

مقاله علمی - ترویجی

مروری بر کاربرد کاروتوئیدها در صنعت پرورش ماهیان زینتی

محمد حسین خانجانی^{*}، مسلم شریفی نیا^{*}

^{*}m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

- ۱- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کرمان، ایران
۲- پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۰

چکیده

در سال‌های اخیر آبزی پروری به عنوان یک صنعت در حال رشد با تجارت چند ده میلیون دلاری به خوبی ظهور پیدا کرده است. که شامل پرورش انواع گونه‌های ماهیان آب شیرین، دریایی، نرم‌تنان و ماهیان زینتی می‌باشد. برخورداری از تنوع رنگی، جلای رنگی و تمایز رنگدانه‌ها از جمله خصوصیات اصلی کیفیت ماهیان زینتی برای بازارپسندی است. کاروتوئیدها مسئول رنگ‌پذیری بافت بدن در ماهیان خوراکی و رنگ پوست در ماهی‌های زینتی هستند. ماهی‌ها قادر به سنتز کاروتوئیدها نیستند و برای تامین کاروتوئیدهای مورد نیاز خود به جیره غذایی متکی بوده تا رنگدانه‌های خود را بدست آورند. خوراک‌های فرموله شده و مصنوعی یکی از ارکان اصلی پرورش تجاری ماهیان زینتی می‌باشند. منابع کاروتوئیدی طبیعی که به طور گستردگی برای تقویت رنگدانه ماهیان زینتی استفاده می‌شود، شامل بافت‌های غیرفتostرزی گیاهان عالی، ریزجلبک‌ها، جلبک‌های دریایی، فرآوردهای جانبی سخت‌پستان (پوسته، کاراپاس) و مخمر قرمز هستند. پرورش دهنده‌گان ماهیان زینتی استفاده از منابع طبیعی کاروتوئید را نسبت به منابع مصنوعی بیشتر ترجیح می‌دهند و برای آن‌ها میزان سود بدست آمده از رنگ پوست پس از پایان تغذیه ماهی حائز اهمیت است. در این مطالعه مروری سعی شده که اهمیت کاروتوئیدها در آبزی پروری ماهیان زینتی مورد بررسی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: رنگدانه، تغذیه، ماهیان زینتی

مقدمه

بستگی دارد و در بین گونه‌های ماهیان زینتی متفاوت می‌باشد (Ho *et al.*, 2014). بنابراین، برای بهبود رنگ پوست و گوشت در محیط مصنوعی ماهی‌ها باید سطح بهینه‌ای از کاروتونئیدها را در جیره غذایی خود دریافت کنند. بهبود رنگ پوست ارزش بازارپسندی ماهیان زینتی را افزایش می‌دهد.

هدف از مطالعه حاضر، بررسی مطالعات اخیر بر منابع مختلف کاروتونئید مورد استفاده در جیره غذایی ماهیان زینتی می‌باشد. مطابق با تحقیقات انجام شده بخش‌هایی از گیاهان عالی، میکروجلبک‌ها، جلبک‌های دریایی، ضایعات سخت‌پوستان و مخمر به عنوان منابع اصلی کاروتونئید برای رنگ‌آمیزی ماهیان زینتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کاروتونئیدها

کاروتونئیدها از دسته رنگدانه‌های مهم در حیوانات هستند. مهره داران توانایی ساخت کاروتونئیدها را در داخل بدن ندارند، اما کاروتونئیدهای موجود در جیره غذایی مسئول ایجاد رنگ قرمز، نارنجی و زرد در بسیاری از گونه‌ها از جمله ماهیان استخوانی هستند (Sathyaruban *et al.*, 2021). کاروتونئیدها با رنگ‌های متنوع در ماهیان زینتی یافته می‌شوند که عبارتند از: توناکسانتین^۱ (زرد)، لوئئین^۲ (زرد مایل سبز)، بتا کاروتون^۳ (نارنجی)، دورادگزانتین^۴ (زرد)، زاگرانتین^۵ (نارنجی زرد)، کنتاگزانتین (قرمز نارنجی)، آستاگزانتین (قرمز)، ایچیننون^۶ (قرمز) و تاراگزانتین (زرد) (Das and Biswas, 2016). در ماهی طلایی^۷ اپتیمم سطح استاگزانتین برای افزایش رنگ پذیری ۳۶ تا ۳۷ میلی گرم بر کیلوگرم در جیره غذایی گزارش شده است. در ماهیان دم (*Pseudomugil furcatus*) rainbow fish (شمشیری^۸، *Cichlasoma myrnae*) topaz cichlids و پذیری بطور قابل توجهی در جیره‌های ۱/۵ تا ۲ درصد کاروتونئید *Spirulina platensis* و ۱ درصد

