Investigate the effects of using dried mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance and biochemical factors in platyfish (*Xiphophorus maculatus*)

Safari R*.[1]; Hashemi S.R. [2]; Azadi H. [1]; Hoseini M. [1]; Shokohian B. [1]; Khajavi A.M.[1]; Zolfaghari M. [1]; Abdolmanafi M. [1]

*fisheriessafari@yahoo.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2- Department of Animal Physiology, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

This study examined the effects of mealworm (*Tenebrio molitor*) powder on growth performance and serum biochemical factors in platyfish (*Xiphophorus maculatus*). A total of 600 platyfish were divided into four treatments, each with three replicates: a control diet (commercial Biomar feed), T1 (25% mealworm powder and 75% conventional farm concentrate feed), T2 (50% mealworm powder and 50% conventional farm concentrate feed), and T3 (conventional farm concentrate feed) for a duration of 8 weeks. At the conclusion of the experiment, sampling was conducted. The results indicated that the inclusion of mealworm powder enhanced growth performance and reduced the feed conversion ratio compared to conventional farm concentrate feed ($P<0.05$). Alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), and alkaline phosphatase (ALP) enzymes did not show significant differences among the various treatments ($P\geq0.05$). Diets containing mealworm powder and conventional Biomar feed exhibited a significant difference when compared to the conventional farm concentrate ($P<0.05$). The incorporation of mealworm powder in platyfish diets, up to a 50% replacement of farm concentrate feed, improves growth and immunity indicators without adverse effects on liver enzymes and could be regarded as a competitive component of the diet alongside conventional Biomar feed.

Keywords: Mealworm, Platyfish, Growth, Biochemical, Immunity.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

CC BY

مقاله علمی – پژوهشی:

اثرات به‌کارگیری پودر میل‌ورم (*Tenebrio molitor*) بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم ماهی پلاتی (*Xiphophorus maculatus*)

رقیه صفری*[۱]، سیدرضا هاشمی[۲]، حامد آزادی[۱]، مرجان حسینی[۱]، بهار شکوهیان[۱]، امیر محمد خواجوی[۱]، مهدی ذوالفقاری[۱]، منصوره عبدالمنافی[۱]

fisheriessafari@yahoo.com

۱-گروه تکثیر و پرورش ابزیان دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲-گروه فیزیولوژی دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: اذر ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۳

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات پودرمیل‌ورم (*Tenebrio molitor*) بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم ماهی پلاتی (*Xiphophorus maculatus*) انجام شد. تعداد ۶۰۰ قطعه ماهی پلاتی در ۴ تیمار و هر تیمار با سه تکرار شامل جیره شاهد (غذای تجاری بیومار) ، تیمار یک (۲۵٪ پودر میل‌ورم و ۷۵٪ غذای کنسانتره معمول کارگاه)، تیمار دو (۵۰٪ پودر میلورم و ۵۰٪ غذای کنسانتره معمول کارگاه)، تیمار سه (جیره غذای کنسانتره معمول کارگاه) به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. در پایان دوره از تیمارها نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که استفاده از پودر میل‌ورم باعث بهبود عملکرد رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی نسبت به غذای کنسانتره معمول کارگاه شد ($P<۰/۰۵$). آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP)، در تیمار های مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P \geq ۰/۰۵$). جیره حاوی پودر میل ورم و بیومار رایج اختلاف معنی‌داری با کنسانتره رایج کارگاه نشان دادند($P<۰/۰۵$). استفاده از پودر میل‌ورم در جیره غذایی ماهی پلاتی تا سطح ۵۰، جایگزینی با غذای کنسانتره کارگاه، موجب بهبود شاخص‌های رشد و ایمنی بدون تاثیرات منفی بر تغییرات آنزیم‌های کبدی گردید که می‌تواند به عنوان جزئی از ترکیب جیره مورد استفاده قرار گیرد و قابل رقابت با غذای بیومار رایج است.

کلمات کلیدی: میل‌ورم، پلاتی، رشد، بیوشیمیایی، ایمنی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

