14(4) 181-186, Winter 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effect of mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae enriched with a commercial and skin color in Oscar probiotic, Protexin, on growth performance (*Astronotus ocellatus*)

Emdad Dadvar [1], Seyed Pezhman Hosseini Shekarabi [1], Elham Khazaie [1], Jafar Ehsani [*2], Mehdi Shamsaie Mehrgan

[1] *Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Fisheries, Abadan Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran*

Key Words

Mealworms (*Tenebrio molitor*) larvae
Protexin probiotic
Oscar (*Astronotus ocellatus*)
Growth performance
Skin color

Abstract

Introduction: Using live feed as nutritious feed sources that can also contain natural pigments; is always recommended to strengthen skin pigment, improve growth performance and increase the general health of ornamental fish. This study was conducted to evaluate the effect of different levels of mealworms (*Tenebrio molitor*) larvae enriched with commercial probiotic, Protexin on some growth factors, survival rate, and skin color of Oscar (*Astronotus ocellatus*).

Materials & Methods: First, the mealworms larvae were fed with 0 (control), 0.5, 1, 1.5 and 2% of a commercial Protexin probiotic along with wheat bran powder as the main feed resource for 14 days. Then, Oscar fish with an average weight of 3.0±0.2 g and an initial length of 2.2±0.3 cm were randomly distributed into 15 glass aquariums with a density of 20 fish and were fed for 56 days with the enriched mealworms larvae with Protexin.

Result: Based on the results, weight gain (10.5±0.23 g), body weight gain (7.54 ±0.31 g), daily growth rate (4.56±0.34), specific growth rate (2.11±0.1), and longitudinal growth (3.5±0.5 cm) in 2% treatment showed a significant difference compared to the control group and other treatments ($P<0.05$). The highest feed conversion ratio was obtained in control (1.25±0.17) and the lowest value was observed in 2% treatment (0.84±05). However, there was no significant difference in survival percentage between treatments receiving diets containing larvae enriched with probiotic, Protexin. The fish skin color according to L* and a* indices in the 2% treatment had a significant decrease compared to other treatments, especially the control treatment ($P<0.05$).

Conclusion: The effect of different levels of mealworms larvae enriched with commercial probiotic, especially at the level of 2% feed on the growth indices and skin color of Oscar fish was evaluated as completely positive and significant.

* Corresponding Author's email: e.ehsani2@gmail.com
Received: 1 September 2021; Reviewed: 5 October 2021; Revised: 7 December 2021; Accepted: 7 January 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.326895.2747

مقاله پژوهشی

اثر لارو سوسک گوشت‌خوار (*Tenebrio molitor*) غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین بر عملکرد رشد و رنگ پوست ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*)

امداد دادور[۱]، سیدپژمان حسینی‌شکرابی[۱]، الهام خزایی[۱]، جعفر احسانی[۲]، مهدی شمسایی‌مهرجان[۱]*

[۱] گروه شیلات، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] گروه شیلات، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران

کلمات کلیدی
لارو سوسک گوشت‌خوار
پروبیوتیک پروتکسین
ماهی اسکار
نرخ رشد
رنگ پوست

چکیده

مقدمه: استفاده از غذاهای زنده به‌عنوان منابع غذایی مغذی که می‌توانند حاوی رنگدانه‌های طبیعی نیز باشند، برای تقویت رنگدانه پوست، بهبود عملکرد رشد و افزایش سلامت عمومی ماهیان زینتی همواره توصیه می‌شود. این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی‌شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین برشاخص‌های رشد، نرخ بازماندگی و رنگ پوست ماهی اسکار انجام شد.

مواد و روش‌ها: ابتدا لارو سوسک گوشت‌خوار با سطوح ۰ (شاهد)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد مکمل میکروبی پروتکسین همراه با پودر سبوس گندم به‌عنوان غذای اصلی به‌مدت ۱٤ روز غذادهی شدند. سپس ماهیان اسکار با میانگین وزنی ۰/۲±۳/۰ گرم و طول اولیه ۰/۳±۲/۲ سانتی‌متر در ۱۵ آکواریوم شیشه‌ای با تراکم ۲۰ عدد ماهی به‌صورت تصادفی معرفی شدند و طی مدت ٥٦ روز با به‌صورت مستقیم از لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با سطوح مختلف پروبیوتیک تجاری پروتکسین تغذیه شدند.