نگهداری ماهیان زینتی در محل کار و خانه یک سرگرمی جذاب و تسکین‌دهنده استرس است که در سراسر جهان مورد توجه می‌باشد. توجه به تولید ماهی زینتی به طور پیوسته در صنعت پژوهش آبزیان افزایش یافته است. رنگ‌های جذاب، چشم‌نواز و ظاهر زیبای این ماهیان، معیارهای حیاتی در تعیین اشتیاق خریدار و تقاضای بازار می‌باشد. بنابراین، برای پژوهش‌دهنگان دستیابی به تولید ماهیان زیباتر حائز اهمیت است. امروزه بهبود شرایط تغذیه‌ای و استفاده از رنگدانه‌های مختلف طبیعی و مصنوعی در تغذیه ماهی برای تولید ماهیان زینتی توسعه یافته است. رنگ‌آمیزی ماهیان زینتی به کروماتوفورها، ملانوفورها، گزانوفورها، اریتوفورها، ایریدوفورها، لکوفورها و سیانوفورها که حاوی رنگدانه‌های مختلف هستند (Das, 2016). برای رنگ‌آمیزی بافت در همه مهره‌داران سه رنگدانه اصلی ملانین‌ها، پترین‌ها و Vinkler and Albrecht, (2010). پرکاربردترین منبع اولیه برای بهبود رنگ پوست ماهیان زینتی کاروتونئیدها هستند. گیاهان، فیتوپلانکتون‌ها، رئوپلانکتون‌ها و سخت‌پوستان می‌توانند کاروتونئیدها را سنتز کنند در حالی که سایر موجودات زنده کاروتونئیدها را بیوسنتز نمی‌کنند. بنابراین، باید آنها را مستقیماً از طریق جیره غذایی یا تبدیل پیش‌سازهای کاروتونئید به کمک واکنش‌های متابولیک به دست آورند (Maoka, 2020). رنگدانه‌های کاروتونئیدی می‌توانند مستقیماً در داخل سولولهای کروماتوفور ماهی، ذخیره شده یا با متابولیسم سلولی تبدیل شوند و در طیف رنگی به پوست و سایر بافت‌های ماهی منتقل شوند (Chapman and Miles, 2018). کاروتونئیدها حاوی مواد مغذی ضروری هستند که نقش حیاتی در رشد، تولیدمثل و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا ایفاء می‌کنند (Sathyaruban *et al.*, 2021). رنگدانه‌های کاروتونئیدی موجود در جیره غذایی و اثرات فیزیولوژیک آنها از ماهی زینتی والد به فرزندان منتقل می‌شود. تجمع بیشتر رنگدانه در زرده منجر به بهبود رشد، بقاء و عملکرد ایمنی لارو ماهی زینتی می‌شود و استرس اکسیداتیو لاروها را نیز کاهش می‌دهد (Sefc *et al.*, 2014). مطالعات نشان داده است که تغییر رنگ پوست در طول زمان به سطح کاروتونئید در جیره غذایی

¹ Tunaxanthin

² Lutein

³ Beta carotene

⁴ Doradexanthins

⁵ Zeaxanthin

⁶ Echinenone

⁷ *Carassius auratus*

⁸ *Xiphophorus helleri*

مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. مطالعات قابل توجهی بر روی رنگدانه بسیاری از گونه های تجاری با استفاده از کاروتنوئیدها انجام شده است. میکروجلبک *Chlorella vulgaris* به اندازه همتای مصنوعی خود در رنگدانه سازی ماهیان زینتی از قبیل ماهی طلای موثر می باشد. افزایش رنگدانه در ماهی دم شمشیری هنگام تغذیه با جیره غذایی حاوی *Calendula officinalis* مشاهده شده است و به این نتیجه رسیده شده که لوئین موجود در آن می تواند به عنوان منبع زنگدانه استفاده شود.