مقدمه

با توجه به روند رو به رشد جمعیت انسانی، برای حفظ سرانه مصرف آبزیان تا سال ۲۰۳۰ به بیش از دویست میلیون تن غذای دریایی نیاز است. از آن‌جایی‌که در چند دهه گذشته، تولیدات شیلاتی حاصل از صید در دریاها به میزان ثابتی رسیده است، این کمبود باید از طریق آبزی‌پروری تامین شود (FAO, 2023). همچنین تغذیه، نقش زیادی در آبزی‌پروری دارد و بیشتر گونه‌های ماهی مورد استفاده در آبزی‌پروری، با غذای تجاری پرورش می‌یابند و پودر ماهی از مواد اصلی جیره‌های تجاری است. افزایش میزان تولید خوراک آبزیان موجب افزایش سریع قیمت مواد اولیه مانند پودر و روغن ماهی شده است (FAO, 2023). برای غلبه بر این محدودیت‌ها، تلاش‌های فراوانی برای کاهش وابستگی تولیدکنندگان غذا، به پودر و روغن ماهی صورت گرفته است (Glencross *et al*., 2007) که می‌توان به معرفی منابع جایگزین پودر ماهی اشاره نمود (Naylor *et al.,* 2001). پژوهشگران زیادی استفاده جزئی یا کامل پروتئین‌های گیاهی (سویا، ذرت،کانولا، کنجد، لوبیا و ..) یا جانوری (پودر گوشت، استخوان و خون طیوری و دامی) را به عنوان جایگزین پودر ماهی مورد مطالعه قرار داده و به معایبی از جمله محتوای کم پروتئین قابل هضم، پروفایل اسیدهای امینه ضروری نامطلوب (به‌خصوص اسیدهای امینه گوگرددار مانند سیستئین)، وجود مواد ضدتغذیه‌ای (بازدارنده‌های تریپسین، آنتی‌ویتامین‌ها، فیتات و هماگلوتین) در آنها اشاره نموده‌اند (Glencross *et al*., 2007; Galtin *et al*, 2007). در سال‌های اخیر، ارزش پروتئین حشرات به عنوان جایگزین جزئی یا کامل برای پودر ماهی در غذای آبزیان مورد مطالعه قرار گرفته است. اگرچه از شروع مطالعه برای ارزیابی گونه‌های مختلف حشرات به عنوان جایگزین آرد ماهی در حوزه آبزیان بیش از سه دهه نمی‌گذرد، اما پیشینه استفاده از حشرات به عنوان مکمل غذای آبزیان به بیش از ۲۵۰۰ سال قبل می‌رسد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در آن زمان چینی‌ها برای اولین بار از لاروهای کرم ابریشم به عنوان غذای ماهی کپور استفاده کرده‌اند (Kohen, 2004). در سال‌های اخیرگزارش‌های زیادی در رابطه با استفاده از حشرات در بهبود عمکرد رشد و سلامت آبزیان صورت گرفته است که می‌توان به مطالعه Valipour و همکاران (۲۰۱۹) در برررسی جایگزینی پودر ماهی با سطوح مختلف پودر سوسک زرد (*Tenebrio molitor*) در بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، مطالعه Alegbeleye و همکاران (۲۰۱۲) بر استفاده از پودر ملخ (*Zonocerus variegatus*) در جیره بچه ماهیان گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)، مطالعه Taufek و همکاران (۲۰۱۶) بر اثرات جیره غذایی مبتنی بر پودر ملخ (*Gryllus bimaculatus*) بر گربه ماهی آفریقایی، مطالعه Hoffmann و همکاران (۲۰۲۱) بر عملکرد رشد و افزایش نرخ رشد ویژه و بقاء با استفاده از کنجاله حشرات در رژیم غذایی ماهی قزل‌آلا، مطالعه Xu و همکاران (۲۰۲۱) بر بهبود رشد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی یا استفاده از مگس سیاه سرباز زیمولیتیک (*Hermetia illucens*) در ماهی باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) و مطالعهAsadi و همکاران (۲۰۲۲) بر استفاده از ملخ صحرایی بر بیان ژن رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان اشاره نمود. حشرات در مقایسه با پروتئین حیوانی رایج، دارای مزایای متعددی از جمله امکان پرورش با اتکا به محصولات جانبی ارگانیک، ضریب تبدیل غذایی مناسب، انتشار سطوح پایین گازهای گلخانه ای و آمونیاک، نیاز کمتر به فضا و آب و مسائل ساده حقوق حیوانات و خطر کم انتقال عفونت‌ها هستند (van Huis and Oonincx, 2017). این مزایا نشان می‌دهد که استفاده از حشرات در فرمولاسیون غذای ماهی علاوه بر اثرات مفید تغذیه‌ای، می‌تواند در تامین پایدار مواد اولیه برای ساخت خوراک آبزیان نیز کمک نماید. در واقع، علاقمندی به استفاده از حشرات در تغذیه آبزیان به دلیل پروفایل اسیدهای آمینه موجود در آنهاست که برای بسیاری از گونه‌های حشرات، با نیازهای غذایی ماهی مطابقت دارد. اما پروفایل اسیدهای چرب آنها متفاوت از روغن ماهی، غنی از اسیدهای چرب اشباع و فقیر از نظر اسیدهای چرب غیراشباع است. با این‌حال، ماهی‌های آب شیرین قادر به بیوسنتز PUFAs از اسیدهای چرب اشباع هستند. میزان چربی در اکثر حشرات مانند لارو مگس سرباز (۲۶)، لارو سوسک زرد (۳۶/۱)، لارو مگس خانگی (۱۸)، لارو جیرجیرک صحرایی (۱۳/۳)، جیرجیرک خانگی (۱۷/۳) بالاست و با توجه به چربی و اسیدهای چرب موجود، حشرات می‌توانند به عنوان ترکیب مناسبی در جیره غذایی مولدین به‌شمار آیند. میل‌ورم‌ها لاروهای دو گونه سوسک‌های تیره از خانواده Tenebrionidae، سوسک‌های زرد رنگ (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) و سوسک کوچکتر و کمتر متداول سوسک خوراکی (*Tenebrio obscurus* Fabricius, 1792) هستند. سوسک‌های میل‌ورم بومی اروپا هستند و اکنون در سراسر جهان توزیع می‌شوند. چرخه زندگی *Tenebrio molitor*، ۶۳۰-۲۸۰

