17(2) 79-86, Summer 2025

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

Original Research Paper

Comparison of the effectiveness of the combined diet of concentrated food with gammarus, bloodworm and mixed (gammarus and bloodworm) on growth performance, survival rate, and skin color of white Oscar fish (*Astronotus ocellatus*)

Reza Taati*

Department of Fisheries, Tal.C., Islamic Azad University, Talesh, Iran

Key Words
Oscar fish
Growth Parameters
Gammarus
Chironomid
Skin Color

Abstract

Introduction: The aquarium is one of the most popular human entertainments around the world. Because of shape, color, and behavior, ornamental fish are known as living jewels. The market value of ornamental fish increases with the improvement of skin color. Gammarus is a suitable live food for aquatic animals due to its high amounts of beta-carotene and antioxidants, as well as its ability to retain its nutritional properties in the forms of biomass and dry. Chironomid has a very high nutritional value, so its protein content is 55.7% of dry weight, and it is rich in amino acids. This research was conducted to investigate the effect of the combined diet of concentrated food with gammarus, bloodworm, and mixed (gammarus and bloodworm) on the growth, and skin color of white Oscar fish (*Astronotus ocellatus*) during 45 days.

Materials & Methods: A total number of 84 Oscar fingerlings with an average weight of 7.37±0.09g were randomly distributed in 12 aquariums at a density of 7 fish in each aquarium. After the adaptation of the fish to the new rearing conditions, Oscar fish were fed with four diets including diet: 1- Biomar commercial food; diet 2- 50% Biomar commercial food+50% gammarus; diet 3- 50% Biomar commercial food+50% bloodworm and diet 4- 50% commercial food Biomar+25% gammarus+25% bloodworm (mixed) in triplicate groups. At the end of the experiment, growth indices and skin coloration were measured.

Results: The fish fed mixed diet showed significantly higher final weight, final length, percentage of body weight, average daily growth, and specific growth rate compared to other treatments ($p<0.05$). Also, the lowest food conversion ratio was determined in the mixed diet, and the survival rate was 100% in fish fed the mixed diet and bloodworm, which showed a significant difference with the gammarus treatment ($p<0.05$). The diets containing gammarus, blood worm, and the mixed diet recorded the highest ($p<0.05$) intensity of red color in the skin compared to Biomar diet, respectively. The highest amount of red color belonged to gammarus.

Conclusion: According to the obtained results, the animal sources of carotenoid can affect the growth and skin color of white Oscar fish.

***** Corresponding Author's email: r.taati@gmail.com
Received: 12 December 2023; Reviewed: 15 January 2024; Revised: 16 March 2024; Accepted: 15 April 2024
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.10

مقاله پژوهشی

مقایسه اثر بخشی جیره ترکیبی غذای کنسانتره با گاماروس، کرم خونی و مخلوط (گاماروس و کرم خونی) بر عملکرد رشد، نرخ زنده‌مانی و رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronotus ocellatus*)

رضا طاعتی*

گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران

کلمات کلیدی

ماهی اسکار
پارامترهای رشد
گاماروس
شیرونومید
رنگ پوست

چکیده

مقدمه: ماهیان زینتی به‌دلیل شکل، رنگ و رفتار، به‌عنوان جواهرات زنده شناخته می‌شوند. ارزش‌بازاری ماهیان‌زینتی با بهبود رنگ پوست افزایش می‌یابد. گاماروس به‌دلیل داشتن مقادیر بالای بتاکاروتن و آنتی‌اکسیدان و نیز توانایی در حفظ خواص تغذیه‌ای خود به‌صورت زی‌توده و خشک، غذای زنده مناسبی برای آبزیان است. شیرونومید ارزش غذایی بسیار بالایی داشته و محتوای پروتئین آن ۵۵/۷ درصد بوده و سرشار از اسیدهای آمینه است. این تحقیق به‌منظور مقایسه اثربخشی جیره ترکیبی غذای کنسانتره با گاماروس، کرم خونی و مخلوط (گاماروس و کرم خونی) بر رشد و رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronotus ocellatus*) به‌مدت ٤٥ روز اجرا شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ٨٤ عدد بچه‌ماهی اسکار با میانگین وزنی ۰/۰۹±۷/۳۷ گرم به‌طور تصادفی در ۱۲ آکواریوم با تراکم ۷ عدد در هر آکواریوم توزیع شدند. پس از سازگاری ماهیان با شرایط جدید پرورشی، ماهیان اسکار با چهار جیره شامل: جیره ۱- غذای تجاری بیومار، جیره ۲- ۵۰ درصد غذای تجاری بیومار+۵۰ درصد گاماروس، جیره۳- ۵۰ درصد غذای تجاری بیومار+۵۰ درصد کرم خونی و جیره ٤- ۵۰ درصد غذای تجاری بیومار+۲۵ درصد گاماروس+۲۵ درصد کرم خونی (مخلوط) با ۳ تکرار تغذیه شدند. در پایان آزمایش، اندازه‌گیری شاخص‌های رشد و سنجش رنگ پوست انجام شد.

نتایج: بیش‌ترین وزن نهایی، طول نهایی، درصد افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه و شاخص رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با جیره مخلوط مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها داشتند ($p<0/05$). هم‌چنین، کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در جیره مخلوط تعیین گردید. نرخ زنده‌مانی در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مخلوط و کرم خونی ۱۰۰ درصد بود که اختلاف معنی‌داری را با تیمار گاماروس نشان داد ($p<0/05$). جیره‌های حاوی گاماروس، کرم خونی و جیره مخلوط به‌ترتیب بیش‌ترین ($p<0/05$) شدت رنگ قرمز را در پوست در قیاس با جیره بیومار ثبت نمودند. بیش‌ترین میزان رنگ قرمز متعلق به گاماروس بود.