Haematococcus pluvialis برای سه هفته بهبود نشان داد (Chatzifotis *et al.*, 2005) کاروتنوئیدها به دو صورت طبیعی و مصنوعی در آبزی پروری استفاده می شوند، کاروتنوئیدهای مشتق شده از منابع طبیعی شامل مخلوطی از چندین کاروتنوئید شبیه آلفا کاروتون، بتا کاروتون، زی زانتین، لوئین، کریپتوگرزاپتین و... می باشند در حالی که کاروتنوئیدهای مصنوعی فقط شبیه به بتاکاروتون هستند. کاروتنوئیدهای طبیعی به دو گروه حیوانی و گیاهی تقسیم بندی می شوند، میزان کاروتنوئیدهای طبیعی در منابع

(Gupta *et al.*, 2007) جدول ۱: میزان کاروتنوئید در منابع طبیعی مختلف

منبع گیاهی	میزان کاروتنوئید (میلی گرم بر کیلوگرم)	منبع حیوانی	میزان کاروتنوئید (میلی گرم بر کیلوگرم)	منبع
کلرلا	۴۰۰	پودر پوسته و کارپاس خرچنگ	۷۵ - ۱۳۰۰	
محمر	۱۰۰	پودر پوسته و کارپاس میگو	۱۰۰ - ۱۳۰	
علف دریابی	۳۹۰ - ۹۰۰	روغن میگو	۲۵ - ۱۲۵	
گلوتون ذرت	۲۹۰	پودر پوسته و کارپاس خرچنگ	۳۰ - ۸۰۰	دراز آب شیرین

کاروتنوئیدها در بافت های غیر فتوسنتری مثل میوه، دانه، ریشه و برگ ها بعنوان حفاظت کننده های نوری، آنتی اکسیدانت، جاذب های رنگ و پیش ساز هورمون های گیاهی عمل می کنند (Maoka, 2020). کاروتنوئیدهای طبیعی در میوه، برگ، دانه، ریشه و گل گیاهان عالی شناسایی شده اند (Saini *et al.*, 2015; Das, 2016) به برخی از مطالعات در جدول ۲ اشاره شده است. ماهی طلای محبوب ترین ماهی زینتی پرورش یافته در آب شیرین می باشد و ارزش بالایی در بازار پسندی دارد. از گیاهان عالی برای افزایش رنگدانه پوست ماهی طلای استفاده شده است و سطح کاروتنوئید ۴۹/۵۶ میکروگرم بر گرم در پوست ماهی طلای با افزودن گل همیشه بهار ثبت شده است که حاوی گرانتوفیل و لوئین در جیره غذایی بود (Sallam, 2017).

منابع کاروتنوئید بیش از ۷۵ کاروتنوئید از نظر ساختاری از منابع مختلف شامل گیاهان خشکی زی، جلبک ها، باکتری ها شامل سیانوباکترها و باکتری های فتوسنتریک، قارچ ها و حیوانات در طبیعت گزارش شده است (Britton *et al.*, 2004). به طور کلی، منابع کاروتنوئیدها را می توان به کاروتنوئیدهای گیاهان عالی، کاروتنوئیدهای جلبک ها، کاروتنوئیدهای سخت پوستان و کاروتنوئید محمر تقسیم بندی کرد.