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

روز متغیر است. لاروها بعد از ۱۲-۱۰ روز (در دمای ۲۰-۱۸ درجه سانتی‌گراد) هچ می‌شوند و بعد از تعداد متغیر مراحل (۲۰-۸) معمولاً بعد از ۴-۳ ماه (در دمای محیط) بالغ می‌شوند، اما مرحله لارو تا آخرین مرحله ۱۸ ماه می‌تواند باشد. لارو بالغ از رنگ زرد قهوه‌ای روشن ، به طول ۳۲-۲۰ میلی‌متر و وزن آن ۱۶۰-۱۳۰ میلی‌گرم است. از نظر ترکیبات شیمیایی لارو میل‌ورم (*Tenebrio molitor*) حاوی مقادیر زیادی پروتئین (۶۰-۴۷٪) و چربی (۴۳-۳۱٪) هستند. لارو تازه حدود ۶۰٪ آب دارد. با توجه به خلاء مطالعاتی موجود، مطالعه حاضر برای بررسی استفاده از پودر میل‌ورم در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، آنزیم‌های انتی اکسیدانی در ماهی پلاتی برنامه‌ریزی گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی و محل انجام آزمایش

تعداد ۳۶۰ عدد ماهی پلاتی از مرکز تکثیر و پرورش بخش خصوصی تهیه شده و به مرکز تحقیقات آبزی‌پروری شهید ناصر فضلی‌برآبادی گروه شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال داده شدند.

مخازن پرورشی

در این آزمایش از ۱۲ عدد آکواریوم (۵۰×۶۰×۴۰ سانتی‌متر مربع) به عنوان واحدهای آزمایش استفاده گردید و روزانه ۷۰ درصد آب آنها تعویض می‌شد. برای تأمین اکسیژن مورد نیاز داخل هر آکواریوم یک عدد سنگ هوا قرار داده شد.

ذخیره‌سازی بچه ماهیان

ماهیان پس از انتقال به مرکز تحقیقات شهید ناصر فضلی برآبادی به مدت ۲ هفته جهت سازگاری با محیط جدید ذخیره شده و در این مدت با غذای بیومار تغذیه شدند. پس از دوره سازگاری، بچه‌ماهی‌ها زیست سنجی شدند و با میانگین وزنی ۰/۳±۰/۰۵ گرم و با تراکم ۳۰ عدد در هر آکواریوم ذخیره‌سازی شدند.

تجزیه‌وتحلیل ترکیب شیمیایی پودر میل ورم و کنسانتره معمول کارگاه

میزان چربی، پروتئین، خاکستر و رطوبت پودر میل‌ورم و کنسانتره معمول کارگاه با استفاده از روش AOAC (۲۰۱۲) تعیین شد.

تغذیه و غذادهی

میل‌ورم خشک شده از شرکت زیست فناوری ورجاوند هیرکان مستقر در مرکز رشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. سپس آسیاب و پودر خشک شده به عنوان مکمل غذایی مورد استفاده قرار گرفت. جیره‌های غذایی مورد بررسی شامل جیره شاهد (غذای تجاری بیومارایج با ترکیب تقریبی۴۶/۷٪ پروتئین، ۱۲/۱۳٪ لیپید و ۳/۴۸٪ خاکستر)، تیمار یک (۲۵٪ پودر خشک میل ورم و ۷۵٪ غذای کنسانتره معمول کارگاه)، تیمار دو (۵۰٪ پودر خشک میلورم و ۵۰٪ غذای کنسانتره معمول کارگاه)، تیمار سه (جیره غذایی نسانتره معمول کارگاه) به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. با توجه به نتایج حاصل از زیست‌سنجی که هر ۱۴ روز یک‌بار انجام می‌گرفت، غذای مورد نیاز برای دوره بعدی محاسبه می‌شد. غذادهی در ۳٪ وزن بدن و ۳ بار در روز انجام می‌گرفت.

شاخص‌های رشد

در پایان دوره ۵۶ روزه تغذیه، شاخص‌های رشد ماهیان بعد از یک روز قطع غذا، با پودر گل میخک (۰/۵ گرم بر لیتر) بیهوش و با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه شدند:

افزایش وزن بدن (WG) = میانگین وزن ثانویه (گرم) - میانگین وزن اولیه (گرم)

ضریب رشد ویژه (SGR) = $((\ln W_2 - \ln W_1)$ / دوره پرورش (روز)) × ۱۰۰

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

نرخ بازماندگی (SR) = تعداد ماهیان زنده مانده بعد از دوره پرورش (۵۶ روز) / تعداد ماهیان در ابتدای دوره پروش × ۱۰۰

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی

برای ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی، از هر تکرار ۳ عدد ماهی (هر تیمار ۹ ماهی) انتخاب شده و با استفاده از محلول پودر گل میخک (با غلظت ۰/۵گرم بر لیتر) بیهوش شدند. باتوجه به کوچک بودن اندازه ماهیان و عدم امکان خونگیری، نمونه‌برداری از کل بدن انجام شد (صفری، ۲۰۲۳). سپس ماهی‌ها در ویال‌های استریل قرار داده شده و بلافاصله در ازت مایع نگهداری و در مجاورت ازت مایع در هاون‌های چینی به طور کامل پودر شده و به ویال‌های جدید منتقل شدند. به هر ویال، ۱ سی‌سی از محلول بافر فسفات اضافه گردید. ویال‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۸۰۰۰ دور بر دقیقه (rpm) سانتریفیوژ شدند و فعالیت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز (ALP)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) با استفاده از کیت‌های پارس آزمون (ساخت ایران) و دستگاه اسپکتروفتومتر در فاز بالایی اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری آنزیم‌های ALT و AST در طول موج ۳۴۰ نانومتر و آنزیم ALP در طول موج ۴۰۵ نانومتر انجام شد (Borges *et al*., 2004).