نتایج: براساس نتایج، حداکثر میزان وزن کسب شده (۰/۵±۱۰/۲۳ گرم)، افزایش وزن بدن (۰/۵٤±۷/۳۱ گرم)، نرخ رشد روزانه (٤/۰±٥٦/۳٤ درصد)، نرخ رشد ویژه (۲/۰±۱۱/۱۰ درصد/روز) و رشد طولی (۳/۰±۰/۵ سانتی‌متر) در تیمار ۲ درصد لارو سوسک غنی شده با پروبیوتیک پروتسین نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار شاهد (۱/۰±۲۵/۱۷) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ درصد (۰/۰±۸٤/۰۵) بود. هرچند که اختلاف معنی‌داری در درصد بازماندگی بین تیمارهای دریافت‌کننده لارو سوسک گوشت‌خوار غنی‌شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین وجود نداشت (P>۰/۰۵). درخصوص رنگ‌پذیری پوست ماهی در تیمار ۲ درصد کاهش و افزایش معنی‌داری به‌ترتیب درخصوص مولفه روشنایی (L*) و قرمزی (a *) نسبت به سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد مشاهده شد (P<۰/۰۵).

بحث و نتیجه‌گیری: در مجموع، تأثیر سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین به‌ویژه در سطح ۲ درصد خوراک روی شاخص‌های رشد و رنگ پوست ماهی اسکار کاملاً مثبت و معنی‌دار ارزیابی شد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: e.ehsani2@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۰ شهریور ۱٤۰۰؛ تاریخ داوری: ۱۳ مهر ۱٤۰۰؛ تاریخ اصلاح: ۱٦ آذر ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۷ دی ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.326895.2747

مقدمه

تأمین نیازهای تغذیه‌ای ماهیان یکی از ارکان مهم در موفقیت‌آمیز بودن روند پرورش و نگه‌داری ماهیان می‌باشد. ماهیان زینتی در دو مرحله از زندگی شامل تغذیه فعال و بلوغ جنسی احتیاج مبرم به غذای زنده طبیعی در جیره غذایی دارند که ازجمله این غذاهای زنده می‌توان به کرم خاکی (*Lumbricus terrestris*)، کرم سفید (*Lumbrviculus variegates*)، کرم خونی (*Chironomus* sp.)، توبیفیکس (*Tubifix tubifix*)، کرم شیشه‌ای (*Chaoborus crystalinus*) و مگس و لاروهای آن اشاره داشت (۱). در این میان، سوسک گوشت‌خوار (*Tenebrio molitor*) از خانواده سوسک‌های شب‌رو در مرحله لاروری ازجمله غذاهای زنده مورد استفاده در صنعت آبزی پروری است (۲). سوسک گوشت‌خوار دارای فتوتروپیسم منفی بسیار بالایی بوده اما سوسک‌های بالغ فتوتروپیسم مثبت دارند. لاروهای آن از سبزیجات متنوع یا حشرات مرده تغذیه و چندین بار پوست‌اندازی می‌کنند (۳). مرحله لاروی آن ۳ تا ۶ هفته طول کشیده و در این زمان می‌توان از آن‌ها با توجه به کوچک‌بودن اندازه‌بدن و قابلیت تحرک در آب به‌عنوان غذای زنده در راستای ترغیب حس شکارگری بچه‌ماهیان زینتی و همه‌چیزخوار بهره‌برداری نمود. هم‌چنین با توجه‌رژیم همه‌چیزخواری و عدم تغذیه انتخابی این جانور می‌توان از آن به برای انتقال مکمل‌های غذایی به آبزیان استفاده نمود (۴). پروبیوتیک‌ها به‌عنوان مکمل زنده میکروبی تغذیه آبزیان به‌کار می‌رود که با افزایش و بهبود فلور باکتری‌های مفید و ممانعت از رشد باکتری‌های مضر و بیماری‌زا در روده می‌توانند سلامت آبزی مورد نظر (میزبان) را تضمین نماید (۵). اعضای جنس لاکتوباسیلوس‌ها، انتروکوک‌ها، کارنوباکتریوم و بیفیدوباکتریوم از مهم‌ترین باکتری‌های پروبیوتیکی مورد استفاده در صنعت آبزی‌پروری هستند (۶). گزارش شده استفاده از پروبیوتیک‌های چند گونه‌ای به‌عنوان مکمل خوراکی از نظر تنوع بیش‌تر در ترکیبات ضدمیکروبی و چسبندگی بیش‌تر روی مخاط روده، تأثیر بیش‌تری نسبت به پروبیوتیک‌های تک گونه‌ای دارند (۷، ۸). اخیراً نشان داده شده است که مخلوطی از پروبیوتیک‌های *Bacillus* به‌طور قابل توجهی سرعت رشد و وزن بدن را در ماهی نیل (*Oreochromis niloticus*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش داده‌است (۹، ۱۰). پروبیوتیک تجاری پروتکسین که شامل ۷ گونه باکتریایی از قبیل لاکتوباسیلوس، بیفیدوباکتریوم، و انتروکوکوس و دو گونه مخمر و قارچ است. این پروبیوتیک تجاری به صورت انفرادی و مستقیم در جیره غذایی چندین گونه ماهی از جمله ماهی اسکار (۱۱) و ماهی سیبری (۱۲) به‌عنوان بهبود دهنده شاخص‌های رشد به‌اثبات رسیده‌است. تاکنون مصرف توام لارو سوسک گوشت‌خوار همراه با پروبیوتیک تجاری پروتکسین در تغذیه ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) روی هیچ‌یک از شاخص‌های رشد، بقاء، ترکیبات لاشه و رنگ‌پذیری پوست ماهی اسکار مورد مطالعه قرار نگرفته است. لذا تحقیق حاضر برای اولین بار در مورد ماهی اسکار به‌عنوان یکی از ماهیان زینتی تجاری مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۵ تیمار و هرکدام سه تکرار درکارگاه پرورش ماهیان زینتی ناکتا آکواریوم (تهران، ایران) در یک‌دوره ۵۶ روزه انجام شد. در ابتدای آزمایش و به‌منظور سازگاری ماهیان با شرایط جدید پرورشی، تعداد ۳۰۰ عدد ماهی اسکار با میانگین‌وزن‌اولیه ۰/۲± ۳ گرم و طول اولیه ۲/۰±۲/۳ سانتی‌متر در ۱۵ آکواریوم شیشه‌ای به ابعاد ۴۰×۳۰×۳۰ سانتی‌متر (هر آکواریوم شامل ۲۰ عدد ماهی) با شرایط یکسان از نظر حجم آب و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه به‌صورت تصادفی توزیع شدند. اولین غذادهی ماهیان، ۴۸ ساعت پس از جابه‌جایی ماهی‌ها و رفع استرس ناشی از جابه‌جایی ماهیان غذادهی به آن‌ها طی سه وعده در ساعات ۸ صبح، ۱۲ و ۵ عصر ابتدا با جیره پایه صورت گرفت. جیره پایه در این تحقیق خوراک قزل‌آلا رنگین‌کمان بیومار فرانسه شامل مقادیر پروتئین خام ۵۴ درصد، چربی خام ۱۶ درصد و خاکستر ۱۰ درصد بود. در این بررسی دمای آب با استفاده از بخاری‌های A-t100w در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد تنظیم و هوادهی مداوم نیز توسط پمپ‌های At-202 ساخت آلمان صورت گرفت. میزان روشنایی برای تمامی تیمارها ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت خاموشی تنظیم گردید. میانگین شاخص‌های فیزیکی و شیمی آب در طی این دوره پرورش شامل: دما ۰/۵±۲۷ سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۲/۵±۰/۷، pH ۷-۷/۵، سختی آب ۱/۲±۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم، قلیائیت ۱۰±۳۳۰ میلی‌گرم در لیتر بود.

