CC BY

مقاله مروری:

نقش کارتنوئیدها در تغذیه، فیزیولوژی، تولیدمثل و رنگ‌پذیری ماهیان زینتی

رضا نهاوندی[۱]، سجاد پورمظفر*[۲]، سعید تمدنی جهرمی[۲]، سوشیانس نورایی[۳]

*sajjad5550@gmail.com

۱-موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران
۳- دانشجوی ایمنی شناسی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۴

چکیده

کارتنوئیدها از مهم‌ترین ترکیبات زیست‌فعال مورد استفاده در تغذیه ماهیان زینتی به شمار می‌روند و نقش کلیدی در کیفیت رنگ، سلامت و عملکرد زیستی این آبزیان ایفا می‌کنند. از آنجا که ماهیان توانایی سنتز *de novo* کارتنوئیدها را ندارند، این ترکیبات باید از طریق جیره غذایی تأمین شوند. کارتنوئیدها علاوه بر ایجاد طیف رنگی زرد، نارنجی و قرمز در پوست، فلس و بافت‌های مختلف، به‌عنوان پیش‌ساز ویتامین A و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مؤثر در تنظیم بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک عمل می‌کنند.
مطالعات متعدد نشان داده‌اند که استفاده از منابع طبیعی کارتنوئیدی نظیر ریزجلبک‌ها، گیاهان، مخمرها و سخت‌پوستان می‌تواند موجب بهبود رشد، افزایش بازده غذایی، تقویت سیستم ایمنی، ارتقای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها و استرس‌های محیطی شود. همچنین تجمع و انتقال کارتنوئیدها به بافت‌های تولیدمثلی و تخم‌ها، کیفیت تخم، نرخ تفریخ، بقای لاروها و مقاومت جنین را در برابر شرایط نامساعد محیطی بهبود می‌بخشد.
اگرچه رنگدانه‌های مصنوعی در برخی موارد اثرات سریع‌تری بر رنگ‌پذیری دارند، اما منابع طبیعی کارتنوئیدها به دلیل دارا بودن سایر ترکیبات زیست‌فعال و ریزمغذی‌ها، از نظر ارزش تغذیه‌ای و زیستی مزایای بیشتری ارائه می‌دهند. این مقاله مروری به بررسی نقش کارتنوئیدها در تغذیه، فیزیولوژی، تولیدمثل و رنگ‌پذیری ماهیان زینتی پرداخته و کاربردها، محدودیت‌ها و چشم‌اندازهای آینده استفاده از این ترکیبات در صنعت آبزیان زینتی را مورد بحث قرار می‌دهد.

کلمات کلیدی: کارتنوئیدها، ماهیان زینتی، رنگ‌پذیری، تغذیه آبزیان، تولیدمثل، آنتی‌اکسیدان‌ها، سیستم ایمنی، سلامت آبزیان

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

مقدمه

آبزی‌پروری زینتی یکی از بخش‌های رو به رشد و پر رونق در صنعت شیلات جهانی است که ارزش اقتصادی آن سالانه میلیاردها دلار برآورد می‌شود. صنعت آبزی‌پروری زینتی، یکی از بخش‌های پویا و در حال گسترش در تجارت جهانی حیوانات خانگی است (Tomas *et al*., 2020). در این صنعت، رنگ به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت و تعیین‌کننده قیمت بازار برای ماهیان زینتی شناخته می‌شود. جذابیت بصری ماهیان که مستقیماً بر تصمیم خریدار تأثیر می‌گذارد، عمدتاً به‌وسیله سلول‌های رنگدانه در پوست تعیین می‌شود (Monica and Swamy, 2022). ارزش اقتصادی ماهیان زینتی، برخلاف ماهیان خوراکی که براساس وزن زیست‌توده سنجیده می‌شود به‌شدت وابسته به ویژگی‌های ظاهری به‌ویژه رنگ پوست، درخشندگی، سلامت باله‌ها و شادابی کلی، است. در این میان، رنگدانه ها به عنوان عامل اصلی ایجاد تنوع رنگی، نقشی غیرقابل انکار در تعیین قیمت و بازارپسندی این موجودات ایفاء می‌کنند. در میان گروه‌های مختلف رنگدانه، کارتنوئیدها به عنوان مهم‌ترین گروه رنگدانه‌های طبیعی محلول در چربی، توجه محققان و پرورش‌دهندگان را به‌خود جلب کرده‌اند (Ninwichian *et al*., 2020). کارتنوئیدها ترکیباتی آلی از دسته ترپنوئیدها هستند که ساختار شیمیایی آنها معمولاً شامل زنجیره‌های طولانی polyene با پیوندهای دوگانه مزدوج است. این ساختار شیمیایی منحصربه‌فرد به آنها اجازه می‌دهد تا نور را در طول موج‌های خاصی جذب کرده و رنگ‌هایی در طیف زرد، نارنجی و قرمز ایجاد کنند (Del *et al*., 2013). بیش از ۷۵۰ نوع کارتنوئید در طبیعت شناسایی شده است که به دو دسته کلی کاروتن‌ها (بتاکاروتن و لیکوپن که فاقد اکسیژن هستند) و زانتوفیل‌ها (آستاگزانتین، لوتئین و زآگزانتین که حاوی اکسیژن هستند)، تقسیم می‌شوند.