بحث و نتیجه‌گیری: برطبق نتایج به‌دست آمده، منابع جانوری کاروتنوئید قادرند بر رشد و رنگ پوست ماهی اسکار سفید تاثیرگذار باشند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: r.taati@gmail.com

تاریخ دریافت: ۲۱ آذر ۱۴۰۲ ؛ تاریخ داوری: ۲۵ی ۱۴۰۲؛ تاریخ اصلاح۲۶ اسفند ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش۲۷ فروردین ۱۴۰۳
(DOI):10.70102/AEJ.2025.17.2.10

مقدمه

یکی از محبوب‌ترین سرگرمی‌های بشر در سراسر جهان آکواریوم می‌باشد. ماهیان زینتی به دلیل شکل، رنگ و رفتارشان به عنوان جواهرات زنده شناخته می‌شوند. آن‌ها صلح‌جو بوده و رنگ‌های جذابی دارند. صنعت پرورش ماهیان زینتی آب‌شیرین و شور رو به رشد بوده و بازاریابی این ماهیان درآمد ارزی شایانی را برای کشورهای جنوب شرقی آسیا به‌وجود آورده است (۱). به‌طوری‌که ارزش این تجارت پرسود بالغ بر ۳۳۷ میلیون دلار در سال برآورد شده است (۲). در صنعت ماهیان زینتی، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها دست‌یابی به رنگ طبیعی ماهی در شرایط پرورشی است چراکه رنگ‌های جذاب و ظاهر زیبای ماهیان باعث افزایش میل خرید در طرفداران ماهیان تزئینی می‌گردد. افزودن رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی به جیره غذایی باعث می‌شود که ماهیان هم از لحاظ بدنی مقاوم و هم از لحاظ رنگ برای خریداران بسیار قشنگ به نظر آمده و پرورش‌دهندگان در مدت زمان کوتاهی بتواند ماهیان خود را با ظاهری جذاب به بازار عرضه نموده و هزینه تولید را کاهش دهند (۳). ارزش بازارپسندی ماهیان زینتی با بهبود رنگ پوست افزایش می‌یابد. رنگ ماهیان توسط سیستم عصبی آندوکرینی کنترل گردیده و به‌وجود کروماتوفور که شامل رنگدانه‌های رنگی است، وابسته می‌باشد. رنگدانه‌ها در ماهیان متنوع بوده که در این میان، کاروتنوئیدها پرکاربردترین منبع برای تغییر رنگ پوست به حساب می‌آیند. آن‌ها در سلول‌های کروماتوفور ماهی ذخیره شده و با سوخت و ساز سلولی در طیف‌های رنگی گوناگون به پوست و سایر بافت‌های بدن منتقل می‌شوند (۴). از نقش‌های کلیدی کاروتنوئیدها می‌توان به افزایش رشد و تولیدمثل، تقویت سیستم ایمنی، افزایش ماندگاری لاروهای حاصل از مولدین تغذیه شده با رنگدانه و کاهش استرس اکسیداتیو اشاره نمود (۵). یکی از جنبه‌های مهم پرورش آبزیان تغذیه است. با تغذیه اصولی و اقتصادی آبزی‌پروران به‌دنبال افزایش میزان رشد، ارتقاء سطح ایمنی و افزایش بازماندگی بوده که این مساله به‌معنای سود اقتصادی است (۶). گاماروس (رش) از راسته ناجورپایان بوده که با تغذیه از مواد آلی و بقایای اجساد موجودات به پالایش محیط‌زیست کمک می‌کند. در رودخانه‌ها، چشمه‌ها و آب‌های شور یافت می‌شوند. گاماروس به خاطر داشتن مقادیر بالای بتاکاروتن و آنتی‌اکسیدان و هم‌چنین توانایی نگه‌داری خواص غذایی به‌صورت زی‌توده و خشک غذای زنده خوبی برای ماهیان به شمار می‌آید (۷). ترکیبات پروتئین، چربی، خاکستر و مقادیر چشمگیر کاروتنوئید در بدن آنان، باتوجه به نوسانات و شرایط زیستی در فصول مختلف تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد که به‌میزان و شدت تغذیه آنان از غذای موجود در محیط بستگی دارد (۸). در گاماروس غلظت کاروتنوئید ۱۷ میلی‌گرم در وزن خشک (۹) و حدود ۲۰٪ بالاتر از کرم خونی بوده و قابلیت هضم آن تقریباً ۳ برابر بیش‌تر از کرم خونی است (۱۰). لارو شیرونومید به کرم خونی معروف بوده و در بوم سازگان‌های آب شیرین و دریایی پراکنش وسیعی دارد. مرحله لاروی فعال‌ترین مرحله متابولیکی زندگی آن بوده‌و نسبت به استرس و آلودگی‌های زیست‌محیطی از خود واکنش بروز می‌دهد. شیرونومید ارزش غذایی بسیار بالایی داشته به‌طوری‌که میزان پروتئین آن ۵۵/۷ درصد وزن خشک بوده و غنی از اسیدهای آمینه می‌باشد (۱۱). بعضی از این لارو حشرات گیاه‌خوار بوده و جلبک‌ها را فیلتر می‌کنند. برخی پوده‌خوارند و از بقایای مواد پوسیده تغذیه کرده و عده‌ای هم شکارچی بوده و از لاروها تغذیه می‌نمایند (۱۲، ۱۳). ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) از خانواده سیچلاید ماهیان آب شیرین و یکی از باارزش‌ترین و پرطرف‌دارترین گونه‌های زینتی می‌باشد. این ماهی به‌دلیل ظاهر منحصر به‌فرد، رفتار جنگنده و تنوع رنگی از بازارپسندی بالایی در میان پرورش‌دهندگان و علاقمندان ماهیان آکواریومی برخوردار می‌باشد. ماهی اسکار جهت تغذیه متکی به ماهیان گوشت‌خوار، کرم‌ها، نرم‌تنان، سخت‌پوستان و حشرات بوده و در شرایط اسارت، از غذاهای کنسانتره خاص ماهیان گوشت‌خوار تغذیه می‌نماید (۱۴). کاربرد منابع طبیعی کاروتنوئیدها از قبیل هویچ و فلفل دلمه قرمز (۱۵)، جلبک دونالیلا سالینا (۱۶)، زردچوبه (۱۷، ۱۸) و جلبک اسپیرولینا (۱۸، ۱۹، ۲۰) در ماهی اسکار، گاماروس در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۲۱)، ماهی طلایی (*Carassius auratus*) (۲۲)، سیچلاید جواهر (*Hemichromis bimaculatus*) (۲۳) و سیچلاید سرقرمز (*Paraneetroplus synspilus*) (۲۴) مورد بررسی محققان قرار گرفته است. هدف از بررسی حاضر، مقایسه اثر بخشی جیره ترکیبی غذای کنسانتره با گاماروس، کرم خونی و مخلوط (گاماروس و کرم خونی) بر رشد، زنده‌مانی و رنگ پوست ماهی اسکار سفید است.