کاروتنوئید در گیاهان عالی کاروتنوئیدها در کلروپلاست های گیاهان عالی یافت می شوند که مخلوطی از آلفا و بتا کاروتون، لیکوین، گرانتوفیل، لوئین، کریپتو زانتین، زی زانتین، ویولازانتین^۱ و نئوزانتین^۲ هستند و بطور گستره در بافت های فتوسنتر و غیر فتوسنتر کننده یافت می شوند (Sathyaruban *et al.*, 2021).

¹ Violaxanthin² Neoxanthin

جدول ۲: کاروتونوتئیدهای اندام‌های غیرفتوستنتزی در گیاهان عالی برای رنگ آمیزی ماهیان زینتی
(Sathyaruban et al., 2021)

اندام غیرفتوستنتزی	نوع کاروتونوتئید	مقدار کاروتونوتئید در اندام	نوع ماهی زینتی	سطح اشباع کاروتونوتئید	تغییر رنگ پوست	در ماهی زینتی	د姆 شمشیری	افزایش رنگ پوست
برگ اسفناج	بتا کاروتن	۱۰۰ میلی‌گرم در گرم	-	Xiphophorus hellerii				
ریشه هویج	بتا و آلفا کاروتن	۱۰۰ میلی‌گرم در گرم	۲/۵۵ میکرو‌گرم در گرم	C. auratus	گلدفیش			افزایش رنگ پوست
گل همیشه بهار	گزان توفیل و لوتین	۷۰ میلی‌گرم در کیلو‌گرم	۲۸/۴۸ میکرو‌گرم در گرم	X. hellerii	د姆 شمشیری			افزایش رنگ پوست
گل یونجه	گزان توفیل، لوتین و زی زانتین	۴۰۰-۵۰۰ میلی‌گرم در کیلو‌گرم		C. auratus				تغییر رنگ مشاهده نشد.

Nostoc *Spirulina platensis* *maxima* *Porphyridium* *Navicula minima* *ellipsosporum* *L. tenuis* و *Leptolyngbya valderiana* *cruentum* به عنوان منبع کاروتونوتئید به شکل غذای زنده و فرموله شده جهت بهبود رنگدانه پوست در ماهیان زینتی مورد استفاده قرار گرفته است (Hekimoglu et al., 2017). در جدول ۳ کاروتونوتئیدهای موجود در جلبک برای رنگ آمیزی ماهیان زینتی ارائه شده است.

کاروتونوتئید در جلبک‌ها

جلبک‌ها را می‌توان به دو گروه میکروجلبک‌ها و ماکروجلبک‌ها (جلبک‌های دریایی) تقسیم‌بندی کرد. کاروتونوتئیدهای موجود در جلبک‌ها از نظر نوع، پراکندگی و موقعیت شباهت زیادی به گیاهان عالی دارند. میکروجلبک‌ها و جلبک‌های دریایی به عنوان منبع منحصر به‌فرد از کاروتونوتئیدها در آبزی‌پروری هستند (Safafar et al., 2015). *Haematococcus* *Chlorella vulgaris* *Arthrospira* *Phormidium valderianum* *pluvialis*

جدول ۳: کاروتونوتئیدهای موجود در جلبک‌ها برای رنگ آمیزی ماهیان زینتی

میکرو یا ماکروجلبک	نوع کاروتونوتئید	نوع ماهی زینتی	میزان کاروتونوتئید در ماهی زینتی	منبع
جلبک قرمز	بتاکاروتن، زی زانتین و کلروفیل	Cichlasoma severum	در مرحله تولیدمثلث رنگ نارنجی کمی افزایش داشت	Kop and Durmaz, 2008
Porphyridium cruentum				Kouba et al., 2013
Haematococcus pluvialis		Pterophyllum scalare	تفویت رنگ در ماهی	Güroy et al., 2012
اسپیروولینا		Pseudotropheus acei	ردیف‌های قرمز/ سبز در بدن	
Spirulina platensis				

Penaeus indicus *Penaeus monodon* سخت‌پوستان *Litopenaeus vannamei* *Penaeus semisulcatus* *Penaeus japonicus* *Pandalus borealis* *Parapenaeopsis* *Farfantepenaeus paulensis* *Farfantepenaeus paulensis* *Aristeus alcocki* و *stylifera* جدا شده است به‌طوری‌که

