لاشه

نتایج تأثیر استفاده از مقادیر مختلفی از مکمل آنزیمی تریپسین در جیره بر آنالیز بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی در شکل ۲ نشان داده‌شده است، نتایج نشان داد ازنظر میزان درصد رطوبت، پروتئین خام و چربی لاشه ماهیان، بین تیمارهای مختلف به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0/05$)، تنها در مورد درصد خاکستر لاشه، تیمار تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۲ درصد مکمل تریپسین به شکل معنی‌داری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<0/05$).

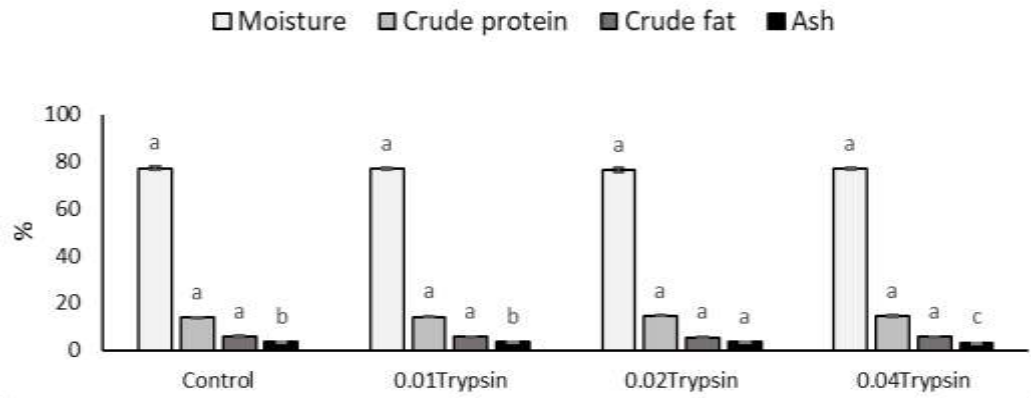
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]



شکل ۱: شاخص‌های رشد (A–۱: طول اولیه و طول نهایی، B–۱: وزن اولیه، وزن نهایی، مقدار افزایش وزن، C–۱: درصد افزایش وزن و D–۱: نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ بازده پروتئین و ضریب چاقی) بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلفی از تریپسین

Figure 1: Growth indices (1-A: Initial length and Final length, 1-B: Initial Weight, Final Weight, Weight gain, 1-C: %Weight gain, 1-D: SGR, FCR, PER CF) of common carp fingerlings fed with diets containing different concentrations of trypsin



شکل ۲: ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلفی از تریپسین (بر اساس درصد)

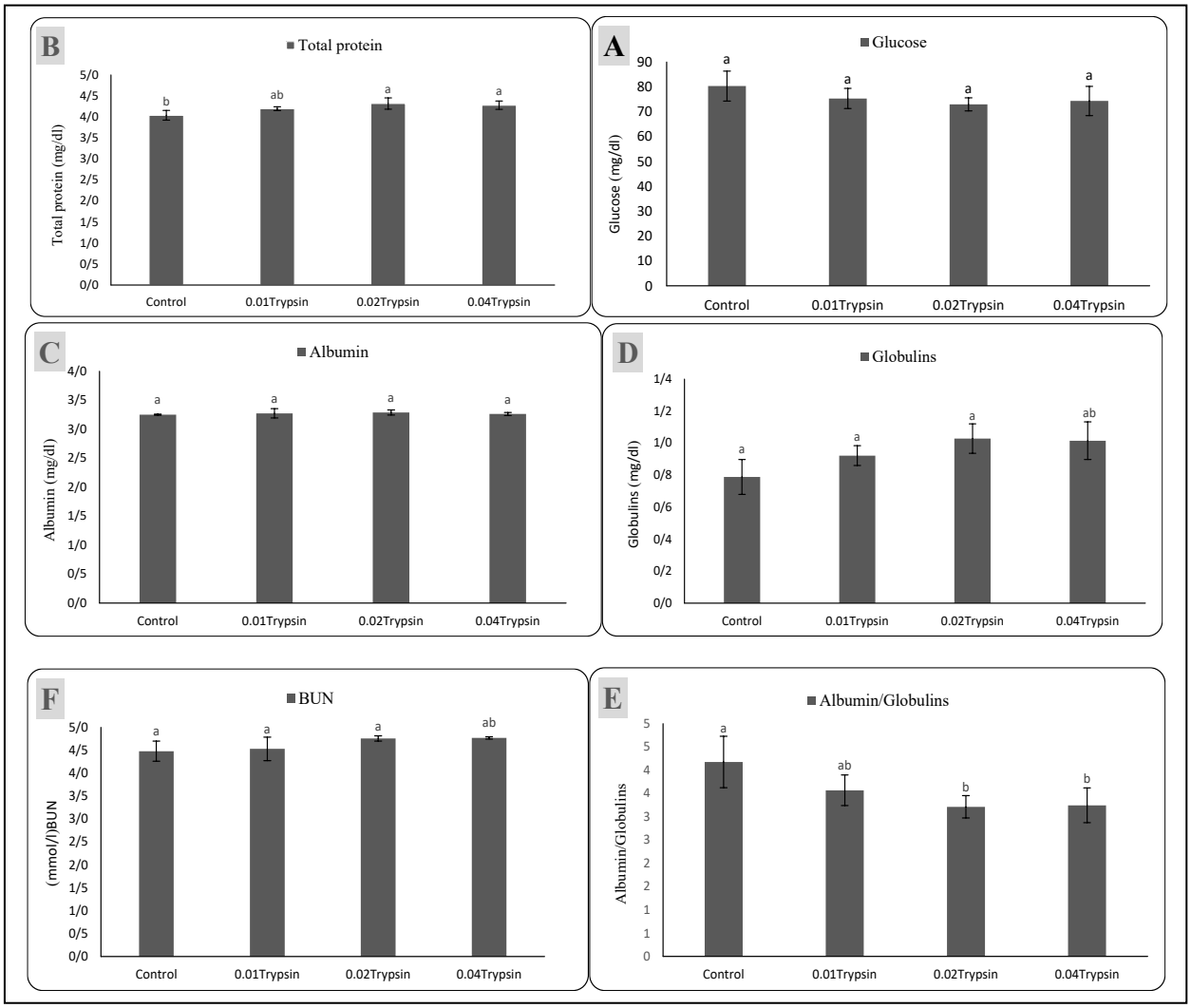
Figure 2: Biochemical body composition of common carp fingerlings fed diets containing different concentration of trypsin (%)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