مواد و روش‌ها

ماهیان و تیماربندی آزمایش: این مطالعه در کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان زینتی هامون (کرج، ایران) اجرا شد. تعداد ۱۲ عدد آکواریوم مستطیلی شکل با ابعاد ۲۵×۴۰×۸۰ سانتی‌متر و با حجم آبگیری ۶۵ لیتر مورد استفاده قرار گرفتند. آکواریوم‌ها در محیط بسته مستقر شده و جهت جلوگیری از آلودگی و بیماری، به‌وسیله مواد ضدعفونی‌کننده تمیز شدند. آب آکواریوم‌ها از آب شهر کلرزدایی شده (ذخیره‌سازی و هوادهی آب در مخزن روباز به‌مدت ۲۴ ساعت) تأمین گردید. هر آکواریوم به یک عدد فیلتر جهت جذب مواد دفعی

و باقی‌مانده غذا، یک عدد بخاری ترموستات‌دار جهت تنظیم دما و یک عدد سنگ هوا متصل به دستگاه هواده مجهز شد. دوره نوری به صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی تنظیم گردید. فرایند سازگاری ماهیان با جیره پایه (شرکت بیومار، فرانسه) بدون رنگدانه، به‌قطر ۰/۵ میلی‌متر و حاوی ۵۳/۵٪ پروتئین، ۱۹/۷٪ چربی، ۱۰/۱٪ خاکستر، ۶/۸٪ رطوبت، ۰/۲٪ فیبر و ۹/۷٪ عصاره عاری از ازت به مدت یک هفته انجام گرفت (۲۵). پس از طی دوره سازگاری و زیست‌سنجی (اندازه‌گیری وزن و طول‌کل) تمام جمعیت و تعیین زی‌توده، تعداد ۸۴ عدد ماهی اسکار هم‌سن و حاصل تکثیر یک جفت مولد، با میانگین وزنی ۷/۳۷±۰/۰۹ گرم به ۱۲ آکواریوم با تراکم ۷ عدد ماهی معرفی شدند. تعداد چهار تیمار شامل تیمار اول: غذای تجاری بیومار، تیمار دوم: ۵۰٪ غذای تجاری بیومار+۵۰٪ گاماروس، تیمار سوم: ۵۰٪ غذای تجاری بیومار+۵۰٪ کرم خونی و تیمار چهارم: ۵۰٪ غذای تجاری بیومار+ ۲۵٪ کرم خونی+ ۲۵٪ گاماروس (مخلوط) انتخاب و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد.

فرایند غذادهی و سنجش فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب: گاماروس و کرم‌خونی خشک شده از شرکت ماهیران (ایران) تهیه گردید. غذاهای زنده خشک شده به‌صورت پودری و جداگانه (بدون ترکیب با جیره بیومار) با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و با نسبت‌های مشخص شده در تیمارهای مذکور به ماهیان داده شدند. غذادهی به‌صورت دستی و در حد سیری و در ۳ نوبت (۹ صبح، ۱۴ عصر و ۱۹ غروب) به‌مدت ۴۵ روز صورت گرفت. جهت کنترل زی‌توده هر آکواریوم، بعد از ۱۵روز ماهیان هر تیمار با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و با دقت میلی‌متر طول‌کل اندازه‌گیری شد. قبل از زیست‌سنجی، ماهیان اسکار به‌مدت یک روز گرسنه مانده تا لوله گوارش به‌طور کامل خالی گردد. پس از آخرین نوبت غذایی، روزانه همه آکواریوم‌ها جهت حذف غذای خورده نشده و فضولات سیفون شدند. اندازه‌گیری دما و اکسیژن محلول با استفاده از اکسی متر دیجیتال به‌صورت روزانه و pH با استفاده از pH متر دیجیتال به طور هفتگی انجام گرفت (جدول ۱).