تولید و غنی‌سازی لارو سوسک گوشت‌خوار: تولید لارو سوسک گوشت‌خوار با استفاده از سطوح ۰ (شاهد)، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد مکمل میکروبی پروتکسین به‌مدت ۱۴ روز در ۱۵ ظرف پلاستیکی به‌ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ سانتی‌متر (۵ردیف ۳ تایی) صورت گرفت. مقادیر مکمل‌سازی پروتکسین (شرکت نیکوتک، اکراین) در هر کرت آزمایشی ۱۰۰ عدد کرم به بستر بدون شیار، نرم و یکسان با ضخامت ۵ سانتی‌متر از پودر سبوس گندم به‌عنوان غذای اصلی با جریان آرام هوا ارائه شد. در این تحقیق ثبات دمایی ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با ترکیبی از نور سفید و زرد در تولید لارو سوسک به‌کار رفته شد. لاروهای تولید شده پس از عبور از الک با چشمه‌های ۲ میلی‌متری جمع‌آوری شده و در ظروف

دربسته در یخچال به‌صورت زنده جهت حفظ شرایط کیفی تا قبل از استفاده نگه‌داری شدند. بعد از غنی‌سازی لاروها از نظر ترکیبات تقریبی طبق روش‌های استاندارد (۱۳) مورد سنجش قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱: ترکیبات تقریبی (درصد در وزن خشک) لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با سطوح مختلف پروبیوتیک تجاری پروتکسین برای ۱۴ روز