فاکتورهای بیوشیمیایی خونی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل فاکتورهای بیوشیمیایی خون (گلوکز، پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین، نسبت آلومین به گلوبولین و میزان نیتروژن اوره‌ای خون) نشان داد که فاکتورهای بیوشیمیایی در بین ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف آنزیم تریپسین تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد ($p>0/05$) (شکل ۳).



شکل ۳: فاکتورهای بیوشیمیایی خون بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلفی از تریپسین (A-۳: گلوکز، B-۳: پروتئین کل، C-۳: آلبومین، D-۳: گلوبولین، E-۳: نسبت آلبومین به گلوبولین و F-۳: BUN).

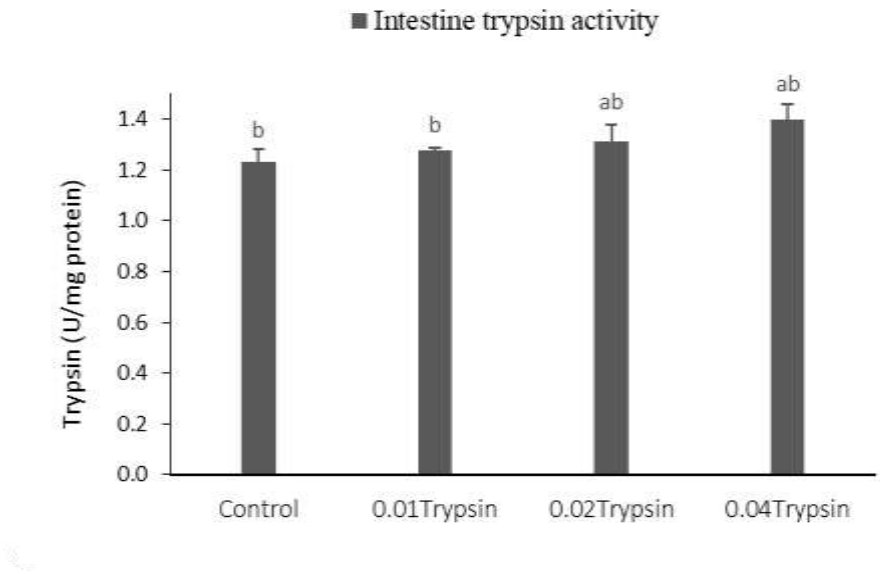
Figure 3: Blood biochemical factors of common carp fingerlings fed diets containing different concentration of trypsin (3-A: Glucose, 3-B: Total Protein, 3-C: Albumin, 3-D: Globulins, 3-E: Albumin/Globulins and 3-F: BUN).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

فعالیت آنزیم تریپسین روده

نتایج حاصل از سنجش فعالیت آنزیم تریپسین روده بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلفی از آنزیم تریپسین در شکل ۴ آمده است. بر اساس نتایج حاصله اگرچه میزان فعالیت آنزیم تریپسین در روده ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۲ و ۰/۰۴ درصد مکمل تریپسین بالاتر از تیمارهای دیگر بود اما این اختلاف به لحاظ آماری معنی‌دار نبود (p>0/05).