جدول ۱: میانگین مقادیر دما، اکسیژن و pH آب طی دوره پرورش

پارامتر	مقادیر
دما	۲۶/۸۲±۱/۳۶ درجه سانتی‌گراد
اکسیژن محلول	۷/۶۹±۰/۹۱ میلی‌گرم در لیتر
pH	۷/۳۲ ±۰/۵۳

ارزیابی عملکرد رشد: شاخص‌های رشد با استفاده از فرمول‌های ریاضی ذیل مورد محاسبه قرار گرفتند (۲۶):

ضریب چاقی = وزن (گرم) / طول کل (سانتی‌متر)^3 ×۱۰۰

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

درصد افزایش وزن بدن = [(میانگین وزن اولیه (گرم)/(میانگین وزن اولیه (گرم)- میانگین وزن نهایی (گرم))] ×۱۰۰

نرخ رشد ویژه = [(لگاریتم نپرین میانگین وزن اولیه(گرم)- لگاریتم نپرین میانگین وزن نهایی(گرم))/دوره پرورش (روز)] ×۱۰۰

نرخ زنده‌مانی = (تعداد ماهیان در پایان دوره/ تعداد ماهیان در ابتدای دوره) ×۱۰۰

میانگین رشد روزانه = [(میانگین وزن اولیه (گرم)- میانگین وزن نهایی (گرم))/دوره پرورش (روز)] ×۱۰۰

سنجش رنگ‌پذیری پوست: در پایان آزمایش، سنجش میزان رنگ‌پذیری پوست ماهیان اسکار اجرا گردید. ابتدا، ۳ قطعه ماهی از هر تیمار با پودر گل میخک بی‌هوش شدند. آن‌گاه، از یک جعبه با پوشش داخلی سیاه و مجهز به لامپ فلورسنت ۲۰ وات و دوربین دیجیتال کانن برای تصویربرداری استفاده گردید. از فاصله ۳۰ سانتی‌متری و از سمت (پهلو) چپ ماهی عکس‌برداری انجام شد. بهترین مکان و نقطه مشترک برای اندازه‌گیری شدت رنگ نژادهای گوناگون ماهی اسکار، ساقه دمی و خال دمی می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل عکس‌های گرفته‌شده نرم‌افزار فتوشاپ CS5 Extended v12.0 به‌کار رفت. این نرم‌افزار بر پایه سه مؤلفه L, b, a ویژگی‌های کیفی رنگ را به کمی تبدیل می‌نماید. مؤلفه رنگی a از رنگ سبز تا قرمز، مؤلفه رنگی b از رنگ آبی تا زرد و مؤلفه L برای حالت تاریک و روشن (دامنه بین ۰ تا ۱۰۰) می‌باشند (۲۷).

سنجش آماری: داده‌های به دست آمده از بررسی حاضر با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ به‌صورت طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در ابتدا، آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای کنترل نرمال بودن داده‌ها و آزمون لِوِن جهت ارزیابی همگنی گروه‌ها استفاده شدند. با عنایت به همگن بودن داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه برای مشخص کردن اختلاف میانگین بین تیمارهای تغذیه‌ای و از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار ارایه شدند.

نتایج

جدول ۲ مقایسه نتایج شاخص‌های رشد را در ماهیان اسکار تغذیه شده با تیمارهای مختلف غذایی نشان می‌دهد. بیش‌ترین وزن

نهایی، طول نهایی، درصد افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه و شاخص رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با جیره مخلوط مشاهده شدند که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای غذایی حاوی گاماروس و کرم خونی داشتند (p<۰/۰۵). هم‌چنین، کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در همین تیمار ثبت گردید (p<۰/۰۵). ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مخلوط و کرم خونی نرخ زنده‌مانی ۱۰۰٪ را نشان دادند که اختلاف معنی‌داری را با ماهیان تغذیه شده با گاماروس داشت (p<۰/۰۵). اختلاف معنی‌داری در فاکتور ضریب چاقی بین تیمارهای غذایی رؤیت نشد.

جدول ۲: مقایسه شاخص‌های رشد ماهیان اسکار در تیمارهای مختلف غذایی

شاخص‌های رشد	تیمارهای غذایی			
	بیومار	گاماروس	کرم خونی	مخلوط (گاماروس+کرم خونی)
وزن اولیه (گرم)	۷/۳۴±۰/۱۴^{a}	۷/۳۱±۰/۰۴^{a}	۷/۴۰±۰/۳۶^{a}	۷/۳۷ ±۰/۰۴^{a}
وزن نهایی (گرم)	۱۶/۶۳±۱/۵۷^{ab}	۱۴/۲۳±۱/۳۵^{a}	۱۵/۳۳ ±۰/۹۱^{a}	۱۸/۴۷ ±۰/۹۳^{b}
طول کل نهایی (سانتی‌متر)	۱۰/۱۲ ±۰/۴۸^{ab}	۹/۵۴±۰/۴۳^{a}	۹/۸۶ ±۰/۱۶^{a}	۱۰/۵۸ ±۰/۲۴^{b}
افزایش وزن بدن (درصد)	۱۲۶/۶۷±۲۳/۱۰^{ab}	۹۴/۵۷±۱۸/۹۹^{a}	۱۰۲/۵۰±۱۴/۳۸^{a}	۱۵۰/۶۴ ±۱۴/۱۰^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۰۳±۰/۲۶^{ab}	۱/۶۵±۰/۲۴^{a}	۱/۷۶ ±۰/۱۷^{a}	۲/۲۹ ±۰/۱۳^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۰۶±۰/۲۸^{ab}	۱/۹۰±۰/۳۴^{ab}	۲/۲۷ ±۰/۲۸^{b}	۱/۶۳ ±۰/۱۵^{a}
میانگین رشد روزانه (گرم در روز)	۳/۱۶±۰/۵۸^{ab}	۲/۳۶±۰/۴۷^{a}	۲/۵۶ ±۰/۳۶^{a}	۳/۷۶ ±۰/۳۴^{b}
ضریب چاقی (درصد)	۱/۶۰±۰/۱۲^{a}	۱/۶۴±۰/۰۷^{a}	۱/۵۷ ±۰/۰۴^{a}	۱/۵۶ ±۰/۰۴^{a}
نرخ زنده‌مانی (درصد)	۹۵/۳۳ ±۸/۰۸^{b}	۸۶/۰۰±۰/۰۰^{a}	۱۰۰^{b}	۱۰۰^{b}