نکته بسیار حائز اهمیت در بیولوژی ماهیان این است که مانند سایر حیوانات، ماهیان قادر به سنتز کارتنوئیدها نیستند. بنابراین، رنگ‌پذیری پوست و عضلات در آنها مستقیماً به وجود این رنگدانه‌ها در جیره غذایی وابسته است (Khymdeit *et al*., 2024). در اکوسیستم‌های طبیعی، زنجیره غذایی غنی از جلبک‌ها، فیتوپلانکتون‌ها و سخت‌پوستان کوچک، نیاز رنگدانه‌ای ماهیان را تأمین می‌کند. اما در محیط‌های محصور آکواریومی و سیستم‌های پرورش متراکم، عدم دسترسی به این منابع طبیعی منجر به پدیده‌ای به نام "سندرم محو شدگی رنگ" می‌شود که نه‌تنها زیبایی ماهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد بلکه نشانه کمبودهای تغذیه‌ای نیز است (Murniasih *et al*., 2023).

فراتر از نقش ظاهری، کارتنوئیدها کارکردهای فیزیولوژیک حیاتی دارند. آنها پیش‌ساز ویتامین A هستند که برای بینایی، رشد سلولی و تمایز بافتی ضروری است. همچنین به عنوان آنتی‌اکسیدان‌های قوی، با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS)و گونه‌های فعال نیتروژن، از سلول‌ها در برابر استرس اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Andriani *et al*., 2020). این نقش حفاظتی در سیستم ایمنی، منجر به مقاومت در برابر بیماری‌ها و بهبود پاسخ‌های ایمنی می‌شود.

اثرات کارتنوئیدها بر رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای

رشد سریع‌تر و ضریب تبدیل غذایی (FCR) پایین‌تر، مستقیماً سودآوری مزارع پرورش ماهیان زینتی را افزایش می‌دهد. اگر کارتنوئید بتوانند علاوه بر رنگ، رشد را نیز بهبود بخشند، ارزش افزوده دوچندانی خواهند داشت. نگرانی عمده‌ای که در گذشته وجود داشت، این بود که افزودن منابع فیبری گیاهی (حاوی کارتنوئید) ممکن است به دلیل وجود عوامل ضدتغذیه‌ای یا قابلیت هضم پایین، بر رشد ماهی اثر منفی بگذارد. با این‌حال، اهمیت این بخش در اثبات نقش متابولیک کارتنوئیدهاست. کارتنوئیدها به عنوان پیش‌ساز رتینوئیدها، مسیرهای سلولی مرتبط با رشد سوماتیک را فعال می‌کنند به‌طوری‌که ویتامین A حاصل از متابولیسم کارتنوئیدها، در سنتز گلیکوپروتئین‌ها و رشد استخوانی نقش دارد (Biswas *et al*., 2023). Wagde و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر منابع بتاکاروتن طبیعی (پودر هویج و اسفناج) را بر شاخص‌های رشد دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*) بررسی کردند. در این آزمایش که با سطوح مختلف مکمل‌سازی انجام شد، بالاترین نرخ رشد ویژه (SGR) در تیمار تغذیه شده با هویج مشاهده شد. محققان گزارش دادند که ترکیبات زیست‌فعال موجود در هویج ممکن است به هضم بهتر مواد مغذی کمک کرده باشد. در مطالعه Ali (۲۰۲۴) تأثیر منابع بتاکاروتن طبیعی (پودر هویج و گوجه و چغندر) بر شاخص‌های رشد ماهی بارب نقره‌ای (*Barbonymus gonionotus*) بررسی گردید. نتایج آزمایش نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی پودر هویج، بالاترین وزن نهایی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