اندازه‌گیری پروتئین کل و ایمونوگلوبین سرم بدن

برای تعیین سطح ایمونوگلوبولین کل، از روش Siwicki و Anderson (۱۹۹۳) استفاده شد. در ابتدا، مقدار پروتئین با استفاده از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) ارزیابی شد. سپس به نمونه‌ها ، پلی‌اتیلن‌گلیکول با غلظت ۱۲ درصد افزوده شد. پس از ۲ ساعت، نمونه‌ها در دمای اتاق تحت سانتریفیوژ قرار گرفتند. در ادامه، غلظت پروتئین در فاز بالایی محلول با روش بردفورد مجدداً اندازه‌گیری شد. مقدار ایمونوگلوبولین کل از طریق محاسبه اختلاف بین غلظت پروتئین اولیه و غلظت پروتئین پس از افزودن پلی‌اتیلن‌گلیکول محاسبه شد.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One- Way- ANOVA) انجام شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با تست Leven انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS (Version 16) استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه‌وتحلیل تقریبی غذای کنسانتره کارگاه و پودر میل ورم

نتایج تجزیه‌وتحلیل تقریبی غذای کنسانتره کارگاه و پودر میل ورم در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: تجزیه‌وتحلیل تقریبی غذای کنسانتره رایج کارگاه

ترکیب	مقدار (درصد)
پروتئین	۳۰
لیپید	۱۵
خاکستر	۸

جدول ۲: تجزیه‌وتحلیل تقریبی پودر میلورم خشک شده

ترکیب	مقدار (درصد)
پروتئین	۴۰/۱۳
لیپید	۲۰/۷۲
فیبر	۱۶/۸۱
خاکستر	۶/۷۱
رطوبت	۵/۳۵

نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ماهی پلاتی

نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های رشد نشان داد که بهبود مقدار وزن نهایی (FW)، افزایش وزن (WG) و نرخ رشد ویژه (SGR) در تیمارهای حاوی پودر میل‌ورم نسبت به غذای کنسانتره معمول کارگاه مشاهده شد و این اختلاف به‌ویژه در سطوح بالاتر جایگزینی معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) و قابل رقابت با تیمار غذای بیومار رایج بود. همچنین کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمار با جایگزینی ۵۰٪ پودر میل‌ورم مشاهده شد که با کنسانتره رایج کارگاه، اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P < ۰/۰۵$) (جدول ۳).

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی در سرم بدن ماهی پلاتی

در بررسی اثر پودر میل‌ورم اختلاف معنی‌داری در هیچ‌یک از آنزیم‌های کبدی آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). میزان پروتئین کل و ایمنوگلوبین با افزایش سطح میل‌ورم در جیره به شکل معنی‌داری نسبت به گروه کنسانتره رایج افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) (جدول ۴).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

جدول ۳: نتایج حاصل از عملکرد رشد ماهی پلاتی تحت تاثیرجیره حاوی پودر میل‌ورم

شاخص‌های رشد	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
وزن اولیه (گرم)	۰/۴۴±۰/۰۵	۰/۴۵±۰/۰۲	۰/۴۳±۰/۰۵	۰/۴۷±۰/۰۶
وزن نهایی (گرم)	۲/۴۶±۰/۰۵^{a}	۲/۱۶±۰/۲۵^{ab}	۲/۵۳±۰/۱^{a}	۲/۱±۰/۱^{b}
افزایش وزن (گرم)	۱/۹۹±۰/۱۰^{ab}	۱/۷۱±۰/۲۶^{ab}	۲/۱۰±۰/۱۷^{a}	۱/۶۳±۰/۱۲^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۲/۹۵±۰/۲۸^{ab}	۲/۷۸±۰/۲۷۶^{ab}	۳/۱۶±۰/۳۱^{a}	۲/۷۷±۰/۲۴^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۴±۰/۱۷^{b}	۱/۳۵±۰/۲۲^{ab}	۲/۹۵±۰/۰۹^{b}	۱/۴۲±۰/۲۰^{a}

داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان می‌شوند حروف مختلف در هر ردیف نشانگر اختلاف معنی‌دار($P<0.05$) بین تیمارهاست.

جدول ۴: نتایج حاصل از ارزیابی آنزیم‌های کبدی و شاخص‌های ایمنی در سرم بدن ماهی پلاتی تحت تاثیر جیره حاوی میل‌ورم

آنزیم‌های کبدی	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
آلکالین فسفاتاز(U/L)	۱۵۴/۳۳±۴/۳۳	۱۵۶±۲/۶۴	۱۵۶±۲/۵	۱۵۶/۳۳±۲/۳۳
آلانین آمینوترانسفراز(U/L)	۱۲۲/۶۶±۵/۲۳^{a}	۱۱۸±۰/۸۸^{a}	۱۲۸/۸۷±۲۲/۱۶^{b}	۱۲۱/۳۳±۱۴/۶۸^{c}
آسپارتات آمینوترانسفراز(U/L)	۲۵۲/۳۳±۴/۹^{a}	۲۴۸±۸/۵^{a}	۲۵۱/۳±۱/۲^{a}	۲۵۵±۱/۸۵^{a}
پروتئین کل(g/dl)	۱/۴۷±۰/۱۷^{b}	۱/۴۱±۰/۲۱^{ab}	۱/۸۸±۰/۲۶^{b}	۰/۹۵±۰/۱۲^{a}
ایمنوگلوبولین (g/dl)	۰/۸۱±۰/۱۴^{a}	۰/۷۲±۰/۱۵^{a}	۰/۹۵±۰/۰۶^{a}	۰/۴۲±۰/۰۷^{b}

داده ها به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان می‌شوند. حروف کوچک نشانگر اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) بین تیمارهاست.