تیمارها	پروتیئن خام (٪)	چربی خام (٪)	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)
صفر درصد (شاهد)	۵۴/۰۳ ±۰/۹۷ ^{d}	۲۳/۴±۰/۰۲ ^{a}	۹/۰۸±۰/۴۲^{d}	۱۳/۱۶±۰/۱۲^{a}
۰/۵ درصد	۵۴/۸۰±۰/۸۵ ^{cd}	۲۲/۳±۰/۱۵ ^{b}	۹/۷±۰/۸۲^{cd}	۱۲/۸۸±۰/۰۹ ^{a}
۱ درصد	۵۴/۶۳±۰/۳۷ ^{c}	۲۲/۱۸±۰/۲۲ ^{b}	۱۰/۲۳±۰/۲۹^{bc}	۱۲/۹۰±۰/۳۶ ^{a}
۱/۵ درصد	۵۵/۴۲±۰/۵۸ ^{ab}	۲۰/۹۱±۰/۴۹ ^{c}	۱۰/۵۲±۰/۱۵^{b}	۱۳/۰۲ ±۰/۲۶ ^{a}
۲ درصد	۵۶/۰۰±۰/۱۹ ^{a}	۲۰/۴۸±۰/۶۲ ^{c}	۱۱/۴۲±۰/۱۰^{a}	۱۲/۹۷±۰/۱۵ ^{a}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

لاروهای غنی شده با پروتکسین در ۵ سطح آزمایشی به‌صورت مستقیم ۳ بار در روز (ساعات ۸، ۱۲ و ۱۸) به تغذیه ماهی اسکار براساس سیری ظاهری رسیدند. معیار انتخاب غلظت‌های پروبیوتیک پروتکسین براساس تحقیقات قبلی (۱۱، ۱۲) و هم‌چنین توصیه کارخانه تولیدکننده پروبیوتیک بود. در طی دوره، هر روز مدفوع و سایر مواد باقی‌مانده از کف آکواریوم سیفون و حدود ۳۵٪ آب هر آکواریوم با آب هوادهی شده و هم دما تعویض شد.

شاخص‌های رشد و درصد بازماندگی: به‌منظور ارزیابی تأثیر سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین بر شاخص‌های رشد ماهیان اسکار و مقایسه بین تیمارهای مختلف، وزن تمام ماهیان هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول کل با خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر در روز اول و آخر آزمایش اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی، تغذیه ماهیان قطع شده و قبل از زیست‌سنجی ماهیان با پودر گل میخک با غلظت ۳۰ ppm بی‌هوش شدند. در این مطالعه، شاخص‌های رشد ماهیان و درصد بازماندگی طبق روابط زیر محاسبه گردید (۱۱):

- افزایش وزن (گرم):

(وزن ابتدایی برحسب گرم - وزن نهایی برحسب گرم)

- نرخ رشد ویژه (درصد در روز):

{(تعداد روزهای پرورش)/(میانگین وزن اولیه - میانگین وزن ثانویه)}×۱۰۰

نرخ رشد روزانه بر حسب گرم/روز:

{(طول دوره پرورش)/(میانگین وزن اولیه - میانگین وزن نهایی)}

- ضریب تبدیل غذایی:

افزایش‌وزن بدن برحسب گرم/ مقدار غذای‌خورده‌شده برحسب گرم

رشد طولی (سانتی‌متر): (طول نهایی- طول اولیه)

- درصد بازماندگی (درصد):

(تعداد اولیه ماهیان / تعداد ماهیان باقی‌مانده)×۱۰۰

رنگ‌پذیری پوست: برای اندازه‌گیری تغییرات رنگ پوست ماهی ماهیان اسکار تغذیه شده با سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین از روش رنگ سنجی طبق روش توصیه شده توسط Yam و Papakadis استفاده شد (۱۴). این روش مبتنی بر پردازش تصویر گرفته شده توسط دستگاه رنگ سنج HunterLab (ColorFlex Hunterlab, Reston, Virgina, USA) انجام شد. در این روش رنگ براساس سه فاکتور کمی شامل a*، b* و L* می‌باشد. در این معیار مطابق استاندارد، متوسط اعداد به‌دست آمده از نمونه‌های تیمارهای مورد مطالعه از نظر طیف‌های رنگی بروز کرده سبز به سمت قرمز (a*)، آبی به سمت زرد (b*) و روشنایی (L*) مورد سنجش قرار گرفت (۱۵).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way analysis of variance) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Multiple- range test Duncans) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید (P<۰/۰۵). هم‌چنین، با استفاده از آزمون ناپارامتری یو من ویتنی برای مقایسه تیمارها برای رنگ پذیری در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

فاکتورهای رشد و بازماندگی: براساس نتایج رشد، میزان وزن کسب‌شده (۱۰/۰±۵/۲۳ گرم)، افزایش‌وزن بدن (۷/۰±۵۴/۳۱ گرم)، نرخ رشد روزانه (۴/۰±۵۶/۳۴ درصد)، نرخ رشد ویژه (۰/۱۰±۲/۱۱ درصد/روز) ضریب تبدیل غذایی (۰/۰±۸۴/۰۵) و رشد طولی (۰/۵±۳/۵ سانتی‌متر) در تیمار ۲ درصد لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک پروتکسین نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد (P<۰/۰۵). بیش‌ترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار

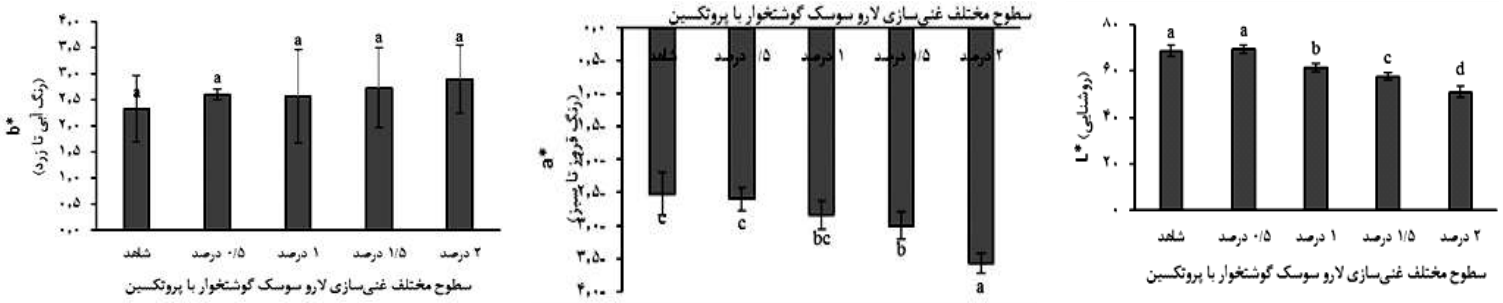
شاهد (۱/۰±۲۵/۱۷) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۲ درصد (۰/۰±۸۴/۰۵) بود. نتایج این بررسی نشان‌داد که اختلاف معنی‌داری در درصد بازماندگی بین تیمارهای دریافت‌کننده لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین وجود ندارد (P>۰/۰۵) هرچند که کم‌ترین درصد بازماندگی مربوط به تیمار ۰/۵ درصد (۹۹/۰±۵/۵) مشاهده شد.

جدول۲: میانگین شاخص‌های رشد و بازماندگی در ماهیان اسکار تغذیه شده با سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین برای ۵۶ روز

شاخص‌های مورد بررسی	تیمارهای مورد مطالعه				
	۰ درصد (شاهد)	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد
وزن اولیه (گرم)	۲/۹۵±۰/۱۸^{a}	۳/۰۰±۰/۰۹^{a}	۳/۰۲±۰/۱۴^{a}	۳/۱۱±۰/۲۰^{a}	۲/۹۶±۰/۱۴^{a}
وزن ثانویه (گرم)	۶/۲۵±۰/۱۶^{d}	۶/۶۰±۰/۳۰^{cd}	۷/۰۱±۰/۳۰^{c}	۸/۲۴±۰/۴۲^{b}	۱۰/۵۰±۰/۲۳^{a}
افزایش وزن (گرم)	۳/۳۰±۰/۳۷^{d}	۳/۶۱±۰/۲۲^{cd}	۳/۹۹±۰/۱۴^{c}	۵/۱۳±۰/۴۶^{b}	۷/۵۴±۰/۳۱^{a}
نرخ رشد روزانه (درصد)	۲/۰۳±۰/۴۱^{e}	۲/۱۵±۰/۰۷^{d}	۲/۳۷±۰/۱۸^{c}	۲/۹۹±۰/۵۵^{b}	۴/۵۶±۰/۳۴^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۱/۴±۰/۱۸^{c}	۱/۴۱±۰/۰۳^{bc}	۱/۴۲±۰/۰۷^{b}	۱/۴۲±۰/۲۰^{b}	۲/۱۱±۰/۱۰^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۵±۰/۱۷^{a}	۱/۱۰±۰/۰۷^{ab}	۰/۹۶±۰/۱۱^{b}	۱/۰۱±۰/۱۰^{b}	۰/۸۴±۰/۰۵^{c}
افزایش طول (سانتی‌متر)	۲/۰±۰/۴^{c}	۲/۱±۰/۹^{bc}	۲/۲±۰/۸^{bc}	۲/۳±۰/۷^{b}	۳/۵±۰/۵^{a}
درصد بازماندگی (درصد)	۱۰۰^{a}	۹۹/۵±۰/۵^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}	۱۰۰^{a}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

تغییر رنگ پوست ماهی اسکار: تغییر رنگ ایجاد شده در پوست ماهی برحسب مؤلفه *L در شکل ۱ نشان داد که در تیمار ۲ درصد کاهش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها به ویژه تیمار شاهد داشته است (P<۰/۰۵) در این بررسی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهدو ۰/۵ درصدمشاهده نشد. روندمشابهی برای‌مؤلفه a* مشاهده شد (شکل ۱). هرچند که نتایج حاصل شده نشان داد که در مؤلفه b* تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایشی وجود ندارد (شکل۱؛ P>۰/۰۵).