و بهترین ضریب تبدیل غذایی را نسبت به گروه شاهد و سایر تیمارها (گوجه و چغندر) داشتند. این بهبود رشد به نقش بتا-کاروتن در متابولیسم و استفاده بهتر از مواد مغذی نسبت داده شد. در مطالعه Rana و همکاران (۲۰۲۳) از ماهی دم‌شمشیری (*X. helleri*) با وزن اولیه حدود ۳/۳ گرم استفاده گردید. طراحی آزمایش شامل ۴ تیمار غذایی (شاهد، گل رز چینی، گل جعفری و هویج) با سطح جایگزینی ۱۵ گرم در ۱۰۰ گرم غذا به مدت ۸ هفته بود. نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده با گل جعفری و هویج نه‌تنها کاهش رشد نداشتند بلکه وزن نهایی و افزایش وزن بدن آنها به طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود. به‌علاوه، ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمارهای گیاهی بهبود یافت. در مورد منابع گیاهی مانند گل جعفری، وجود فیبر در حد متعادل می‌تواند سلامت روده را بهبود بخشیده و جذب مواد مغذی را افزایش دهد.

علاوه‌براین، برخی منابع طبیعی کارتنوئید (سخت‌پوستان)، خود منبع غنی از پروتئین و اسیدهای چرب هستند که می‌توانند کیفیت کلی جیره را ارتقاء دهند. در مطالعه‌ای اثر تغذیه با آرتمیای غنی‌شده با کارتنوئید بر لاروهای ماهی *Badis badis* بررسی شد. سطوح غنی‌سازی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود. نتایج حاکی از همبستگی مثبت بین سطح کارتنوئید و رشد بود به‌طوری‌که ماهیان تغذیه شده با سطح ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر، وزن نهایی ۳۳۵ میلی‌گرم را در مقایسه با ۲۱۰ میلی‌گرم در گروه شاهد ثبت کردند (Biswas *et al*., 2023). در مطالعه‌ای دیگر، اثر آستاگزانتین مصنوعی را با چهار منبع طبیعی (زرده تخم‌مرغ، پوست میگو، کوپه‌پود و تخم حلزون) در دلقک‌ماهی (*Amphiprion ocellaris*) مقایسه گردید. لاروهای با وزن ۰/۵۴ گرم به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای حاوی کوپه‌پود و پوست میگو دارای بهترین عملکرد رشد و کارایی تغذیه بودند. تیمار کوپه‌پود با نرخ رشد ویژه ۱/۳۴٪ در روز، عملکرد بهتری نسبت به آستاگزانتین مصنوعی داشت. کوپه‌پود و پوست میگو حاوی پروتئین‌های با قابلیت هضم بالا و اسیدهای چرب غیراشباع (HUFA) هستند که مستقیماً انرژی رشد را تأمین می‌کنند (Tran *et al*., 2025).

نقش کارتنوئیدها در فیزیولوژی، شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و ایمنی