شکل ۴: فعالیت آنزیم تریپسین روده بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلفی از تریپسین

Figure 4: Intestinal trypsin enzyme activity of common carp fingerlings fed diets containing different concentration of trypsin

بحث

غلظت‌های مختلف آنزیم تریپسین در خوراک ماهی کپور معمولی در مطالعه حاضر فاکتورهای رشد را در همه تیمارها در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید. از سوی دیگر استفاده از این مکمل کاهش ضریب تبدیل غذایی را در تیمارهای مختلف نسبت به گروه شاهد به‌همراه داشت. در میان تیمارهای مختلف نیز بهترین عملکرد رشد در تیمار ۰/۰۲ درصد ثبت شد. نتایج به‌دست آمد در این مطالعه هم‌راستا با نتایج بررسی اثر مکمل تریپسین بر تغذیه ماهیان روهو (*Labeo rohita*) تغذیه‌شده با جیره حاوی ۰/۰۲ درصد از این مکمل بود که در مقایسه با گروه شاهد رشد بیشتری نشان دادند (Kumari *et al*., 2013). همچنین در بررسی Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از تریپسین در جیره فیل ماهی (*Huso huso*) به میزان ۰/۰۲ درصد سبب رشد بالاتر و ضریب تبدیل پایین‌تر ماهیان این تیمار در مقایسه با گروه شاهد گردید. در مطالعه دیگری نیز که با استفاده از مکمل تریپسین به میزان ۰/۵۶ درصد در جیره ماهی کپور معمولی صورت گرفت، مکمل بهبود رشد و

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

کاهش ضریب تبدیل غذایی ماهیان را در مقایسه با گروه شاهد به‌همراه داشت (Dabrowski and Glogowski, 1977).

در مطالعات صورت گرفته با ترکیبی از آنزیم‌های پانکراسی بر روی ماهیان، همانند مطالعه حاضر، افزایش رشد مشاهده می‌شود. به‌عنوان مثال استفاده از عصاره روده و پانکراس ماهیان کپور معمولی بالغ به‌عنوان مکمل آنزیمی، در جیره لاروهای ماهی کپور معمولی، رشد بیشتر آن‌ها در مقایسه با جیره‌های بدون مکمل آنزیمی را به‌همراه داشت (Dabrowska *et al*, 1979). درمقابل استفاده از آنزیم‌های پانکراس خوک به میزان ۰/۰۵ درصد در جیره لارو ماهی باس دریایی، اثر معنی‌داری بر روی رشد لاروها نداشت (Kolkovski *et al*., 1997). صرف‌نظر از مطالعه اخیر به نظر می‌رسد استفاده از آنزیم‌های با منشأ پانکراسی و به‌طور ویژه تریپسین به‌عنوان مکمل آنزیمی در جیره ماهیان می‌تواند افزایش رشد را در آن‌ها به‌همراه داشته باشد. در خصوص تفاوت در غلظت‌های مورد استفاده در مطالعات مختلف نیز می‌توان منبع و کیفیت آنزیم استخراج‌شده و نحوه افزودن آن به جیره، نحوه فرآوری جیره غذایی و نحوه و ترتیب افزودن ترکیب اقلام جیره را در این تفاوت دخیل دانست (Khosravanizadeh *et al*., 2017).

با توجه به مقایسه نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص استفاده از آنزیم‌های پروتئازی در ماهی کپور معمولی که در سطوح بالا ذکر شد به نظر می‌رسد استفاده از آنزیم‌های پروتئازی (نظیر تریپسین) در اکثر موارد توانسته‌اند، با افزایش کارایی دستگاه گوارش ماهی در هضم و جذب پروتئین‌های جیره، افزایش رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی در ماهیان را به همراه داشته باشند. انتظار می‌رود در گونه‌هایی که معده مشخصی در آن‌ها دیده نمی‌شود و نقش آنزیم پروتئازی پپسین در آن‌ها کمرنگ است، آنزیم‌های روده و به‌خصوص تریپسین نقش موثرتری در تبدیل پروتئین‌های جیره به پپتیدها و آمینواسیدهای قابل‌جذب توسط روده داشته باشند؛ که نتایج مطالعه حاضر مؤید این مطلب می‌باشد هرچند می‌توان با بهینه کردن عواملی نظیر نوع آنزیم تریپسین مورداستفاده، فرآوری آنزیم مورداستفاده، نحوه اضافه کردن آنزیم به جیره، شرایط انبارداری جیره و مدیریت نحوه غذادهی به ماهیان این تأثیر را بهبود بخشید.