کاروتونوتئید در سخت‌پوستان

کاراپاس و اسکلت خارجی سخت‌پوستان حاوی مقادیر قابل توجهی آستاگرانتین و لوتین می‌باشد. سخت‌پوستان آستاگرانتین را از جیره غذایی فیتوپلانکتونی خود تولید کنند. آستاگرانتین خالص و استرهای آن به عنوان رنگدانه اصلی از

است. مطالعات مختلفی در رابطه با استفاده از محصولات جانبی سختپوستان به عنوان منبع کاروتونئید برای رنگآمیزی ماهیان زینتی انجام شده که در جدول ۴ به برخی از آنها اشاره شده است.

۶۴-۹۸ درصد از کل کاروتونئیدها در این سختپوستان را تشکیل می‌دهد (Sachindra *et al.*, 2005). میزان کاروتونئید در اسکلت خارجی میگو و خرچنگ ۱۱۹-۱۴۸ میکروگرم بر گرم با توجه به نوع گونه گزارش شده است (Sachindra *et al.*, 2006). از محصولات جانبی میگو، کریل و خرچنگ برای القاء رنگدانه در ماهیان زینتی استفاده شده

جدول ۴: کاروتونئیدهای موجود در فرآورده‌های جانبی سخت پوستان

منبع	عملکرد کاروتونئید	نوع ماهی زینتی	منبع کاروتونئید
Kalinowski <i>et al.</i> , 2005	از رنگ خاکستری تیره به نقره ای صورتی قرمز تغییر یافت.	پورگی قرمز	پوسته میگو
Weeratunge and Perera, 2016	در مدت ده روز رنگ پوست را بطور موثر بهبود داد.	طلایی	ضایعات میگو

آستاگرانتین و کانتاگرانتین^۲ مسئول رنگ قرمز، نارنجی و زرد در حیوانات هستند و فراوان‌ترین رنگدانه‌های کاروتونئیدی هستند که در آبیان یافت می‌شوند. در میان رنگدانه‌های کاروتونئیدی، آستاگرانتین در ماهیان دریایی و آبهای شیرین تجمع می‌یابد. در تعداد زیادی از سیچلایدها رنگ کاروتونئیدها با معیارهای غیرمستقیم از سازگاری مانند بار انگلی کم، موقعیت اجتماعی و ترجیح همسر ارتباط دارد (Sefc *et al.*, 2014). برای مثال، رنگ قرمز بر پایه کاروتونئید از طریق جنس نر *Pundamilia nyererei* در دریاچه ویکتوریا آفریقا نشان داده می‌شود با تراکم انگل طبیعی آنها، پاسخ‌های آنتی‌بادی و سطوح استرس اکسداشیو ارتباط دارد (Dijkstra *et al.*, 2011). جنس ماده این ماهی از رنگدانه کاروتونئید برای سنجش سلامت و قدرت همنوعان آینده خود استفاده می‌کند و در واقع، آنها جنس نر با رنگدانه بیشتر (قرمزتر) را به نرهای با رنگ قرمز کمتر ترجیح می‌دهند (Maan *et al.*, 2011). انتخاب جفت ماده مبتنی بر رنگ نیز زمینه‌ساز انزوای تولید مثلی گونه آبی رنگ *P. pundamilia* می‌شود. حالت‌های پرخاشگری جنس‌های نر بین دو گونه بر اساس رنگ بدن به شیوه رفتاری آنها بستگی دارد. برخلاف یافته‌ها در جنس *Pundamilia* در سیچلاید *Amphilophus citrinellus* ماهیان سیکلید *A. citrinellus* در اوایل زندگی به صورت

مخمر به عنوان منبع کاروتونئید مخمر قرمز^۳ به عنوان منبع کاروتونئید بویژه رنگدانه آستاگرانتین جهت بهبود رنگ پوست ماهیان تزئینی بویژه طلایی بکار رفته است. میزان ۶۰ تا ۸۰ میلی گرم مخمر بر کیلوگرم غذا برای افزایش رنگ پوست طلایی مناسب می‌باشد (Xu *et al.*, 2006).