محیط‌های بسته آکواریومی همواره با نوسانات کیفیت آب، تراکم بالا و استرس‌های دستکاری همراه هستند که منجر به تولید رادیکال‌های آزاد و استرس اکسیداتیو در ماهیان می‌شود. سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهی شامل آنزیم‌هایی نظیر سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و کاتالاز (CAT) است. کارتنوئیدها به دلیل داشتن پیوندهای دوگانه متعدد، از توانایی به دام انداختن الکترون‌های جفت‌نشده برخوردارند. تقویت سیستم ایمنی غیراختصاصی و کاهش آسیب‌های بافتی ناشی از اکسیداسیون لیپیدها، از ضرورت‌های استفاده از این مکمل‌ها است (Biswas *et al*., 2023). Abdollahi و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر آرتمیای غنی‌شده با بتا-کاروتن استخراجی از جلبک *Dunaliella salina* را بر پاسخ‌های ایمنی مخاطی ماهی پلاتی (*Xiphophorus maculatus*) بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تغذیه با آرتمیای غنی‌شده به طور معنی‌داری سطوح لیزوزیم، ایمونوگلوبولین کل و فعالیت آلکالین فسفاتاز را در موکوس پوست افزایش داد. همچنین بتا-کاروتن با خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و محافظت از غشاهای سلولی، عملکرد سیستم ایمنی را بهبود می‌بخشد. در مطالعه Biswas و همکاران (۲۰۲۳) فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (SOD, CAT) در کبد و بافت ماهی بادیس آبی (*Badis badis*) اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که سطح فعالیت این آنزیم‌ها در ماهیان تغذیه شده با بالاترین دوز کارتنوئید (۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر) به طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود. این افزایش فعالیت آنزیمی همبستگی مستقیمی با نرخ بازماندگی لاروها داشت. همچنین پروفایل اسیدهای چرب بدن ماهی بهبود یافت که نشان‌دهنده حفاظت از لیپیدها در برابر اکسیداسیون بود. در مطالعه Rana و همکاران (۲۰۲۳) در تیمارهای تغذیه شده با گل جعفری و رز چینی، تلفات ماهی دم‌شمشیری (*X. helleri*) به حداقل رسید. آنها این پدیده را به اثر هم‌افزایی بین کارتنوئیدها و سایر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در گیاه (فلاونوئیدها و ویتامین C) نسبت دادند. در مطالعه Tran و همکاران (۲۰۲۵) نرخ بازماندگی در دلقک‌ماهی (*Amphiprion ocellaris*) بررسی گردید. تیمارهای تغذیه شده با کوپه‌پود و پوست میگو نرخ بازماندگی ۱۰۰٪ را ثبت کردند درحالی‌که در گروه شاهد تلفات مشاهده شد. همچنین آستاگزانتین طبیعی با

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

تقویت سیستم ایمنی غیراختصاصی، مقاومت لاروها را در برابر عوامل بیماری‌زا فرصت‌طلب افزایش داد.

کارتنوئیدها نقشی فراتر از رنگدانه دارند و به عنوان تنظیم‌کننده‌های ایمنی عمل می‌کنند. افزایش سطح آنزیم‌های SOD و CAT در مطالعه Biswas و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که کارتنوئیدها مکانیسم‌های دفاعی سلولی را در سطح مولکولی فعال می‌کنند. نکته مهم در این مطالعات، برتری نسبی منابع طبیعی کارتنوئیدی نسبت به رنگدانه مصنوعی در بقاء ماهیان است که احتمالاً به دلیل وجود ریزمغذی‌های همراه در بافت‌های طبیعی است که جذب و کارایی کارتنوئید را افزایش می‌دهند. در نتیجه، استفاده از این منابع باعث تولید ماهیانی مقاوم‌تر در برابر استرس‌ها و تغییرات محیطی می‌شود.

نقش کارتنوئیدها در تولیدمثل و تکثیر

تولیدمثل موفقیت‌آمیز در ماهیان زینتی، ضامن بقاء نسل و سودآوری مراکز تکثیر است. اگرچه نقش کارتنوئیدها در رنگ‌دهی آشکار است، اما نقش آنها در بیولوژی تولیدمثل بسیار حیاتی است. در فصل تولیدمثل، مکانیزم‌های فیزیولوژیک ماهی باعث انتقال ذخایر کارتنوئید از بافت‌های عضلانی و کبد به سمت گنادها (تخمدان‌ها) می‌شود. این پدیده که گاهی باعث کاهش رنگ پوست والدین در فصل تخم‌ریزی می‌شود، نشان‌دهنده اولویت بیولوژیک حفاظت از نسل است (Biswas *et al*., 2023). کارتنوئیدها به‌ویژه آستاگزانتین و بتاکاروتن، در تخم ماهیان تجمع می‌یابند که از دو جنبه دارای اهمیت است:

۱- حفاظت آنتی‌اکسیدانی: تخم‌ها و لاروهای تازه تفریخ شده به‌شدت در برابر اشعه UV و رادیکال‌های آزاد حساس هستند. کارتنوئیدها به عنوان سپری در برابر این آسیب‌ها عمل می‌کنند و مانع از تخریب DNA و غشای سلولی جنین می‌شوند.