شکل ۱: تغییرات رنگ پوست ماهی اسکار تغذیه شده با سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین

حروف غیرهمسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵). آنتنک‌های روی نمودار نشان‌دهنده خطای معیار می‌باشد.

بحث

امروزه ماهیان زینتی از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند ارزش‌مبادلات جهانی ماهیان زینتی به حدود ۳۱۹ میلیون دلار می‌رسد صنعت تکثیر و پرورش ماهیان زینتی همگام با رشد آبزی‌پروری در جهان در حال گسترش می‌باشد (۱۶، ۱۷). استفاده از لارو سوسک گوشت‌خوار به‌دلیل دارا بودن مقادیر بالایی پروتئین و چربی باعث شده تا به‌عنوان یک غذای کامل در جیره موجودات آبزی و غذای زنده در ماهیان آکواریوم مورد توجه قرار گیرد (۱۸). نتایج مربوط به فاکتورهای رشد تیمارهای مختلف تغذیه شده با لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین در انتهای دوره نشان داد که میزان وزن کسب شده، افزایش وزن بدن، نرخ رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و رشد طولی در تیمار ۲ درصد لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک پروتکسین‌نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری دارد. در مطالعه مشابه Cheraghalizade و همکاران، نشان دادند که استفاده از لارو