در مطالعه حاضر بهره‌گیری از آنزیم تریپسین به‌عنوان یک مکمل در جیره ماهی کپور معمولی تأثیر معنی‌داری بر محتوای پروتئین، رطوبت و چربی لاشه ماهیان در مقایسه با گروه شاهد نداشت. نتایج منتشرشده در پژوهش Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) نیز حاکی از عدم اثرگذاری استفاده از این آنزیم در بازه زمانی ۴۵ روزه بر محتوای چربی و رطوبت لاشه فیل ماهی است. هرچند استفاده از مکمل، پروتئین و خاکستر ماهیان در تیمار ۰/۰۲ درصد را افزایش داد. استفاده از مکمل آنزیمی Aquagrow (پروتئاز باکتریایی) در کپور معمولی در پایان دوره، اثر معنی‌داری بر محتوای لاشه ماهیان نداشت (Leng *et al*., 2008). در مطالعه Sharma و همکاران (۲۰۱۹) استفاده از عصاره آناناس به‌عنوان مکمل آنزیمی به شکل معنی‌داری سطح پروتئین و اسیدهای آمینه ماهیان را در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. در مطالعه Shakir و همکاران (۲۰۲۴) استفاده از پروتئاز و آنزیم پاپائین در جیره ماهی کپور معمولی اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین و رطوبت لاشه نداشت، تنها

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

در تیمار ۱/۵ درصد پاپائین میزان چربی لاشه به شکل معنی‌داری پایین‌تر از سایر گروه‌ها بود. استفاده از مکمل آنزیمی Hostazyme X که حاوی زایلناز، آمیلاز، سلولاز، آلفا گلوکتوسیداز، بتا گلوکوناز، پکتیناز، لیپاز و پروتئاز است، در جیره ماهی کپور معمولی سبب افزایش معنی‌دار پروتئین و چربی و کاهش رطوبت و خاکستر لاشه ماهیان در تیمارها در مقایسه با گروه شاهد شد (Monier, 2020). همچنین در مطالعات صورت گرفته با استفاده از آنزیم‌های پروتئازی در سایر گونه‌ها نظیر تیلاپیا هیبرید (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*)، ماهی کاراس (*Carassius auratus gibelio*) و باس دریایی (*Dicentrarchus labrax*) استفاده از مکمل آنزیمی اثر معنی‌داری بر ترکیب شیمیایی لاشه ماهیان نداشت (Kolkovski *et al*., 1977; Lin and Tan, 2007; Shi *et al*., 2016; Khosravanizadeh *et al*., 2020). بررسی نتایج این مطالعه و مقایسه با سایر مطالعات نشان می‌دهد علی‌رغم اثرگذاری مثبت عمده مکمل‌های پروتئازی به‌کار گرفته‌شده در خصوص گونه کپور معمولی، بر رشد ماهیان، اما تغییرات قابل‌توجهی در لاشه ماهیان مشهود نبوده است. یکی از دلایل عدم مشاهده نتایج ملموس در بهبود کیفیت لاشه ماهیان را می‌توان دوره‌های کوتاه آزمایشات صورت گرفته عنوان کرد لذا توصیه می‌شود جهت قضاوت دقیق‌تر در این خصوص مطالعاتی با بازه زمانی طویل‌تر در این زمینه صورت پذیرد.

گلوکز به‌عنوان یک منبع انرژی مهم از طریق سیستم گردش خون در اختیار سلول‌های اندام‌های مختلف ماهیان قرار می‌گیرد و در تأمین نیازهای آن‌ها، در فرآیند سوخت‌وساز نقش‌آفرینی می‌کند. تأمین گلوکز خون ماهیان، عمدتاً از طریق جذب این ماده در روده صورت می‌پذیرد. در جانوران آنزیم کبدی گلوکینیاز، هورمون‌های انسولین، رشد، آدرنالین، نورآدرنالین، گلوکاگون و کورتیزول، وظیفه ایجاد هموستازی گلوکز در بدن آن‌ها را، با حفظ سطح گلوکز در محدوده غلظت استاندارد، بر عهده دارند (Burrin and Price, 1985). نتایج مطالعه حاضر نشان داد تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های مختلف آزمایش، ازنظر میزان غلظت گلوکز خون وجود ندارد. مشابه این نتایج در مطالعه Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) بر روی فیل ماهی که با استفاده از آنزیم تریپسین به‌عنوان مکمل آنزیمی در جیره انجام شد نیز گزارش‌شده است. در مطالعه Adelian و همکاران (۲۰۱۶) نیز عدم مشاهده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌های مختلف آزمایش که با سطوح مختلف مکمل آنزیمی کمین تغذیه‌شده بودند، گزارش‌شده است. بااین‌وجود استفاده از آنزیم تریپسین در جیره غذایی ماهی روهو، کاهش سطح گلوکز را در مقایسه با گروه شاهد به‌همراه داشت (Kumari *et al*., 2013). به‌کارگیری آنزیم در جیره ماهی قرمز (*Carassius auratus gibelio*) نیز مشابه مطالعه حاضر، تغییر معنی‌داری در میزان گلوکز خون ماهیان نشان نداد (Khosravanizadeh *et al*., 2020). در بررسی که با استفاده از مکمل آنزیمی پاپائین بر روی ماهی کپور معمولی صورت گرفت، نتایج نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار میزان گلوکز خون ماهیان در مقایسه با گروه شاهد بود (Shakir *et al*., 2013). در مطالعه Yousefianو همکاران (۲۰۱۳) نیز استفاده از مکمل آنزیمی، سطح گلوکز خون ماهیان را نسبت به گروه فاقد آنزیم به شکل معنی‌داری افزایش داد. با عنایت به نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه حاضر و مقایسه آن با نتایج