۲- جذب اسپرم و لقاح: وجود رنگدانه در تخم می‌تواند به عنوان نشانگر شیمیایی برای جذب اسپرم عمل کند یا کیفیت سیال تخمدانی را بهبود بخشد (Biswas *et al*., 2023). در برخی گونه‌ها مانند گلدفیش و کوی، توانایی تبدیل لوتئین و زآگزانتین به آستاگزانتین (رنگدانه قرمز اصلی) وجود دارد که این فرآیند متابولیک برای تولیدمثل و رنگ‌پذیری تخم‌ها حیاتی است. همچنین کیفیت اسپرم در ماهیان نر نیز می‌تواند تحت تأثیر سطوح آنتی‌اکسیدانی کارتنوئیدها قرار گیرد، زیرا غشاء اسپرم سرشار از اسیدهای چرب غیراشباع است که به‌شدت در معرض اکسیداسیون هستند. حفاظت کارتنوئیدها از این غشاها می‌تواند تحرک و قدرت باروری اسپرم را حفظ کند (Das and Biswas, 2016). در مطالعه Biswas و همکاران (۲۰۲۳) اثرات تغذیه والدین و لاروها ماهی بادیس آبی (*B. badis*) با آرتمیای غنی‌شده بر کیفیت لارو بررسی شد. لاروهای حاصل از چرخه‌های تغذیه‌ای غنی از کارتنوئید، دارای وزن بالاتر و نرخ بازماندگی بیشتری بودند. در این پژوهش، افزایش دوز کارتنوئید تا ۱۲۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به تولید لاروهایی شد که مقاومت بالاتری در برابر استرس‌های محیطی داشتند. همچنین Murniasih و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی ماهی رنگین‌کمان (*Melanotaenia ajamaruensis*)، تفاوت‌های جنسیتی در جذب رنگدانه را گزارش کردند. ماهیان نر پاسخ شدیدتری به مکمل‌های رنگدانه دادند. نرهایی که رنگ‌های درخشان‌تری دارند، در جلب نظر ماده‌ها موفق‌ترند. بنابراین، بهبود رنگ در نرها مستقیماً شانس جفت‌گیری و موفقیت تولیدمثلی را در محیط‌های طبیعی و آکواریومی افزایش می‌دهد. در پژوهش Tran و همکاران (۲۰۲۵) بر دلقک‌ماهی (*A. ocellaris*)، استفاده از منابعی مانند تخم حلزون سیب به عنوان منبع کارتنوئید مورد آزمایش قرار گرفت. تخم حلزون خود از مواد مغذی ضروری برای جنین است. نتایج نشان داد که استفاده از این منابع طبیعی منجر به تولید بچه ماهیانی با بدنی قوی‌تر و رنگ‌بندی سریع‌تر شد. در بحث تولیدمثل، "کیفیت زاده‌ها " مهم‌ترین شاخص موفقیت است. بازماندگی ۱۰۰ درصدی در تیمارهای تغذیه شده با منابع سخت‌پوستان (پوست میگو و کوپه‌پود)، نشان‌دهنده تأمین کامل نیازهای تغذیه‌ای دوران لاروی است که مرحله بحرانی تکثیر محسوب می‌شود.

بر اساس شواهد موجود می‌توان نتیجه گرفت که کارتنوئیدها عامل مهمی در تکثیر موفق هستند. اگرچه مطالعات حاضر مستقیماً شاخص‌هایی مانند "درصد لقاح" را گزارش نکرده‌اند، اما شاخص‌های بازماندگی لارو (Biswas *et al*., 2023) و سلامت لارو (Tran *et al*., 2025) به‌وضوح نشان می‌دهد که مکمل‌های غذایی حاوی کارتنوئید در جیره مولدین، عملکرد تکثیر ماهیان زینتی را بهبود می‌بخشد. مکانیسم اصلی، انتقال ذخایر آنتی‌اکسیدانی به زرده و حفاظت از جنین در برابر استرس‌های محیطی است. همچنین تقویت رنگ ثانویه جنسی در نرها، رفتار تولیدمثلی را تسهیل می‌کند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