سوسک گوشت‌خوار به‌میزان ۶ درصد در جیره غذایی، منجر به بهبود شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان شیپ (*Acipenser nudiventris*) شد (۱۹) که هم‌راستا با تحقیق حاضر است. در مطالعات صورت گرفته توسط Newton و همکاران (۲۰) و St-Hilaire و همکاران (۲۱) نیز متعاقب مصرف لارو سوسک گوشت‌خوار اثرات مثبت آن بر شاخص‌های رشد ماهیان پرورشی تائید شده است. در مطالعه Gasco و همکاران، جایگزینی لارو سوسک گوشت‌خوار با آرد ماهی تا سطح ۵۰ درصد در جیره ماهی قزل‌آلا بدون تاثیر منفی روی عملکرد رشد ماهیان توصیه شده است. هم‌چنین Ng و همکاران، نیز استفاده از لارو سوسک گوشت‌خوار به‌عنوان یک منبع پروتئینی مطلوب در جیره غذایی گربه‌ماهی افریقایی (*Clarias gariepinus*) به‌اثبات رسیده است (۲۲). Veldkamp و همکاران، نشان داد که لارو سوسک گوشت‌خوار حاوی ۳۵۰-۵۷۰ گرم در کیلوگرم پروتئین خام بوده (۲۳) و دارای ارزش غذایی بالا و غنی از پروتئین و چربی است (۲۴). لذا بهبود شاخص رشد در ماهی اسکار تغذیه‌شده با لارو سوسک گوشت‌خوار غنی‌شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین را می‌توان به ابقاء هضم و جذب مواد مغذی و پروتئن جیره ربط داد. مشابه با نتایج حاضر اثرات مثبت مکمل پروبیوتیک پروتکسین که شامل گونه‌های لاکتوباسیلوس، بیفیدو باکتریوم، و انتروکوکوس به‌عنوان محرک رشد در ماهیانی از قبیل ماهی اسکار (۱۱) تاس‌ماهی سیبری (۱۲) و ماهی تیلاپیا نیل (۲۵) به‌اثبات رسیده است. تأثیرات مفید پروبیوتیک‌های موجود در مکمل تجاری پروتکسین به‌اختصار شامل فراهم‌نمودن شرایط مناسب دستگاه گوارش در افزایش جذب و هضم مواد غذایی و بهینه‌سازی میزان غذادهی، بالابردن قابلیت‌های سیستم ایمنی ماهی در مواجهه با بیماری‌های عفونی، تعدیل pH دستگاه گوارش در جهت رشد و تکثیر گونه‌های مفید هم‌چون باکتری‌ها اسیدلاکتیکی و لاکتوباسیلوس‌ها) و ابتلای کم‌تر به بیماری‌ها و افزایش رشد و بقا ذکر شده است (۲۶). رنگ بدن موجودات زنده تابع دو عامل ژنتیکی و تغذیه‌ای می‌باشد اما اطلاعات کافی از این که چه موادی و با چه دوزی روی گونه‌ها استفاده شود وجود ندارد و همین موضوع باعث توجه محققان به این موضوع شده است. توجه ویژه درخصوص ضرورت تأمین مواد مفید برای ماهیان زینتی با روش‌های مختلف از قبیل افزودن محرک رشد و یا استفاده از موجوداتی که خود باعث ایجاد رنگ مطلوب در بدن ماهیان می‌شوند در گزارش‌های محققان مختلف دیده می‌شود (۲۷، ۱۴). محققین اعتقاد دارند که با توجه به نقش کاروتنوئیدها در رشد، تحریک ایمنی و رنگ، استفاده از منابع کاروتنوییدی در جیره غذایی آبزیان ضروری است (۲۸) و افزایش سطوح رنگدانه در جیره غذایی موجب افزایش کاروتنوئید در بدن ماهیان می‌گردد (۲۹). در رنگ‌پذیری پوست ماهی اسکار تغذیه شده با لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین برحسب مولفه‌های L^* و a^* در تیمار ۲ درصد نسبت به سایر تیمارها به ویژه تیمار شاهد بهبود داشته است. این نتایج با مطالعات Jeong و همکاران، متعاقب جایگزینی ۴۰ درصدی لارو سوسک گوشت‌خوار با آردماهی در ماهی *Paralichthys olivaceus* (۳۰) و Iaconisi و همکاران، پس از جایگزینی ۲۰ درصدی از لارو سوسک گوشت‌خوار در جیره ماهی *Pagelluhs bogaraveo* (۳۱) هم‌سو است و به مقادیر بالای کاروتنوئید در لارو سوسک گوشت‌خوار مرتبط است. در این بررسی‌ها تاکید شده که معمولاً پارامترهای قرمزی و زردی بهترین همبستگی را با افزایش کاروتنوئید نشان دادند، درحالی‌که پارامتر روشنایی معمولاً همبستگی منفی را افزایش مقادیر خوراکی لارو سوسک گوشت‌خوار دارد. البته فاکتورهای بیولوژیک متعددی سطح رنگ‌پذیری پوست و گوشت آبزیان را تحت تأثیر قرار می‌دهند که شامل سن و اندازه ماهی، رسیدگی جنسی و ژنتیک ماهی و تغذیه می‌باشند (۳۲). با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق و نظر به این‌که ماهی اسکار به عنوان یک ماهی با ارزش زینتی مطرح است، تأثیر سطوح مختلف لارو سوسک گوشت‌خوار غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین به‌ویژه در سطح ۲ درصد روی شاخص‌های رشد و رنگ پوست ماهی اسکار کاملاً مثبت و معنی‌دار ارزیابی شد. به‌طورکلی نتایج مثبت مصرف غذای زنده غنی شده با پروبیوتیک در ماهی اسکار علاوه بر ترغیب حس شکارگری ماهی، موجب توسعه قابلیت هضم و جذب خوراک در ماهی و بهبود کارایی تغذیه و رشد و هم‌چنین رنگ‌پذیری پوست ماهیان گردید. با این‌حال انجام مطالعات تکمیلی جهت تعیین دوز بهینه لارو غنی شده با پروبیوتیک تجاری پروتکسین و بررسی اثرات آن بر فعالیت و عملکرد آنزیم‌های سیستم ایمنی، آنزیم‌های گوارشی و آنتی‌اکسیدانی و تراکم باکتریایی روده ماهی اسکار مفید و ضروری به‌نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تلاش‌ها و زحمات مسئولین محترم آزمایشگاه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تقدیر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1. **DiLauro, M.N., Krise, W.F and, Fynn-Aikins, K., 1998.** Growth and survival of lake sturgeon larvae fed formulated diets. The Progressive fish-culturist. 60(4): 293-296.
2. **Shafique, L., Abdel-Latif, H.M., Hassan, F.U., Alagawany, M., Naiel, M.A., Dawood, M.A. and Liu, Q.,**

2020. The feasibility of using yellow mealworms (*Tenebrio molitor*): Towards a sustainable aquafeed industry. Animals. 11(3): 811.