بحث

امروزه هدف آبزی‌پروری بر تضمین امنیت غذایی و ارائه محصولات با کیفیت متمرکز است. برای دستیابی به این هدف، تلاش‌های متعددی در بخش آبزی‌پروری برای معرفی مکمل‌های غذایی جدید تقویت‌کننده و حفظ سلامتی که از منشأهای مختلف به‌دست می‌آیند، در رژیم غذایی موجودات آبزی پرورشی انجام شده است. هدف این تلاش‌ها افزایش جذب مواد مغذی، تسریع نرخ رشد و افزایش احتمال بقاء و در نهایت تقویت صنعت آبزی‌پروری است (Hodar *et al*., 2020; Basto *et al*., 2023). تحقیقات نشان داده‌اند که کرم‌های خوراکی دارای سطوح نسبتاً پایینی از میکروارگانیسم‌های مضر هستند و این ویژگی، آنها را گزینه امن‌تری برای جایگزینی با پروتئین حیوانی نموده است (Pöllinger-Zierler *et al*., 2023). مقالات مختلف استفاده از کرم‌های میل‌ورم را در آبزی پروری با تمرکز بر پتانسیل آنها به عنوان منابع خوراک مورد بررسی قرار داده‌اند (Henry *et al.,* 2015; Gasco *et al*., 2016). اگرچه جایگزینی پودر ماهی با حشرات راهکار امیدوارکننده‌ای به‌نظر می‌رسد، اما تحقیقات بیشتری برای تعریف بهتر نیازهای تغذیه‌ای و میزان افزودن بهینه پودر کرم میل‌ورم و عصاره‌های آن در جیره‌های آبزی پروری مورد نیاز است که می‌تواند به اصلاح فرمول‌های خوراک در آبزی‌پروری پایدار، کمک کند. با تاکید روزافزون بر کشف مواد جدید و پایدار برای آبزیان، درک رابطه پیچیده بین تغذیه و شاخص‌های فیزیولوژیک ماهی بسیار مهم است. در تحقیق حاضر، اثرات پودر میل‌ورم بر عملکرد رشد، ایمنی ماهی پلاتی به عنوان یک گونه ماهی زینتی بررسی شد. طبق نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، استفاده از پودر به‌ویژه در دوزهای ۵۰٪ جایگزینی باعث بهبود شاخص‌های رشد، افزایش وزن، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه شد. مطالعات در استفاده از پودر میل‌ورم خام بهبود عملکرد رشد و نتایج امیدوار کننده‌ای را در موجودات آبزی مختلف در صورت استفاده از دوزهای مناسب نشان داده است. بهبود عملکرد، رشد قابل‌توجه در ماهی *Siniperca scherzeri* (Sankian *et al*., 2018)، خرچنگ دراز آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) (Feng *et al*., 2019)، خرچنگ (*Pontaylus leptoz*) و ماهی باس دهان بزرگ (*Micropterus salmoides*) (Chen *et al*., 2023) مشاهده شده است. گو و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که جایگزینی ۱۱ درصد پودر ماهی با پودر میل‌ورم در رژیم غذایی باس دهان بزرگ، هیچ تأثیر منفی بر عملکرد رشد نداشته است، اما سطوح جایگزینی بالاتر منجر به اثرات نامطلوب می‌شود. کاهش عملکرد رشد، مصرف غذا و راندمان پروتئین می‌تواند به دلیل حضور کیتین در اسکلت خارجی لارو حشره باشد که با استفاده از انزیم کیتیناز قابل جبران است (Ng *et*

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

al., 2001). مطالعات Heckmann و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثرگنجاندن پودر میلورم در جیره‌های ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، بهبود قابل‌توجهی را در نرخ رشد و راندمان تبدیل خوراک گزارش کردند. در آزمایش‌های Tubin و همکاران (۲۰۲۰) بر تیلاپیا، ترکیب کرم‌های میل‌ورم منجر به افزایش شاخص‌های رشد شد که به ترکیب تغذیه‌ای متعادل کرم‌های خوراکی نسبت داده می‌شود که شامل پروتئین با کیفیت بالا و اسیدهای آمینه ضروری است. با نتایج مطالعه حاضر، محققان مشاهده کردند که جایگزینی ۴۰ درصد پودر ماهی با پودر لارو سوسک زرد آرد در جیره گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*)، افزایش رشد و کارایی تغذیه، نسبت به گروه شاهد داشت. آنها همچنین بیان داشتند که گربه ماهی‌هایی که از جیره حاوی ۸۰ درصد پودر ماهی با جایگزینی با لارو سوسک زرد تغذیه شده بودند، از رشد و راندمان مصرف غذایی مناسبی برخوردار بودند (Ng *et al*., 2001). در مطالعه ولی‌پور و همکاران (۲۰۱۹) ماهیان تیمار حاوی ۶۰٪ پودر میل‌ورم بالاترین میزان افزایش وزن و کمترین ضریب غذایی را در بین سایر گروه‌های آزمایشی داشتند و کمترین وزن نهایی مربوط به تیمار شاهد بود. Gasco و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که جایگزینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کرم میل‌ورم در ماهی باس اروپایی، اثرات نامطلوبی بر افزایش وزن ندارد. با این‌حال، افزودن کرم‌های خوراکی در رژیم غذایی آبزی‌پروری بدون چالش نیست. تعیین سطوح بهینه گنجاندن پودر حشرات در جیره نیز بسیار مهم و حیاتی است، زیرا گنجاندن بیش از حد می‌تواند خوش‌خوراکی و قابلیت هضم خوراک را تغییر دهد (Hameed *et al*., 2022; Zlaugotne *et al*., 2022; Chen *et al*., 2023). علاوه‌براین، عوامل ضدتغذیه‌ای بالقوه در کرم‌های میل‌ورم نیاز به ارزیابی دقیق دارند تا اطمینان حاصل شود که آنها بر سلامت ماهی تأثیر منفی نمی‌گذارند. در مطالعه حاضر، برای کاهش کیتین و اثرات ضدتغذیه‌ای آن، از لاروهای جوان‌تر استفاده شد.