اثر کارتنوئیدها بر رنگ‌پذیری پوست

رنگ‌پذیری پوست مهم‌ترین شاخص اقتصادی در تجارت ماهیان زینتی است. مکانیسم رنگ‌پذیری شامل جذب کارتنوئیدها در دستگاه گوارش، انتقال آنها از طریق جریان خون (معمولاً متصل به لیپوپروتئین‌ها) و در نهایت رسوب در کروماتوفورهای پوست (به‌ویژه زانتوفورها و اریتروفورها) است. از آن‌جایی‌که ماهیان در اسارت دسترسی به منابع طبیعی رنگدانه ندارند، پدیده محو شدن رنگ در صورت عدم تغذیه مناسب رخ می‌دهد که منجر به کاهش شدید ارزش بازاری می‌شود. بنابراین، شناسایی منابع طبیعی که بتوانند جایگزین رنگدانه‌های مصنوعی گران‌قیمت شوند و پایداری رنگ را تضمین کنند، ضروری است. در مطالعه Kopecky (۲۰۱۵) کارایی آستاگزانتین و بتاکاروتن در ماهی گورامی بوسه‌زن (*Helostoma temminckii*)، مقایسه گردید. ارزیابی رنگ با استفاده از مقیاس رنگ در طول ۱۲ هفته انجام شد. نتایج نشان داد که آستاگزانتین سریع‌تر عمل می‌کند؛ اولین تغییر رنگ در هفته چهارم مشاهده شد درحالی‌که در گروه شاهد تغییر خاصی تا هفته ششم رخ نداد. آستاگزانتین منجر به ایجاد رنگ قرمز ملایم تا هفته دهم شد که نشان‌دهنده قدرت رسوب‌گذاری بالاتر زانتوفیل‌ها نسبت به کاروتن‌ها در پوست این گونه است. در مطالعه Gouveia و همکاران (۲۰۰۲) اثر بیومس ریزجلبک‌های *Chlorella vulgaris*، *Haematococcus pluvialis* و *Arthrospira maxima* (اسپیرولینا) در ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*) و کپور (*Cyprinus carpio*) بررسی گردید. آزمایش شامل ۵ گروه و دوره ۱۰ هفته‌ای بود. نتایج نشان داد که برای کپور و گلدفیش، جلبک *C.vulgaris* مؤثرترین منبع برای افزایش محتوای کارتنوئید کل پوست بود، حتی مؤثرتر از آستاگزانتین مصنوعی. در مطالعه Khymdeit و همکاران (۲۰۲۴) اقدام به استفاده از منابع ارزان قیمت کارتنوئید شامل پودر چغندر، هویج و اسپیرولینا در ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*) گردید. نتایج نشان داد که رنگدانه‌های موجود در چغندر (بتالائین‌ها به همراه کارتنوئیدها) و هویج به‌خوبی در پوست و عضله ماهی ذخیره شدند. تیمار هویج باعث ایجاد رنگ نارنجی شفاف شد. این مطالعه ثابت کرد که برای گونه‌های زنده‌زا، منابع گیاهی ساده می‌توانند جایگزین غذاهای رنگدانه دار گران شوند.

در مطالعه Murniasih و همکاران (۲۰۲۳) از روش "مشاهده میکروسکوپی" برای شمارش کروماتوفورها در ماهی رنگین‌کمان (*Melanotaenia ajamaruensis*) استفاده گردید. آنها دریافتند که مکمل‌سازی با لوتئین و آستاگزانتین باعث افزایش تراکم سلول‌های رنگدانه در واحد سطح پوست و باله می‌شود. همچنین آنها تفاوت معنی‌داری بین دو جنس قائل شدند؛ نرها استعداد ژنتیکی بیشتری برای ذخیره کارتنوئید در بافت‌های پوستی داشتند. در مطالعه Andriani و همکاران (۲۰۲۰) بر ماهی لوچ دلقک یا بوتیا (*Chromobotia macracanthus*) از کرم توبیفکس به همراه پودر هویج به عنوان منبع کارتنوئیدی استفاده شد. از آن‌جایی‌که کارتنوئیدها محلول در چربی هستند، چربی موجود در کرم توبیفکس به عنوان حامل عمل کرده و جذب بتاکاروتن هویج را تسهیل نمود. نتایج نشان داد که ترکیب ۴۰٪ توبیفکس و ۶٪ هویج بیشترین رنگ را در این ماهی نشان داد.

نتایج نشان می‌دهد که منبع کارتنوئید و حمل‌کننده آن دو عامل کلیدی در تغییر رنگ هستند. آستاگزانتین (منبع دریایی/مصنوعی) معمولاً رنگ‌های قرمز تندتری ایجاد می‌کند (Kopecky, 2015)درحالی‌که منابع گیاهی (هویج) برای طیف‌های زرد-نارنجی مؤثرند (Khymdeit *et al*., 2024). شایان ذکر است، چربی در جیره نقش مهمی در جذب کارتنوئیدها ایفاء می‌کند. بدون وجود چربی کافی، جذب کارتنوئیدهای گیاهی ناقص خواهد بود. همچنین زمان بهبود رنگدانه ماهی ناشی از استفاده کارتنوئیدها معمولاً ۸-۴ هفته است که باید در برنامه‌ریزی پرورشی لحاظ گردد (Andriani *et al*., 2020).