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

به‌دست‌آمده در سایر مطالعات، به نظر می‌رسد استفاده از تریپسین در غلظت‌های استفاده‌شده در این مطالعه، اثر منفی بر میزان نقش‌آفرینی آنزیم‌ها و هورمون‌های مؤثر در مسیر حفظ غلظت مناسب گلوکز در خون ماهیان ندارد و سبب کاهش یا افزایش غیرمتعارفی در این پارامتر در خون ماهیان نمی‌شود.

پروتئین‌های خون نقش مهمی در انتقال لیپیدها، هورمون‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی و حفظ عملکرد سیستم ایمنی بدن ماهیان دارند. آسیب به کبد و نقصان در عملکرد آن، تغذیه نامناسب یا ناکافی، گرسنگی برای زمان طولانی، انواع التهابات و عفونت‌ها، ازدست‌دادن خون و اختلال در سیستم گوارش و جذب مواد غذایی به‌خصوص پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه، برخی از مهم‌ترین عواملی هستند که کاهش پروتئین‌های خون (ازجمله آلبومین) را به همراه دارند؛ در نقطه مقابل استفاده از یک رژیم غذایی مناسب با درصد مناسبی از پروتئین، به‌همراه عملکرد کارا و مطلوب سیستم گوارش در هضم و جذب این رژیم غذایی، می‌تواند با فراهم کردن زمینه برای بهره‌برداری حداکثری بدن از پپتیدها و اسیدهای آمینه حاصل از تجزیه پروتئین‌های جیره، فرصت سنتز پروتئین‌های ضروری در خون ماهیان نظیر آلبومین، گلوبولین و گلبول‌های سفید را فراهم کند (Mahmoudi Khoshdarehgi *et al*., 2019). در مطالعه حاضر افزایش معنی‌دار سطح پروتئین کل خون ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی مکمل آنزیمی تریپسین در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد. در خصوص آلبومین خون این تغییرات معنی‌دار نبود. همچنین در خصوص غلظت گلوبولین خون، علی‌رغم افزایش محسوس میزان این فاکتور در خون ماهیان تغذیه‌شده با جیره حاوی مکمل آنزیمی، اما تغییرات معنی‌دار نبودند. در مطالعه Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) که با استفاده از آنزیم تریپسین در جیره فیل ماهی صورت پذیرفت میزان پارامترهای پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین و نسبت آلبومین به گلوبولین با گروه شاهد، تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همچنین گزارش‌شده استفاده از کمین در جیره بر فاکتورهای آلبومین و پروتئین کل خون ماهیان کپور معمولی اثر معنی‌داری نداشته است (Adelian *et al*., 2016). نتایجی که در مطالعه اثرات آنزیم آویزایم (حاوی پروتئاز) در تغذیه ماهی قزل‌آلای‌رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نیز مشاهده شد (Hosseinifard *et al*., 2013). در مطالعه Shakir و همکاران (۲۰۲۴) استفاده از آنزیم پروتئاز، موجب افزایش معنی‌دار غلظت آلبومین در مقایسه با تیمار فاقد آنزیم شد، بر روی پروتئین کل اثری نداشت، اما کاهش معنی‌دار غلظت گلوبولین را به همراه داشت. در مطالعه Yousefian و همکاران (۲۰۱۳) نیز استفاده از آنزیم در جیره، سطح پروتئین کل و آلبومین را به شکل معنی‌داری ارتقا داد. نتایج به‌دست‌آمده در خصوص پروتئین‌های خون ماهی کپور معمولی در مطالعه حاضر، حکایت از آن دارد که به‌واسطه افزودن مکمل پروتئازی به جیره ماهیان و نقش آن در هضم و جذب بالاتر پروتئین، میزان بهره‌برداری از پروتئین‌های جیره افزایش‌یافته است و با در دسترس قرار گرفتن منابع غنی‌تری از اسیدهای آمینه در اختیار کبد و سایر اندام‌های دخیل در فرآیند سنتز پروتئین‌های مختلف پلاسما، فرصت سنتز مقادیر بالاتری از پروتئین‌های خون را فراهم کرده است.