اعداد (میانگین ± انحراف معیار) با حروف متفاوت در هر ردیف اختلاف معنی‌دار آماری دارند (p<۰/۰۵).

نتایج مؤلفه‌های رنگی پوست ماهیان اسکار در جدول ۳ ارایه شده است. بالاترین میزان روشنایی متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره بیومار بود که اختلاف معنی‌داری را با ماهیان تغذیه شده با گاماروس نشان داد (p<۰/۰۵). ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی گاماروس، کرم خونی و جیره مخلوط دارای بیش‌ترین (p<۰/۰۵) شدت رنگ قرمز در پوست بوده که تفاوت معنی‌داری را با ماهیان تغذیه شده با بیومار ثبت نمودند که در این بین بیش‌ترین میزان ثبت شده رنگ قرمز متعلق به گاماروس بود. در همین راستا، میزان رنگ زرد در پوست ماهیان تغذیه شده با گاماروس، کرم خونی و جیره مخلوط در قیاس با پوست ماهیان تغذیه شده با بیومار بالاتر بود (اشکال ۱ تا ۴).

جدول ۳: مقایسه مؤلفه‌های رنگی پوست ماهیان اسکار در تیمارهای مختلف غذایی

مؤلفه‌های رنگی	تیمارهای غذایی			
	بیومار	گاماروس	کرم خونی	مخلوط (گاماروس+کرم خونی)
روشنایی L	۶۰/۲±۳۳/۵۱^{b}	۵۱/۲±۳۳/۰۸^{a}	۵۵/۶±۶۶/۶۵^{ab}	۵۲/۳±۶۶/۵۱^{ab}
رنگ قرمز a	۶/۲±۶۶/۵۱^{a}	۵۵/۵±۶۶/۵۰^{b}	۴۹/۸±۰۰/۷۱^{b}	۵۰/۲±۳۳/۰۸^{b}
رنگ زرد b	۳۵/۸±۰۰/۷۱^{a}	۵۷/۷±۰۰/۹۳^{b}	۵۶/۵±۳۳/۵۰^{b}	۶۱/۳±۰۰/۶۰^{b}

اعداد (میانگین ± انحراف معیار) با حروف متفاوت در هر ردیف اختلاف معنی‌دار آماری دارند (p<۰/۰۵).