نتیجه‌گیری

کارتنوئیدها اجزاء ضروری و چندمنظوره در جیره غذایی ماهیان زینتی هستند. نتایج این مطالعه مروری را می‌توان در محورهای ذیل خلاصه کرد:

۱. رشد و تغذیه: برخلاف نگرانی‌ها در مورد اثرات منفی فیبر گیاهی، تمامی مطالعات بررسی شده نشان دادند که استفاده از این منابع در سطوح مناسب، منجر به بهبود شاخص‌های رشد و ضریب تبدیل غذایی می‌شود.

۲. ایمنی و سلامت: کارتنوئیدها به‌ویژه بتا-کاروتن، نقش مهمی در تقویت سیستم ایمنی موکوس پوست (افزایش لیزوزیم و ایمونوگلوبولین) و خون دارند. آنها به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند و مقاومت ماهی را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهند.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

۳. تولیدمثل: انتقال کارتنوئیدها از مادر به تخم، بقاء و کیفیت لاروها را افزایش می‌دهد و مدیریت سطح این رنگدانه‌ها در جیره مولدین برای جلوگیری از افت کیفیت رنگ بدن و تضمین موفقیت تکثیر ضروری است.

۴. رنگ‌پذیری: منابع طبیعی مانند ریزجلبک‌ها (*Chlorella* و *Spirulina*)، اسفناج، هویج و چغندر به طور مؤثری می‌توانند رنگ پوست را در ماهیان زینتی (گلدفیش، دم شمشیری و گوپی)، بهبود بخشند. این منابع حاوی رنگدانه‌های متنوعی هستند که با توجه به توانایی متابولیک گونه ماهی، جذب و در پوست رسوب می‌کنند.

منابع

Abdollahi, Y., Ahmadifard, N., Agh, N., Rahmanifarah, K. and Hejazi, M.A., 2019 .β-Carotene-enriched *Artemia* as a natural carotenoid improved skin pigmentation and enhanced the mucus immune responses of platyfish (*Xiphophorus maculatus*). *Aquaculture International* ,27 (2), 1847-1858. DOI:10.1007/s10499-019-00437-8

Ali, S., 2024. Effects of Natural Carotenoid Source Enriched Feed on the Growth, Flesh Carotenoid, Composition, and Palatability of a Silver Barb (*Barbonymus gonionotus*) *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, Revised-ms. DOI:10.9734/AJFAR/2024/V26I11832

Andriani, Y., Priyadi, A. and Firdaus, S.N., 2020. Effect of Tubifex and Carrot Meal Combination on Color Quality of Botia *Chromobotia macracanthus*. *E3S Web of Conferences*, 42(7), 51-62. DOI:10.1051/e3sconf/202014701007

Biswas, P., Singh, S.K., Waikhom, G., Deb, S., Debbarma, R., Dey, A. and Patel, A.B., 2023. Effects of carotenoid supplementation on color, growth and physiological function of the endemic dwarf chameleon fish (*Badis badis*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(4), 1-10. DOI:10.1111/jpn.13873.

Das, A.P. and Biswas, S.P., 2016. Carotenoids and Pigmentation in Ornamental Fish *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 4(3), 146-148. DOI:10.15406/jamb.2016.04.00093

Del Villar-Martínez, A.A., Orbe-Rogel, J.C., Vanegas-Espinoza, P.E., Quintero-Gutiérrez, A.G. and Lara-Flores, M., 2013. The effect of marigold (*Tagetes erecta*) as natural carotenoid source for the pigmentation of goldfish (*Carassius auratus* L) .*Research Journal of Fisheries and Hydrobiology*, 2(8), 31-37. DOI:10.15832/ankutbd. 523112

Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. and Empis, J., 2002. Coloring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Nutrition*, 8(1), 1-7. DOI:10.1046/j.1365-2095.2003. 00233.x

Khymdeit, S.M., Sangma, B.R., Vyas, V. and Minare, A., 2024. Effect of dietary natural carotenoid sources on color enhancement of guppy, *Poecilia reticulata* (Wilhelm Peters, 1859). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 12(5), pp. 01-07. DOI: https://doi.org/10.22271/fish.2024.v12.i5a.2960

Kopecky, J., 2015. The Effect of Astaxanthin and β-carotene on the Color of the Kissing Gourami (*Helostoma temminckii*). *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 48(2), 64-67.