تجزیه پروتئین‌ها در بدن ماهیان، محصولات فرعی حاوی ترکیبات نیتروژن‌دار را تولید می‌کند که از طریق

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

جریان خون به اندام‌های دفع‌کننده این ترکیبات منتقل می‌شوند. در شرایط طبیعی میزان نیتروژن اوره‌ای خون در محدوده معینی در هرگونه ماهی قرار دارد. هرگونه آسیب به اجزای دفع نیتروژن از بدن یا اختلال در این فرآیند باعث می‌شود، برداشت نیتروژن از خون با سرعت لازم صورت نپذیرد و درنتیجه شاهد افزایش این شاخص در خون باشیم. در مطالعه حاضر نتایج نشان می‌دهد علی‌رغم افزایش برداشت پروتئین از جیره در تیمارهای حاوی مکمل آنزیمی، تغییر معنی‌داری در میزان نیتروژن اوره‌ای خون ماهیان تیمارهای مختلف دیده نمی‌شود که حاکی از ایمن بودن استفاده از این مکمل آنزیمی در دوزهای به کار گرفته‌شده در ماهیان است. مشابه این نتایج در مطالعه Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص استفاده از مکمل تریپسین در خوراک فیل ماهی نیز مشاهده می‌شود. اما در مطالعه‌ای که با استفاده از این آنزیم بر روی ماهی روهو انجام‌شده، سطح نیتروژن اوره‌ای خون به شکل معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد افزایش‌یافته است (Kumari *et al*., 2013). در بررسی Yousefian و همکاران (۲۰۱۳) نیز استفاده از مکمل آنزیمی اثر معنی‌داری بر میزان نیتروژن اوره‌ای خون ماهیان نداشت.

در مطالعه حاضر استفاده از مکمل تریپسین در جیره غذایی کپور معمولی، فعالیت آنزیم تریپسین در روده ماهیان را افزایش داد اما این افزایش ازنظر آماری معنی‌دار نبود. در مطالعه Khosravanizadeh و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از آنزیم تریپسین در جیره فیل ماهی، سطح فعالیت آنزیم تریپسین در روده ماهیان را به شکل معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد افزایش داد. نتایجی که در مطالعه Kumari و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش‌شده است. در مطالعه Monier (۲۰۲۰) نیز استفاده از مکمل آنزیمی Hostazyme X، موجب افزایش فعالیت پروتئازی روده ماهیان شد. نتایجی که در مورد مکمل آنزیمی پروتئاز میکروبی نیز گزارش‌شده است (Lin and Tan, 2007). همچنین استفاده از مکمل پروتئازی Aquagrow در جیره ماهی کپور معمولی، سبب افزایش فعالیت پروتئازی در دستگاه گوارش این‌گونه شد (Leng *et al*., 2008). اما استفاده از پروتئاز طبیعی در جیره ماهی کپور سیاه (*Mylopharyngodon piceus*)، تغییر معنی‌داری در فعالیت پروتئازهای روده ماهیان ایجاد نکرد (Chen *et al*., 2009). بر اساس نتایج مطالعات مختلف و مطالعه حاضر افزودن آنزیم پروتئازی به جیره می‌تواند سطح فعالیت آنزیم‌های پروتئازی مانند تریپسین در روده ماهیان را افزایش دهد که زمینه برای هضم بهتر پروتئین جیره و رشد بیشتر را فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی استفاده از آنزیم تریپسین به‌عنوان مکمل در جیره غذایی ماهی کپور معمولی با افزایش کارایی جیره غذایی و به‌ویژه بخش ارزشمند جیره، یعنی پروتئین جیره، سبب بهبود فاکتورهای رشد می‌گردد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده غلظت ۰/۰۲ درصد از آنزیم تریپسین جهت استفاده به‌عنوان مکمل در جیره ماهی کپور معمولی، مؤثر بوده و توصیه می‌گردد؛ زیرا علی‌رغم افزایش رشد ماهیان، درصد بقای ماهیان را تحت شعاع قرار نداده و اثرات جانبی خاصی بر روی پارامترهای خونی مانند گلوکز، پروتئین کل، آلبومین و نیتروژن اوره‌ای خون که منعکس‌کننده سلامت دستگاه گوارش هستند، نداشت. با این‌وجود انجام مطالعات

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

تکمیلی در خصوص بررسی ایمنی بیشتر این مکمل و نیز بهینه کردن استفاده از آن در جیره غذایی ماهیان توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

این طرح (با شماره طرح: PR-RIOZ-1402-4941-1) با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری پژوهشگاه زابل انجام‌شده است.