شکل ۱: ماهی اسکار تغذیه شده با جیره بیومار

شکل۲: ماهی اسکار تغذیه شده با جیره کرم خونی

شکل۳: ماهی اسکار تغذیه شده با جیره مخلوط

شکل۴: ماهی اسکار تغذیه شده با جیره گاماروس

بحث

کاروتنوئیدها به‌عنوان رنگدانه در جیره ماهیان آزاد، سخت‌پوستان، ماهیان زینتی و سایر ماهیان پرورشی به‌کار برده می‌شوند. به‌طورکلی، مصرف‌کنندگان رنگ ماهی را به ارزش غذایی، تازگی و طعم خوراک مرتبط دانسته و از این‌رو به یک عامل مهم در بازاریابی محصولات آبزیان تبدیل شده است (۲). اثر منابع کارتنوئیدی از نقطه‌نظر رنگدانه و بروز رنگ اختصاص به هر گونه دارد. ماهیان قادر به تولید کاروتنوئید نبوده و در نتیجه، در شرایط پرورشی کاروتنوئیدها باید به شکل مکمل غذایی مورد بهره‌برداری قرار گیرند (۲۸، ۲۹). استفاده از منابع جانوری و گیاهی کاروتنوئید در ماهیان گوناگون به دلیل طبیعی‌بودن، قیمت مناسب، دسترسی راحت و عملکرد مطلوب‌تر نسبت به رنگدانه‌های مصنوعی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در بررسی حاضر، ماهیان تغذیه شده با جیره مخلوط بیش‌ترین وزن نهایی، طول نهایی، درصد افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه و شاخص رشد ویژه را نشان دادند که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها داشتند. در موافقت با تحقیق حاضر، کاربرد گاماروس به صورت انفرادی و در ترکیب با جیره بیومار در ماهی سیچلاید جواهر نشان داد که گاماروس به تنهایی تاثیری بر رشد نداشته ولی به صورت ترکیب با بیومار سبب بهبود رشد شده است (۲۳). از طرف دیگر، کاربرد کاروتنوئیدهای طبیعی نظیر گاماروس و گل همیشه بهار در ماهی سیچلاید سرقرمز مشخص کرد که بهترین عملکرد رشد و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی به‌ترتیب در ماهیان تغذیه شده با گل همیشه بهار و گاماروس مشاهده شد (۲۴). در بررسی دیگر، Nazari و همکاران با کاربرد کورکومین موجود در زردچوبه به‌عنوان ماده دارای کاروتنوئید در جیره غذایی ماهی اسکار ثابت نمودند که این ترکیب در سطح ۵ گرم باعث بهبود رشد شده است (۱۷). در راستای مطالعه پیش‌رو، Hamrang Omshi و همکاران اذعان کردند که ماهیان اسکار ببری تغذیه شده با زردچوبه عملکرد رشد بهتر و میزان ضریب تبدیل غذایی پایین‌تری نسبت به ماهیان تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا داشتند (۱۸). بر طبق اظهارات Amar و همکاران آستازانتین از قابلیت جذب و تجمع بالاتری در ماهیان در قیاس با سایر کارتنوئیدها برخوردار بوده و افزودن ترکیبات حاوی آستازانتین به جیره غذایی در بهبود فاکتورهای رشد موثر بوده (۳۰) و علت آن را می‌توان به تشدید فرایند سوخت و ساز، تسریع هضم، ارتقاء کارآیی جیره و در نهایت دوره انباشت رنگدانه‌های مصنوعی و طبیعی مرتبط دانست (۳). کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تحقیق حاضر در ماهیان تغذیه شده با جیره مخلوط حاوی گاماروس و کرم خونی ثبت گردید. پایین بودن ضریب تبدیل غذایی یکی از فاکتورهای مقرون به‌صرفه در پرورش آبزیان به شمار آمده و نشانه قابلیت هضم خوب جیره و کارآیی آن می‌باشد. کیفیت غذا، پارامترهای محیطی (دما و اکسیژن محلول)، مدیریت تغذیه و سلامت ماهی بر ضریب تبدیل غذایی تاثیرگذارند (۳۱). رنگ پوست یکی از مهم‌ترین عواملی است که ارزش زیبایی‌شناختی و در نتیجه ارزش بازاری ماهیان زینتی را تعیین می‌کند. با افزایش تغذیه ماهیان از غذاهای حاوی رنگدانه، شدت رنگ پوست ازدیاد می یابد. رنگ‌پذیری ماهیان به پارامترهای زیستی، غلظت رنگدانه و طول مدت غذادهی با رنگدانه وابسته می‌باشد (۳۲). در تحقیق حاضر، جیره‌های حاوی گاماروس، کرم خونی و جیره مخلوط به‌ترتیب بالاترین شدت رنگ قرمز و زرد را در پوست ماهیان اسکار ایجاد کردند. رنگدانه‌های طبیعی در قیاس با آستازانتین به‌عنوان رنگدانه مصنوعی اثرات مفید و قابل قبولی را در رشد، ایمنی و رنگ‌پذیری دارند. با تعیین دوزهای مناسب و نیز تهیه راحت آن‌ها می‌توان به کاهش هزینه‌های تولید کمک کرد. نتایج مشابهی توسط محققین در مطالعات گذشته گزارش شده است. Azimi و همکاران اعلام نمودند که تاثیر رنگدانه‌های طبیعی در فلفل دلمه‌ای قرمز و گوجه‌فرنگی سبب تغییر رنگ ماهی فلاورهورن (*Chiclasoma* sp.) شده است. شدت پذیرش رنگ با فلفل دلمه‌ای قرمز افزایش معنی‌داری داشت. تاکید شد که این ماهی قادر است بتاکاروتن

موجود در فلفل دلمه‌ای را به آستازانتین تبدیل و در بدن ذخیره نماید (۳۳). در مطالعه‌ای دیگر، چغندر قرمز در سطح ۱۰ گرم پراکنش رنگی بیش تری را در قیاس با روناس در پوست فرشته ماهی سفید (*Pterophyllum scalare*) ایجاد نمود (۳۴). در آزمایش دیگر، Nozad و همکاران ثابت کردند که شدت رنگ قرمز در بالای سرپوش آبششی و زیر باله سینه‌ای ماهی سیچلاید سرقرمز به‌ترتیب توسط گاماروس و گل همیشه بهار ایجاد شده است (۲۴). در همین راستا، رنگ پذیری بالا در ماهی اسکار سفید با کاربرد کورکومین موجود در زردچوبه در سطح ۱۵ گرم گزارش گردید (۱۷). یکی از کارکردهای رنگدانه‌ها تقویت سیستم ایمنی و افزایش زنده‌مانی است. Yesilayer و همکاران در بررسی مقایسه گاماروس با فلفل قرمز در ماهی طلایی به این نتیجه رسیدند که اختلاف معنی‌داری در رشد مشاهده نشد و درصد زنده‌مانی در ماهیان تغذیه شده با گاماروس به طور معنی‌داری بالاتر بود (۲۲). البته این نتایج در تضاد با تحقیق حاضر بوده که در آن نرخ زنده‌مانی در گاماروس کم ترین و در تیمارهای کرم خونی و جیره ترکیبی ۱۰۰ درصد بود. علت را می‌توان به داشتن پوسته کیتینی در گاماروس دانست که باعث کاهش قابلیت هضم و جذب مواد مغذی و به‌دنبال آن افت کارآیی تغذیه شده و در نتیجه کاهش رشد را به‌همراه داشت (۳۵، ۳۶، ۳۷). با این وجود، به دلیل بالابودن میزان ذخایر کاروتنوئید در گاماروس، این تیمار توانست رنگ پذیری شدیدتری را نسبت به بقیه تیمارها ایجاد نماید. از این رو، به‌دلیل ارزان و در دسترس بودن آن و تاثیری که بر رنگ پوست ماهی اسکار نسبت به غذاهای بدون رنگدانه می‌گذارد، می‌تواند به صورت تناوبی در کارگاه‌های تکثیر و پرورش ماهیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. رنگدانه‌های طبیعی مورد استفاده در مطالعات گذشته با توجه به نوع گونه، مدت زمان تغذیه، منبع رنگدانه و میزان سطح مصرف شده رنگدانه متغیر بوده لیکن باتوجه به یافته‌های به دست آمده می‌توانند باعث رنگ‌پذیری در ماهیان شوند به شکلی که بتوان آن‌ها را جایگزینی شایسته برای رنگدانه‌های مصنوعی دانست. استفاده از گاماروس، کرم خونی و جیره حاصل از مخلوط این دو به عنوان کاروتنوئید طبیعی جانوری در تحقیق حاضر نشان داد که پارامترهای رشد و رنگ پوست ماهی اسکار سفید کاملاً متأثر از هر دو منبع رنگدانه بوده و افزودن رنگدانه به غذای ماهیان زینتی یک اصل غیرقابل انکار می‌باشد. بنابراین استفاده از رنگدانه های طبیعی جانوری توصیه می شود.