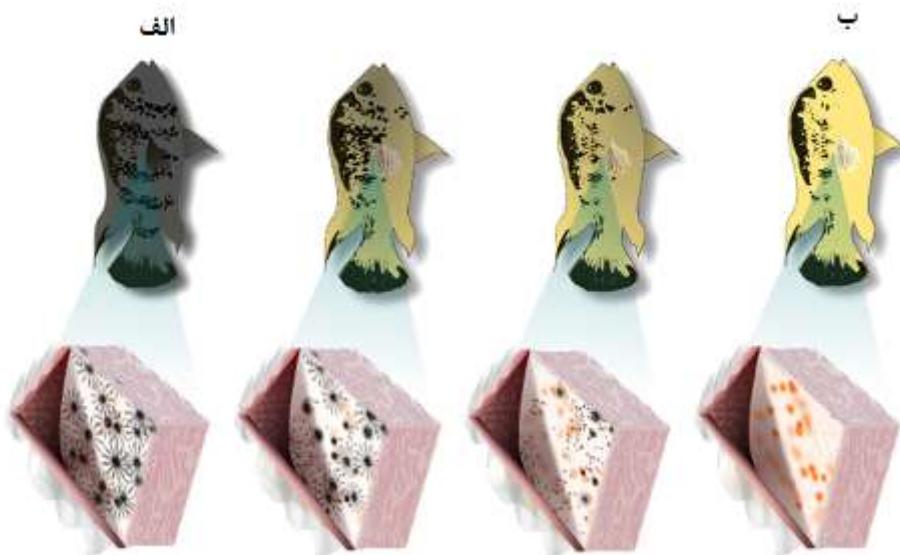
عوامل تاثیرگذار بر رنگآمیزی ماهیان زینتی
رنگآمیزی ماهیان زینتی تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی زیادی قرار دارد. عوامل خارجی شامل: (الف) منابع کاروتونئید (نوع کاروتونئید اضافه شده به جیره غذایی، نوع منبع رنگدانه، غلظت رنگدانه و روش استخراج رنگدانه)، (ب) عوامل محیطی (تراکم نور، میزان آلدگی موجود در آب، دمای آب، عفونت‌ها و عوامل بیماری‌زا)، (ج) جیره غذایی (مواد مغذی موجود در جیره، مدت زمان تغذیه، کیفیت جیره غذایی و محل تغذیه (محیط طبیعی یا مصنوعی) و عوامل داخلی (وزن بدن، چرخه زندگی، ژنتیک و توانایی متابولیسم کاروتونئید) می‌باشد (Heuvel *et al.*, 2019; Kong *et al.*, 2020). ماهی‌هایی که در محیط طبیعی زیست می‌کنند، رنگدانه مورد نیاز خود را از کپه‌پودهای پلانکتونی، فیتوپلانکتون‌ها، اتوتروف‌ها و سایر رئوپلانکتون‌ها به دست می‌آورند. کاروتونئیدها طیف وسیعی از رنگ از نارنجی تا قرمز را در گیاهان و حیوانات ایجاد می‌کنند.

² Canthaxanthin

¹ *Xanthophyllomyces dendrorhous*

کروماتوفورهای زیرین رخ می‌دهد. غلظت کاروتونوتیدهای داخل بدن (کانتاگزانتین و توناکسانتین) در شکل طلایی (Lin *et al.*, 2010; Sefc *et al.*, 2014) بیشتر از شکل خاکستری است (Sefc *et al.*, 2014).