منابع

1. Adelian, M., Imanpoor, M. R., Taghizadeh, V. and Mazandarani, M., 2016. Utilizing Kemin multi-enzymes in the diet and their effects on growth and some blood factors of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Animal Environment*, *8*(2), pp.201-206. [In Persian]
2. AOAC (Association of Official Analytical Chemists)., 2005. Official Methods of Analysis 16th edition. AOAC, Gaithersburg, Maryland. P: 532
3. Asadi, R., Imanpoor, M.R., Asghari, M. and Enayat, G.T., 2012. Effects of gradual replacement of fish meal with soy meal and supplement phytase enzyme supplement on apparent digestibility coefficient and carcass mineral composition of beluga (*Huso huso*) juvenile. *Iranian Veterinary Journal*, *8*(1), pp.5-14. [In Persian]
4. Bedford, M.R. and Partridge, G.G (Eds.)., 2001. Enzymes in farm animal nutrition. Wallingford, UK: CABI Publishing, 336 p.
5. Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, *72*(1-2), pp.248-254. DOI:10.1016/0003-2697(76)90527-3
6. Burrin, J.M. and Price, C.P., 1985. Measurement of blood glucose. *Annals of Clinical Biochemistry*, *22*(4), pp.327-342. DOI:10.1177/000456328502200401
7. Chen, J.M., Ye, J.Y., Xu, Y.X., Shen, B.Q., Guo, J.L., Pan, Q. and Wang, Y.H., 2009. Effect of adding neutral protease to diets on growth performance, digestion, and body composition of fingerling black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Acta Hydrobiologica Sinica*, *33*(4), pp.726-731. DOI:10.3724/SP.J.1035.2009.40726
8. Dabrowska, H., Grudniewski, C. and Dabrowski, K., 1979. Artificial diets for common carp: effect of the addition of enzyme extracts. *The Progressive Fish-Culturist*, *41*(4), pp.196-200. DOI:10.1577/1548-8659(1979)41[196:ADFCC]2.0.CO;2
9. Dabrowski, K. and Glogowski, J., 1977. A study of the application of proteolytic enzymes to fish food. *Aquaculture*, *12*(4), pp.349-360. DOI:10.1016/0044-8486(77)90213-7
10. David, L. H., Pinho, S.M., Agostinho, F., Kimpara, J. M., Keesman, K. J. and Garcia, F., 2021. Emergy synthesis for aquaculture: A review on its constraints and potentials. *Reviews in Aquaculture*, *13*(2), pp.1119-1138. DOI:10.1111/raq.12519
11. Erlanger, B.F., Kokowsky, N. and Cohen, W., 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *95*(2), pp.271-278. DOI: 10.1016/0003-9861(61)90145-X
12. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation., 2022. Available online: www.fao.org (accessed on 4 July 2022).
13. Farhangi, M. and Carter, C.G., 2007. Effect of enzyme supplementation to dehulled lupin-based diets on growth, feed efficiency, nutrient digestibility and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

Research, *38*(12), pp.1274-1282. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01789.x

14. Furné, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M.C., Morales, A.E., Domezain, A., Domezain, J. and Sanz, A., 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, *149*(4), pp.420-425. DOI: 10.1016/j.cbpa.2008.02.002
15. Ghadirzadeh, S.K., Nasr, E., Sheikhzadeh, N. and Heidarieh, M., 2025. Effects of the recombinant fungal phytase enzyme PhyA derived from Pichia pastoris on growth factors and phosphate content in the feces of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture Development*, *19* (1), pp.113-132. DOI: 10.71901/jad-2025-1-884 [In Persian]
16. Helmy, M., Elhalis, H., Liu, Y., Chow, Y. and Selvarajoo, K., 2023. Perspective: multiomics and machine learning help unleash the alternative food potential of microalgae. *Advances in Nutrition*, *14*(1), pp.1-11. DOI: S2161831322013060
17. Hosseinifard, S.M., Ghobadi, Sh., Khodabakhsh, E. and Razeghi, M., 2013. The effect of different levels of soybean meals and avizyme enzyme supplement on hematological and biochemical parameters of serum in rainbow trout. *Iranian Veterinary Journal*, *9*(3), pp.43-53. [In Persian]
18. Kakavand, M., Hosseini Shekarabi, S.P., Shamsaie Mehrgan, M. and Rajabi Islami, H., 2025. Effect of protease enzyme in the diet on the growth performance and chemicals body composition of Sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) juvenile. *Journal of Aquaculture Development*, *18*(4), pp.45-55. DOI: 10.71901/jad-2024-1-812 [In Persian]
19. Khosravanizadeh, A., Sudagar, M., Salehi, H., Alishahi, A. and Jafari, S.M., 2017. Utilizing trypsin enzyme in the diet and their effects on growth, body composition, some blood biochemical factors and activity of intestinal trypsin of great sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Animal Environment*, *9*(3), pp.211-218. [In Persian]
20. Khosravanizadeh, A., Sudagar, M., Salehi, H., Alishahi, A. and Jafari, S.M., 2019. Utilizing encapsulated protease supplement in the diet and its effects on growth, body composition, some blood biochemical factors and activity of intestinal trypsin of beluga (*Huso huso*). *Aquatic Physiology and Biotechnology*, *7*(1), pp.77-102. DOI:10.22124/JAPB.2019.8933.1204 [In Persian]
21. Khosravanizadeh, A., Rahdari, A. and moradian, H.,, 2020. Effects of dietary Kemin multi-enzyme on growth, body composition and some blood biochemical factors of *Carassius auratus*. *Aquatic Animals Nutrition*, *6*(3), pp.13-24. DOI: 10.22124/janb.2021.18992.1126 [In Persian]
22. Kolkovski, S., Tandler, A. and Izquierdo, M.S., 1997. Effects of live food and dietary digestive enzymes on the efficiency of microdiets for seabass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, *148*(4), pp.313-322. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01366-X
23. Kumar, S., Sahu, N.P., Pal, A.K., Choudhury, D. and Mukherjee, S.C., 2006. Non-gelatinized corn supplemented with α-amylase at sub-optimum protein level enhances the growth of *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Aquaculture Research*, *37*(3), pp.284-292. DOI:10.1111/j.1365-2109.2005.01434.x
24. Kumar, P., Mehta, N., Abubakar, A.A., Verma, A. K., Kaka, U., Sharma, N., Sazili, A.Q., Pateiro, M., Kumar, M. and Lorenzo, J.M., 2023. Potential alternatives of animal proteins for sustainability in the food sector. *Food*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