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم معمولاً به عنوان شاخص‌های بسیار حساس وضعیت فیزیولوژیک و سلامت ماهی شناخته می شوند (Sankian *et al*., 2018; Jeong *et al*., 2021). طبق نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، ثابت شد پودر میل‌ورم سبب افزایش پروتئین کل و ایمونوگلوبولین در سرم بدن ماهی پلاتی گردید. این یافته با نتایج Habte-Tsion و همکاران (۲۰۲۴) که افزودن کرم‌های میل‌ورم در رژیم غذایی ماهی قزل‌آلا اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) سطح کل ایمونوگلوبولین را افزایش می‌دهد، همخوانی داشت. Chen و همکاران (۲۰۲۳) دریافتند که این جایگزینی‌ها، سایتوکین‌های ضدالتهابی (IL-1β و TGF-β) را تنظیم می‌کند و سایتوکین‌های پیش التهابی (IL-8 و IL-10) را کاهش می‌دهد. این نشان می‌دهد که مواد فعال زیستی موجود در کرم میل‌ورم (کیتین و تنسین ۱) ، ممکن است نقش تنظیمی در پاسخ های ایمنی داشته باشند. Zhang و همکاران (۲۰۲۴) نشان دادند که پپتیدهای ضدمیکروبی (AMPs) که از لارو *H. illucens* به‌دست آمد، بیان ژن مرتبط با ایمنی لیزوزیم را تنظیم می‌کند و افزایش قابل‌توجهی در گروه‌های ۱۰٪ میلی‌گرم پپتید ضد میکروبی و ۱۵ ٪ میلی‌گرم AMP مشاهده گردید. آنها پاسخ دو فازی را در بیان لیزوزیم شناسایی کردند که با افزایش غلظت پپتید ضد میکروبی مرتبط است و این فرضیه را تقویت می‌کند که ترکیبات میل‌ورم می‌توانند عملکردهای ایمنی را تقویت کنند. علاوه‌براین، Su و همکاران (۲۰۱۷) با اشاره به افزایش بیان IgM، MHC II و IL-2، اثرات مفید خوراک کرم میل‌ورم (۹-۱۸ درصد) را بر افزایش پاسخ ایمنی تطبیقی در گربه ماهی زرد (*Pelteobagrus fulvidraco*) برجسته کرد. آنها پیشنهاد کردند که پودر میل‌ورم می‌تواند به عنوان یک مکمل غذایی ارزشمند برای تقویت عملکردهای ایمنی در آبزی‌پروری عمل کند. Acar و همکاران (۲۰۲۱) افزایش قابل توجهی در سطوح بیان TNF-α، IL-8 و IL-1 در بافت ماهیچه‌ای و کبدی ماهی قزل آلای تغذیه شده با مخلوطی از کرم آرد زرد و مگس سرباز سیاه در طول فرآیند تجاری سازی گزارش کردند. در واقع، کتین در میزان کم می‌تواند به عنوان یک پربیوتیک عمل کند و باعث افزایش ایمنی در ماهی پلاتی گردد (Henry *et al*., 2018). نتایج Ido و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که رژیم‌های غذایی غنی‌شده با کرم‌های خوراکی به بهبود فعالیت سیستم ایمنی و مقاومت در برابر بیماری‌ها کمک کرده و ویژگی‌های تعدیل‌کننده ایمنی بالقوه خوراک‌های مبتنی بر کرم آرد را روشن می‌کنند. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل داده‌های مطالعه‌ای دیگر بیانگر این بود که جایگزینی پودر ماهی با پودر میل‌ورم در جیره میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*)، علاوه بر افزایش شاخص‌های رشد، تاثیر معنی‌داری بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، لیزوزیم، اسید فسفاتاز، آلکالین فسفاتاز و تعداد هموسیت کل همولنف در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد داشت. نتایج متنوع در مطالعات مربوط به اثرات پودر حشرات از افزودن آنها در رژیم غذایی ماهی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