منابع

1. **Sirajudheen, T.K., Shyam, S.S., Bijukumar, A. and Bindu A., 2014.** Problems and prospects of marine ornamental fish trade in Kerala, India. J Fish Econ Dev. XV(1): 14-30.
2. **Bisht, M., Kumar, A. and Kumar Shah, T., 2023.** Effect of spirulina powder (*Arthrospira platensis*) as a dietary additives ornamental guppy, *Poecilia reticulata:* growth performance, survival and skin coloration. Aquac Stud. 23(2): AQUAST931. https://doi.org/10.4194/AQUAST931
3. **Kop, A. and Durmaz, Y., 2008.** The effect of synthetic and natural pigments on the color of the cichlids (*Cichlasoma severum*). Aquac Int. 16(2): 117-122. https://doi.org/10.1007/s10499-007-9130-1
4. **Das, A.P. and Biswas, S.P., 2016.** Carotenoids and pigmentation in ornamental fish. J Aquac Mar Biol. 4(4): 12-14. https://doi.org/10.15406/jamb.2016.04.00093
5. **Sefc, K.M., Brown, A.C. and Clotfelter, E.D., 2014.** Carotenoid-based coloration in cichlid fishes. Com Biochem Physiol A: Mol Integr Physiol. 173: 42-51. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.03.006
6. **Hardy, R.W. and Barrows, F.T.** Diet formulation and manufacture. In: Halver, J.E. and Hardy, R.W., 2002. editors. Fish Nutrition. 3rd ed. San Diego, CA, USA: Academic Press Inc. 505-600. https://doi.org/10.1016/B978-012319652-1/50010-0
7. **Harlioğlu, M.M. and Farhadi, A., 2018.** Importance of *Gammarus* in aquaculture. Aquac Int. 26: 1327-1338. https://doi.org/10.1007/s10499-018-0287-6
8. **Correia, A.D., Costa, M.H., Luis, O.J. and Livingstone, D.R., 2003.** Age–related changes in antioxidant enzyme activities, fatty acid composition and lipid peroxidation in whole body *Gammarus locusta* (Crustacean, Amphipoda). J Exp Mar Bio Ecol. 289: 83-101. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(03)00040-6
9. **Alavi Yeganeh, M.S., Abedian, A.M. and Rezaii, M., 2008.** Effect of gammarus powder as a supplementary diet on growth and survival of rainbow trout larvae (*Oncorhynchus mykiss*). Pajouhesh and Sazandegi. 77: 113-123. (In Persian)
10. **Fallahi, R., Saeedi, H. and Izadian, M., 2010.** Study of optimum bed to keep *Chironomus* sp. and *Gammarus fasciatus* in vitro. Journal of Animal Environment. 2(2): 79-74. (In Persian)
11. **Bogut, I., Has-Schon, E., Adamek, Z., Rajkovic, V. and Galovic. D., 2007.** *Chironumus plumosus* larvae-a suitable nutrient for freshwater farmed fish. Poljoprivreda. 13: 159-162.
12. **Armitage, P., 1995.** Chironomidae as food. In: Armitage, P., Cranston, P. and Pinder, C., 1995. Editors. The

23. **Adhami, B., Sakineh Yeganeh, S. Sara, S. and Jafari Kenari, S.S., 2017.** Influence of Caspian gammarus on growth parameters, survival and serum biochemical factors in jewel fish (*Hemichromis bimaculatus*). J Exp Anim Biol. 5(3): 31-37. (In Persian)

24. **Nozad, A., Taati, R. and Abolghasemi, S.J., 2017.** Comparative efficiency of natural (gammarus and marigold) and synthetic (astaxanthin) carotenoids on growth indices, skin color and blood of redhead cichlid (*Paraneetroplus synspilus*). Journal of Animal Environment. 9(2): 199-206. (In Persian)

25. **AOAC. 2016.** Official Methods of Analysis. 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

26. **Luo, G., Xu, J., Teng, Y., Ding, C. and Yan, B., 2010.** Effects of dietary lipid levels on the growth, digestive enzyme, feed utilization and fatty acid composition of Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) reared in freshwater. Aquac Res. 41(2): 210-219. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02319.x