3. **Cristofoletti, P.T., Ribeiro, A.F. and Terra, W.R., 2005.** The cathepsin L-like proteinases from the midgut of *Tenebrio molitor* larvae: sequence, properties, immunocytochemical localization and function. Insect Biochemistry and Molecular Biology. 35(8): 883-901.
4. **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.
5. **Merrifield, D.L. and Carnevali, O., 2014.** Probiotic modulation of the gut microbiota of fish. Aquaculture nutrition: Gut health, probiotics and prebiotics. 20: 185-222.
6. **Ringø, E., 2020.** Probiotics in shellfish aquaculture. Aquaculture and Fisheries. 5(1): 1-27.
7. **Lahtinen, S.J., Jalonen, L. and Ouwehand, A.C., 2007.** Specific Bifidobacterium strains isolated from elderly subjects inhibit growth of Staphylococcus aureus. Int J Food Microbiol. 117: 125-128. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.02.023
8. **Nayak, S.K., 2010.** Probiotics and immunity: A fish perspective. Fish & Shellfish Immunology. 29(1): 2-14.
9. **Elsabagh, M., Mohamed, R., Moustafa, E.M., Hamza, A., Farrag, F., Decamp, O. and Eltholth, M., 2018.** Assessing the impact of *Bacillus* strains mixture probiotic on water quality, growth performance, blood profile and intestinal morphology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition. 24(6): 1613-1622.
10. **Naraghi, M., Shamsaie Mehrgan, M. and Manouchehri, H., 2022.** Dietary incorporation of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* mixture (DiPro Aqua) Ameliorates growth performance, immune response, and intestinal morphology in rainbow trout. North American Journal of Aquaculture. 84(1): 116-125.
11. **Firouzbakhsh, F., Noori, F., Khalesi, M.K. and Jani-Khalili, K., 2011.** Effects of a probiotic, protexin, on the growth performance and hematological parameters in the Oscar (*Astronotus ocellatus*) fingerlings. Fish Physiology and Biochemistry. 37(4): 833-842.
12. **Zare, R., Kenari, A.A. and Sadati, M.Y., 2021.** Influence of dietary acetic acid, protexin (probiotic), and their combination on growth performance, intestinal microbiota, digestive enzymes, immunological parameters, and fatty acids composition in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Aquaculture International. 29(3): 891-910.
13. **AOAC. 1995.** Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists International. 4nd edition. Arlington, VA, USA. 634 p.
14. **Yam, K.L. and Papadakis, S.E., 2004.** A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. Journal of food engineering. 61(1): 137-142.
15. **Wu, D. and Sun, D.W.,** Colour measurements by computer vision for food quality control–A review. Trends in Food Science & Technology. 29(1): 5-20.
16. **Erdogan, F., Erdogan, M. and Gümüş, E., 2012.** Effects of dietary protein and lipid levels on growth performances of two African cichlids (*Pseudotropheus socolofi* and *Haplochromis ahli*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 12(3).
17. **Darras, A.I., 2020.** Implementation of sustainable practices to ornamental plant cultivation worldwide: A critical review. Agronomy. 10(10): 1570.
18. **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.
19. **Cheraghalizade, L., Shamsaei, M., Yazdani Sadati, M.A., Kamali, A.Gh., Abdollah Tabar, S.Y. and Cheraghalizade, T., 2014.** Effect of Tenebrio molitor larva as a supplementary diet on some growth performances and survival indices in Acipenser nudiventris juveniles. Journal of Fisheries. 8(1): 37-49. (In Persian)
20. **Newton, L.A., Sheppard, C.R., Watson, D.W., Burtle, G.A. and Dove, R.O., 2005.** Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC. 17-18.
21. **St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, W. and Sealey, W., 2007.** Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the world aquaculture society. 38(1): 59-67.
22. **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.
23. **Veldkamp, T., Van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C.M., Ottevanger, E., Bosch, G. and Van Boekel, T., 2012.** Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets: a feasibility study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie. Wageningen UR Livestock Research.
24. **de Lima, J.S., Pittaluga, M.L., de Menezes Lovatto, N., Veiverberg, C.A., Borille, R. and Lazzari, R., 2021.** Mealworm (*Tenebrio molitor*) potencial in fish nutrition: a review. Research, Society and Development. 10(16): e269101623229.
25. **Ahmed, H.A. and Sadek, K.M., 2015.** Impact of dietary supplementation of sodium butyrate and/or protexin on the growth performance, some blood parameters, and immune response of *Oreochromis niloticus*. International Journal of Agriculture Innovations and Research. 3(4): 985-991.
26. **Irianto, A. and Austin, B., 2002.** Probiotics in aquaculture. Journal of fish diseases. 25(11): 633-642.
27. **Goswami, C. and Zade, V.S., 2015.** Effect of Daucus carota and Beta vulgaris on Color of *Anabus testudineus*. Fisheries and Aquaculture Journal. 6(3): 1.
28. **Diler, İ. and Dilek, K., 2002.** Significance of pigmentation and use in aquaculture. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2(1).
29. **Lee, C.R., Pham, M.A. and Lee, S.M., 2010.** Effects of dietary paprika and lipid levels on growth and skin pigmentation of pale chub (*Zacco platypus*). Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 23(6):724-232.
30. **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.
31. **Iaconisi, V., Marono, S., Parisi, G., Gasco, L., Genovese, L., Maricchiolo, G., Bovera, F. and Piccolo, G., 2017.** Dietary inclusion of Tenebrio molitor larvae meal: Effects on growth performance and final quality treats of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). Aquaculture. 476: 49-58.
32. **Torrissen, O.J. and Naevdal, G., 1988.** Pigmentation of salmonids-variation in flesh carotenoids of *Atlantic salmon*. Aquaculture. 68(4): 305-310.