بر شاخص‌های بیوشیمیایی ماهی را می‌توان به تفاوت‌های موجود در این مطالعات (گونه‌ها و اندازه ماهی، ترکیب رژیم غذایی و کیفیت و کمیت کرم مورد استفاده)، نسبت داد (Jeong *et al.*, 2021). در مطالعه حاضر، اختلاف معنی‌داری در به‌کارگیری پودر میل‌ورم در جیره در هیچ‌یک از آنزیم‌های کبدی، آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) مشاهده نشد (P>۰/۰۵). طبق نتایج به‌دست آمده از مطالعه Valipour و همکاران (۲۰۱۹) فعالیت آنزیم‌های آسپارتات ترانس آمیناز (AST) و آلانین آمینوترانسفراز (ALT) در بین بچه ماهیان تیمارهای تغذیه شده با پودر میل‌ورم و گروه شاهد و تیمار غذای تر کارگاه، اختلاف معنی‌داری گزارش نشد. نتایج حاضر با یافته‌های قبلی که در آن گنجاندن کرم‌های خوراکی در رژیم غذایی ماهی‌های ماندارین (*Siniperca scherzeri*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) منجر به عدم تغییر ALT و AST شد، مطابقت دارد. عدم تغییر در فعالیت آنزیم‌های کبدی نشان می‌دهد که پودر و عصاره میل‌ورم تاثیر منفی بر سلامت ماهی ندارد (Sankian *et al.*, 2018).

نتیجه گیری کلی

استفاده از پودر میل‌ورم در جیره غذایی ماهی پلاتی تا سطح ۵۰، جایگزینی با غذای کنسانتره کارگاه، موجب بهبود شاخص های رشد و ایمنی بدون تاثیرات منفی بر تغییرات آنزیم‌های کبدی گردید که می‌تواند به عنوان جزئی از ترکیب جیره مورد استفاده قرار گیرد و قابل رقابت با غذای بیومار رایج است.

منابع

Acar, Ü., Giannetto, A., Giannetto, D., Kesbiç, O. S., Yılmaz, S., Romano, A., Tezel, R., Türker, A., Güllü, K. and Fazio, F., 2021. Evaluation of an innovative and sustainable pre-commercial compound as replacement of fish meal in diets for rainbow trout during pre-fattening phase: effects on growth performances, haematological parameters and fillet quality traits. *Animals*, 11(12), 3547. https://doi.org/10.3390/ani11123547

Alegbeleye, W.O., Obasa, S.O., Olude, O.O., Otubu, K. and Jimoh, W., 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. *Aquaculture Research*, 43(3), 412-420. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011. 02844.x

AOAC (Association of Official Analytical Chemists International)., 2012. Official methods of analysis. *Journal of AOAC Internatinal*, 95, 5 (1), 1392–1397. DOI: 10.5740/jaoacint.12-129.

Asadi, H., Allaf Noveirian, H., Khoshkholgh, M.R. and Safari, R., 2022. Effects of different levels of locust meal (*Schistocerca gregaria*) replacement on growth function, survival, biochemical composition and intestinal digestive enzymes of rainbow trout fingerling (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*.30(6), 1-12. D0I:1022092/ISFJ. 2022.125693.

Basto, A., Valente, L. M., Sousa, V., Conde-Sieira, M. and Soengas, J.L., 2023. Total fishmeal replacement by defatted *Tenebrio molitor* larvae meal induces alterations in intermediary metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Animal Science*, 101, skad040. DOI: 10.1093/jas/skad040.

Borges, A., Scotti, L.V., Siqueira, D.R., Jurinitz, D.F. and Wassermann, G.F., 2004. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 30, 21-25. DOI: 10.1007/s10695-004-5000-1.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

Chen, H., Yu, J., Ran, X., Wu, J., Chen, Y., Tan, B. and Lin, S., 2023. Effects of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth performance, hepatic health and digestibility in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Animals*, 13(8), 1389. DOI:10.3390/ani13081389.

FAO, 2023. Fishery and Aquaculture Country Profiles. Iran (Islamic Rep. of), 2015. Country Profile Fact Sheets. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Rome. Updated Apr 1, 2016 [Cited Monday, September 4th 2023]. https://www.fao.org/fishery/en/facp/irn.

Feng, P., He, J., Lv, M., Huang, G., Chen, X., Yang, Q., Wang, J., Wang, D. and Ma, H., 2019. Effect of dietary *Tenebrio molitor* protein on growth performance and immunological parameters in *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, 511, 734247. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.734247.

Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou, E., Mola., P. and Chatzifotis, S., 2016. Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.07.003.

Gatlin III, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R. and Overturf, K., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research*, *38*(6), 551-579. DOI:10.1111/j.1365-2109.2007.01704. x.

Glencross, B., Hawkins, W., Evans, D., Rutherford, N., Dods, K., McCafferty, P. and Sipsas, S., 2007. Evaluation of the influence of drying process on the nutritional value of lupin protein concentrates when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 265(1-4), 218-229. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.040.

Habte-Tsion, H.M., Hawkyard, M., Sealey, W.M., Bradshaw, D., Meesala, K.M. and Bouchard, D.A., 2024. Effects of fishmeal substitution with mealworm meals (*Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus*) on the growth, physiobiochemical response, digesta microbiome, and immune genes expression of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition*, 2024(1), 6618117. https://doi.org/10.1155/2024/6618117.

Hameed, A., Majeed, W., Naveed, M., Ramzan, U., Bordiga, M., Hameed, M., Ur Rehman, S. and Rana, N., 2022. Success of aquaculture industry with new insights of using insects as feed: a review. *Fishes*, *7*(6), 395. https://doi.org/10.3390/fishes7060395.