of papain supplemented diet on growth and survival of post-larvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *1*(6), pp.176-179.

32. Saeed, F., Afzaal, M., Khalid, A., Shah, Y.A., Ateeq, H., Islam, F., Akram, N., Ejaz, A., Nayik, G.A. and Shah, M.A., 2023. Role of mycoprotein as a non-meat protein in food security and sustainability: A review. *International Journal of Food Properties*, *26*(1), pp.683-695. DOI: 10.1080/10942912.2023.2178456
33. Shakir, H.F., Hameed Albassam, N., Al Habib, F.M. and Abass, K.S., 2024. Effect of Adding some Digestive Enzymes in Diets of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) on the Rates of Digestion, Growth and Hematological Characteristics. *Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences*, *11*(supplement 1).
34. Sharma, S. A., Krishnakumar, V. and Arulraj, J., 2019. Impact of Ananas comosus extract supplementation on the growth and biochemical profile of *Cyprinus carpio* fingerlings. *Trends Fisheries Research, 8*, pp.69-77.
35. Shi, Z., Li, X.Q., Chowdhury, M.K., Chen, J.N. and Leng, X.J., 2016. Effects of protease supplementation in low fish meal pelleted and extruded diets on growth, nutrient retention and digestibility of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture*, *460*, pp.37-44. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.03.049
36. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries., 2024. *Iranian Fisheries Organization*, 2024. [In Persian]
37. Tacon, A.G., 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Washington DC, Argent Laboratories press. P: 454.
38. Wilfart, A., Prudhomme, J., Blancheton, J.P. and Aubin, J., 2013. LCA and emergy accounting of aquaculture systems: Towards ecological intensification. *Journal of Reviews International*, *39*(8), pp.5703-5728. DOI: 10.1080/87559129.2022.2094403
25. Kumari, R., Gupta, S., Singh, A.R., Ferosekhan, S., Kothari, D.C., Pal, A. K. and Jadhao, S.B., 2013. Chitosan nanoencapsulated exogenous trypsin biomimics zymogen-like enzyme in fish gastrointestinal tract. *PloS One*, *8*(9), pp.e74743. DOI:10.1371/journal.pone.0074743
26. Leng, X.J., Liu, D.Y., Li, X.Q. and Lu, Y.H., 2008. Effects of adding Protease AG on growth and digestive protease activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling. Chinese *Journal of Animal Nutrition*, *20*(3), pp.1-7. DOI: 10.5555/20093191533
27. Lin, S., Mai, K. and Tan, B., 2007. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus x O. aureus*. *Aquaculture Research*, *38*(15), pp.1645-1653. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01825.x
28. Mahmoudi Khoshdarehgi, M., Haji Moradloo, A. and Dastar, B., 2019. Determining the appropriate level of protein in diet of *Cyprinus carpio* fry based on some parameters of growth, blood and serum biochemistry in biofloc system. *Journal of Applied Ichthyological Research*, *7*(1), pp.61-84. [In Persian]
29. Monier, M.N., 2020. Efficacy of dietary exogenous enzyme supplementation on growth performance, antioxidant activity, and digestive enzymes of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(2), pp.713-723. DOI: 10.1007/s10695-019-00745-z
30. Özcan, F. and Taşbozan, O., 2022. September. Effects of dietary lipase supplementation on digestive enzyme activity and growth metrics of juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *In Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences*, *75*(9), pp.1383-1392.
31. Patil, D.W. and Singh, H., 2014. Effect

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]

environmental management, *121*, pp.96-109. DOI: 10.1016/j.jenvman.2013.01.031

39. Yousefian, M., Navazandeh, A., Gharaati, A. and Mahdavi, S., 2013. Investigation of survival, growth and biochemical blood parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae fed by artificial diets. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences,* pp.175-179.
40. Zhao, Z., Li, Y. and Du, Z., 2022. Seafood waste-based materials for sustainable food packing: From waste to wealth. *Sustainability*, *14*(24), pp.16579. DOI: 10.3390/su142416579

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.71901/jad-2025-3-886]