Monica, K.S. and Swamy, J.M., 2022. Role of Carotenoids in Ornamental Fish Culture: A Review *International Journal of Current Microbiology and Applied* Sciences, 3(11), 249-254. DOI:10.20546/ijcmas.2022.1101.030

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

Murniasih, S., Nur, B., Sholichah, L., Rohmy, S., Kadarini, T. and Sukarman, S., 2023. Carotenoid pigment content and skin microscopic appearance of cultured Ajamaru Rainbowfish (*Melanotaenia ajamaruensis*). *BIO Web of Conferences*, 74(5), 118-129. DOI:10.1051/bioconf/20237401020

Ninwichian, P., Chookird, D. and Phuwan, N., 2020. Effects of dietary supplementation with natural carotenoid sources on growth performance and skin coloration of fancy carp , *Cyprinus carpio* L *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 1(19), 167-181. DOI:20.1001.1.15622916.2020.19.1.3.5

Rana, S., Bari, A.A., Shimul, S.A., Mazed, M.A. and Nahid, S.A., 2023. Enhancement of body coloration of sword-tail fish (*Xiphophorus helleri*): Plant-derived bio-resources could be converted into a potential dietary carotenoid supplement. *Heliyon*, 9(6), 15-20. DOI: 10.1016/j.heliyon. 2023.e15208

Thomas, G., Nair, S.G. and Subramanian, A., 2020. Effect of Formulated Feeds on Growth Performance and Pigmentation in Ornamental Fishes - A Cohort Study .*Oceanography and Aquaculture Research*, 1(1), 1-3.

Tran, D.V., Tran, T.L.T., Doan, N.X., Dang, T.T., Hua, N.T. and Pham, H.Q., 2025. Comparative impact of synthetic and natural animal-derived carotenoids on growth, feed utilization, and pigment enhancement in *Amphiprion ocellaris*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(1), 10-20. DOI:10.47853/FAS. 2025.e2

Wagde, M.S., Sharma, S.K. and Sharma, B.K., 2018. Effect of natural β-carotene sources-Carrot (*Daucus carota*) and Spinach (*Spinacia oleracea*) on the growth of an ornamental fish-sword tail (*Xiphophorus hellerii*). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 2112-2115.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]

The Role of Carotenoids in Nutrition, Physiology, Reproduction, and Coloration of Ornamental Fish

Nahavandi R.[1]; Pourmozaffar S.[2*].; Tamaddoni Jahromi S.[2]; Nooraei S.[3.]

*Sajjad5550@gmail.com

1-Animal Science Research Institute of Iran (ASRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2-Persian Gulf and Oman Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e-Abbas, Iran
3-Student of Immunology, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Iran

Abstract

Carotenoids are among the most important bioactive compounds used in ornamental fish nutrition and play a critical role in coloration, health, and overall biological performance. Since fish are unable to synthesize carotenoids de novo, these pigments must be obtained through dietary sources. In addition to producing yellow, orange, and red pigmentation in the skin, scales, and other tissues, carotenoids function as precursors of vitamin A and as potent antioxidants involved in numerous physiological processes.

Numerous studies have demonstrated that dietary supplementation with natural carotenoid sources, including microalgae, plants, yeasts, and crustaceans, can improve growth performance, feed utilization efficiency, immune responses, antioxidant enzyme activity, and resistance to diseases and environmental stressors. Furthermore, the accumulation and transfer of carotenoids to reproductive tissues and eggs contribute to improved egg quality, hatching success, larval survival, and embryonic resilience under adverse environmental conditions.

Although synthetic pigments may produce faster coloration responses, natural carotenoid sources often provide additional nutritional and functional benefits due to the presence of other bioactive compounds and micronutrients. This review examines the role of carotenoids in nutrition, physiology, reproduction, and coloration of ornamental fish, while discussing their applications, limitations, and future prospects in the ornamental aquaculture industry.

Keywords: Carotenoids; Ornamental Fish; Coloration; Aquatic Nutrition; Reproduction; Antioxidants; Immune Response; Fish Health

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-06-16]