27. **Yasir, I. and Qin, J.G., 2010.** Effect of dietary carotenoids on skin color and pigments of false clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier. J World Aquac Soc. 41(3): 308-318. https://doi.org/10.1111/anu.12887

28. **Maoka, T., 2020.** Carotenoids as natural functional pigments. J Nat Med. 74: 1-16. https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x

29. **Sathyaruban, S., Uluwaduge, D.I., Yohi, S. and Kuganathan, S., 2021.** Potential natural carotenoid sources for the colouration of ornamental fish: a review. Aquac Int. 29: 1507-1528. https://doi.org/10.1007/s10499-021-00689-3

30. **Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T., 2001.** Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquac Res. 32: 162-173. https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00051.x

31. **Barrows, F.T., Gaylord, T.G., Sealey, W.M., Porter, L. and Smith, C.E., 2008.** The effect of vitamin premix in extruded plant-based and fish meal-based diets on growth efficiency and health of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 283(1-4): 148-155. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.014

32. **Kop, A., Durmaz, Y. and Hekimoglu, M., 2010.** Effect of natural pigment sources on the colouration of cichlid (*Cichlasoma severum* sp. Heckel, 1840). J Anim Vet Adv. 9: 566-569. https://doi.org/10.1111/are.14868

33. **Azimi, A. Taghizadeh, V. and Imanpour, M.R., 2014.** The effect of natural (Red bell pepper and Tomato) pigments on the variability in color of flower horn (*Cichlasoma* sp.). Journal of Animal Environment. 6(1): 19-24. (In Persian)

Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges. Melbourne, Australia: Chapman and Hall. 423-435. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0715-0

13. **Sahandi, J., 2011.** Natural food production for aquaculture: cultivation and nutrition of Chironomid larvae (Insecta, Diptera). AES Bioflux. 3(3): 268-271.

14. **Yilmaz, A. and Arslan, D., 2013.** Oscar (*Astronotus ocellatus* Agassiz, 1831). Üretimi Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 6(2): 51-55. (In Turkish)

15. **Ghiasvand, Z. and Shapouri, M., 2006.** The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the albino Oscar (*Astronotus ocellatus* sp., Agassiz, 1831). Mar Biol. 1(3): 78-85. (In Persian)

16. **Mashalchi, M., Alishahi, M., Javaheri Baboli, M. and Hejazi, M.A., 2010.** Comparison between the effects of astaxanthin and *Dunaliella salina* on coloration and immune response of *Astronorus ocellatus*. J Mar Biol. 2(6): 75-83. (In Persian)

17. **Nazari, R., Sajjadi, M.M. and Falahatkar, B., 2018.** The effects of different levels of dietary curcumin on growth performance and skin color of Oscar fish *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831). Journal of Animal Environment. 10(4): 415-422. (In Persian)

18. **Hamrang Omshi, A., Bahri, A., Khara, H., Mohammadizadeh, F. and Hassaniniya, A., 2019.** Comparing effects of astaxanthin, turmeric and *Spirulina platensis* on growth, immunological parameters and coloration in white Oscar, *Astronotus ocellatus*. J Aquat Anim Nutr. 4(2): 65-78. (In Persian)

19. **Nosrati Movafagh, A., Keramat Amirkolaei, A. and Oraji, H., 2019.** Effect of different levels of Spirulina meal on growth performance, survival feed efficiency, body composition and apparent digestibility in Oscar fish (*Astronotus ocellatus*). J Aquac Dev. 13(3):119-133. (In Persian)

20. **Mohammadiazarm, H, Maniat, M., Ghorbanijezeh, K. and Ghotbeddin, N., 2021.** Effects of spirulina powder (*Spirulina platensis*) as a dietary additive on Oscar fish, *Astronotus ocellatus*: Assessing growth performance, body composition, digestive enzyme activity, immune-biochemical parameters, blood indices and total pigmentation. Aquac Nutr. 27(1):252-260. https://doi.org/10.1111/anu.13182

21. **Erdem, M.E., Yesilayer, N. and Kaba, N., 2009.** Effects of organic and synthetic carotenoids on the sensory quality and chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Anim Vet Adv. 8(1): 33-38. https://doi.org/javaa.2009.33.38

22. **Yesilayer, N. Aral, O., Karsli, Z., Öz, M., Karaçuha, A. and Yağci, F., 2011.** The effects of different carotenoid sources on skin pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*). Isr J Aquacu–Bamidgeh. 63: 523-532. https://doi.org/10.46989/001c.20594

34. **Ahmadi, A. and Zamini, A., 2016.** The effect of natural pigment of *Beta vulgaris* and madder *Rubia tinctorum* on skin tonality and index of growth of white angel fish *Pterophyllum scalare*. J Exp Anim Biol. 4(3): 53-60. (In Persian)

35. **Krogdahl, A., Hemre, G.I. and Mommsen, T.P., 2005.** Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in post larval stages. Aquac Nutr. 11: 103-122. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00327.x

36. **Olsen, R.E., Sountama, J., Langmyhr, E., Mundheim, H., RingØ, E., Melle, W., Malde, M.K. and Hemre, G., 2006.** The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquac Nutr. 12: 280-290. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00400.x

37. **Suontama, J., Karlsen, Ø., Moren, M., Hemre, G.I., Melle, W., Langmyhr, E., Mundheim, H., RingØ, E. and Olsen, R.E., 2007.** Growth, feed conversion and chemical composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed diets supplemented with krill or amphipods. Aquac Nutr. 13: 241-255. https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00466.x