Heckmann, L.H., Andersen, J.L., Gianotten, N., Calis, M., Fischer, C.H. and Calis, H., 2018. Sustainable mealworm production for feed and food. *Edible insects in sustainable food systems*, 321-328. DOI:10.1007/978-3-319-74011-9_19.

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. and Fountoulaki, E., 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1-22.

Henry, M., Gasco, L., Chatzifotis, S. and Piccolo, G., 2018. Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, Dicentrarchus labrax. *Developmental &*

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

Comparative Immunology, 81,204-209. DOI:10.1016/j.dci.2017.12.002.

Hodar, A., Vasava, R., Mahavadiya, D. and Joshi, N., 2020. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology India*, 23(1).

Hoffmann, L., Rawski, M., Nogales-Mérida, S., Kołodziejski, P., Pruszyńska-Oszmałek, E. and Mazurkiewicz, J., 2021. Mealworm meal use in sea trout (*Salmo trutta* m. trutta, L.) fingerling diets: effects on growth performance, histomorphology of the gastrointestinal tract and blood parameters. *Aquaculture Nutrition*, 27(5), 1512-1528. DOI:10.1111/anu.13293.

Ido, A., Hashizume, A., Ohta, T., Takahashi, T., Miura, C. and Miura, T., 2019. Replacement of fish meal by defatted yellow mealworm (Tenebrio molitor) larvae in diet improves growth performance and disease resistance in red seabream (*Pargus major*). *Animals*, 9(3), 100. DOI:0.3390/ani9030100.

Jeong, S.M., Khosravi, S., Yoon, K.Y., Kim, K.W., Lee, B.J., Hur, S.W. and Lee, S.M., 2021. Mealworm, *Tenebrio molitor*, as a feed ingredient for juvenile olive flounder, Paralichthys olivaceus. *Aquaculture Reports,* 20*,* 100747. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100747.

Koehn, J.D., 2004. Carp (*Cyprinus carpio*) as a powerful invader in Australian waterways. *Freshwater Biology*, 49(7), 882-894. DOI:10.1111/j.1365-2427.2004.01232.x.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry. 193(1):265-75.

Naylor, R.L., Williams, S.L. and Strong, D.R., 2001. Aquaculture--A gateway for exotic species. *Science*, 294(5547), 1655-1656. DOI:10.1126/science.1064875.

Ng, W.K., Liew, F.L., Ang, L.P. and Wong, K.W., 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, Clarias gariepinus. *Aquaculture Research*, 32, 273-280. DOI:10.1046/j.1355-557x.2001.00024.x.

Pöllinger-Zierler, B., Lienhard, A., Mayer, C., Berner, S., Rehorska, R., Schöpfer, A. and Grasser, M., 2023. *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758): Microbiological screening of feed for a safe food choice. *Foods*, 12(11), 2139. DOI:10.3390/foods12112139.

Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y.O. and Lee, S.M., 2018. Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles. *Aquaculture*, 496, 79-87. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.07.012.

Siwicki, A.K. and Anderson, D.P., 1993. Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin level in serum. *Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn*. Wydawnictwo Instytutu Rybactwa Strodladowego.105-12.

Su, J., Gong, Y., Cao, S., Lu, F., Han, D., Liu, H., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., and Xie, S. 2017. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal on the growth performance, immune response and

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]

disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Fish & Shellfish Immunology*, 69, 59-66. DOI:10.1016/j.fsi.2017.08.008.

Taufek, N.M., Aspani, F., Muin, H., Raji, A.A., Razak, S.A. and Alias, Z., 2016. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 42, 1143-1155. DOI:10.1007/s10695-016-0204-8.

Tubin, J.S.B., Paiano, D., de Oliveira Hashimoto, G.S., Furtado, W.E., Martins, M.L., Durigon, E. and Emerenciano, M.G.C., 2020. Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, 519, 734763. DOI:10.1016/j.aquaculture.2019.734763.

Valipour, M., Oujifard, A., Hosseini, A., Sotoudeh, E. and Bagheri, D., 2019. Effects of dietary replacement of fishmeal by yellow mealworm (Tenebrio molitor) larvae meal on growth performance, hematological indices and some of non-specific immune responses of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of fisheries science*, 28(2), 13-27. DOI:22092/ISFJ.2019.118906.

Van Huis, A. and Oonincx, D.G., 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. Agronomy for Sustainable Development, 37, 1-14. DOI:10.1007/s13593-017-0452-8.

Xu, X., Ji, H., Belghit, I., Liland, N. S., Wu, W. and Li, X., 2021. Effects of black soldier fly oil rich in n-3 HUFA on growth performance, metabolism and health response of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. specularis). *Aquaculture*, 533, 736144. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.736144.

Zhang, Z.L., Meng, Y.Q., Li, J.J., Zhang, X.X., Li, J.T., Xu, J.R., Zheng, P.H., Xian, J.A. and Lu, Y.P., 2024. Effects of antimicrobial peptides from dietary *Hermetia illucens* larvae on the growth, immunity, gene expression, intestinal microbiota and resistance to Aeromonas hydrophila of juvenile red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Fish & Shellfish Immunology,* 147,109437. DOI:10.1016/j.fsi.2024.109437.

Zlaugotne, B., Pubule, J. and Blumberga, D., 2022. Advantages and disadvantages of using more sustainable ingredients in fish feed. *Heliyon*, 8(9), e10527. DOI: 10.1016/j.heliyon. 2022.e10527.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-07-03]

[DOI: 10.22034/12.2.1]