خاکستری رنگ هستند (شکل ۱، الف) و با افزایش رشد حداقل ۸-۱۰ درصد از آنها رنگ زرد متمایل به نارنجی به خود می‌گیرند (شکل ۱، ب). برخی از ماهیان سیچلاید دچار تغییر رنگ می‌شوند. در این حالت فرآیندهای دوگانه از بین رفتن ملانوفورهای پوشاننده و تهنشست کاروتونوتیدها در



. (Sefc *et al.*, 2014) *Amphilophus citrinellus*

منابع

- Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., 2004.** Introduction and guidelines on the use of the Handbook. In: Carotenoids. Birkhäuser, Basel, pp. 1–33
- Chapman, F.A. and Miles, R.D., 2018.** How ornamental fishes get their color. *IFAS Extension, University of Florida*. FA, 192:1–6
- Chatzifotis, S., Pavlidis, M., Jimeno, C.D., Vardanis, G., Sterioti, A. and Divanach, P., 2005.** The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture Research*, 36(15): 1517-1525.

نتیجه گیری

کاروتونوتیدها جزء جدایی ناپذیر صنعت پرورش ماهیان زینتی هستند و تمرکز برای شناسایی انواع رنگدانه‌های کاروتونوتیدی اقتصادی مورد نیاز است. منابع گیاهی و حیوانی کاروتونوتیدها را می‌توان در جیره‌های فرموله شده برای تعذیب ماهیان زینتی پرورشی استفاده نمود. اهمیت کاروتونوتیدها برای بهبود رنگ آمیزی ماهیان، تقویت خوراک و اشتغال زایی قابل توجه است. تحقیقات بیشتر برای استفاده از منابع کاروتونوتید طبیعی به جای محصولات رنگدانه مصنوعی در صنعت آبزی پروری ماهیان زینتی نیاز است که اثرات زیست محیطی رنگدانه‌های مصنوعی کاهش یابد تا به آبزی پروری پایدار کمک کند. همچنین مطالعاتی در سطح ژنتیکی به منظور درک کامل الگوی توزیع و پایداری رنگ در ماهیان زینتی لازم است.

- Das, A.P., 2016.** Carotenoids and pigmentation in ornamental fish. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 4, <https://doi.org/10.15406/jamb.2016.04.00093>
- Das, A.P. and Biswas, S.P., 2016.** Carotenoids and Pigmentation in Ornamental Fish. *Journal of Aquaculture & Marine Biology*, 4(4): 00093.
- Dijkstra, P.D., Wiegertjes, G.F., Forlenza,M., Van Der Sluijs, I., Hofmann, H.A., Metcalfe, N.B. and Groothuis, T.G.G., 2011.** The role of physiology in the divergence of two incipient cichlid species. *Journal of Evolutionary Biology*, 24: 2639–2652.
- Gupta, S.K., Jha, A.K., Pal., A.K. and Venkateshwarlu, G., 2007.** Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. *Natural Product Radiance*, 6(1): 46-49.
- Güroy, B., Şahin, I., Mantoğlu, S. and Kayali, S., 2012.** Spirulina as a natural carotenoid source on growth, pigmentation and reproductive performance of yellow tail cichlid *Pseudotropheus acei*. *Aquaculture International*, 20: 869–878.
- Hekimoglu, M.A., Firat, K., Saka, S., Suzer, C., Kop, A. and Durmaz, Y., 2017.** Effect of supplemented algal carotenoid diets on skin color of tomato clownfish, *amphiprion frenatus*. *Pakistan Journal of Zoology*, 49: 663–668.
- Heuvel, C.E., Haffner, G.D., Zhao, Y., Colborne, S.F., Despenic, A. and Fisk, A.T., 2019.** The influence of body size and season on the feeding ecology of three freshwater fishes with different diets in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 45, 795–804.
- Ho, A.L.F.C., Zong, S. and Lin, J., 2014.** Skin color retention after dietary carotenoid deprivation and dominance mediated skin coloration in clown anemonefish, *Amphiprion ocellaris*. *AACL Bioflux*, 7(2): 103- 115.
- Kalinowski, C.T., Robaina, L.E., Fernández-Palacios, H., Schuchardt, D. and Izquierdo, M.S., 2005.** Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. *Aquaculture*, 244: 223–231.
- Kong, W., Huang, S., Yang, Z., Shi, F., Feng, Y. and Khatoon, Z., 2020.** Fish feed quality is a key factor in impacting aquaculture water environment: evidence from incubator experiments. *Scientific Reports*, 10:1–15.
- Kop, A. and Durmaz, Y., 2008.** The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel 1840). *Aquaculture International*, 16:117–122.
- Kouba, A., Sales, J., Sergejevová, M., Kozák, P. and Masojídek, J., 2013.** Colour intensity in angelfish (*Pterophyllum scalare*) as influenced by dietary microalgae addition. *Journal of Applied Ichthyology*, 29, 193–199.
- Lin, S.M., Nieves-Puigdoller, K., Brown, A.C., McGraw, K.J. and Clotfelter, E.D., 2010.** Testing the carotenoid trade-off hypothesis in the polychromatic Midas cichlid, *Amphilophus citrinellus*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 83: 333–342.
- Maan, M.E., Seehausen, O., Söderberg, L., Johnson, L., Ripmeester, E.A.P., Mross, H.D.J. and Maoka, T., 2011.** Carotenoids in marine animals. *Marine Drugs*, 9: 278–293.

- Maoka, T., 2020.** Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of Natural Medicines*, 74:1–16.
- Sachindra, N.M., Bhaskar, N. and Mahendrakar, N.S., 2006.** Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents. *Waste Management*, 26:1092–1098.
- Safafar, H., Van Wagenen, J., Møller, P. and Jacobsen, C., 2015.** Carotenoids, phenolic compounds and tocopherols contribute to the antioxidative properties of some microalgae species grown on industrial wastewater. *Marine Drugs*, 13:7339–7356.
- Saini, R.K., Nile, S.H. and Park, S.W., 2015.** Carotenoids from fruits and vegetables: chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*, 76(3): 735–750.
- Sallam, A.E., 2017.** The effect of marigold (*Tagetes erecta*) as natural carotenoid source for the pigmentation of gold fish (*Carassius auratus* L.). *Aquaculture Research*, 48:331–341.
- Sathyaruban, S., Uluwaduge, D.I., Yohi, S. and Kuganathan, S., 2021.** Potential natural carotenoid sources for the colouration of ornamental fish: a review. *Aquaculture International*, <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00689-3>.
- Sefc, K.M., Brown, A.C. and Clotfelter, E.D., 2014.** Carotenoid-based coloration in cichlid fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 173, 42–51.
- Vinkler, M. and Albrecht, T., 2010.** Carotenoid maintenance handicap and the physiology of carotenoid-based signalization of health. *Naturwissenschaften*, 97: 19–28.
- Weeratunge, W.K.O.V. and Perera, B.G.K., 2016.** Formulation of a fish feed for goldfish with natural astaxanthin extracted from shrimp waste. *Chemistry Central Journal*, 10:1–7.
- Xu, X., Jin, Z., Wang, H., Chen, X., Wang, C. and Yu, S., 2006.** Effect of astaxanthin from *Xanthophyllomyces dendrorhous* on the pigmentation of goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37:282–288.

Carotenoids in ornamental fish farming

Khanjani M.H.^{1*}; Sharifinia M.²

* m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

1-Department of Fisheries Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran.

2-Shrimp Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

Abstract

The aquaculture industry has grown dramatically in recent years, with a multimillion-dollar market. There are a variety of freshwater fish, marine fish, mollusks, and ornamental fish cultivated in this industry. The pigment and coloring of ornamental fish are important characteristics for marketing. In edible fish, carotenoids are responsible for the pigmentation of body tissue, while in ornamental fishes, they are responsible for the coloring of the skin. Fish are unable to synthesize carotenoids and are dependent on their diets to obtain the pigments they require. In closed environments, artificial and formulated feeds play a critical role in successful fish farming. A variety of natural carotenoid sources are widely used for enhancing the pigment of ornamental fish, including non-photosynthetic tissues of higher plants, microalgae, seaweed, red yeast and crustacean by-products (shells, carapace). Aquaculture farmers prefer natural carotenoid sources over artificial sources. For farmers, the amount of benefit gained from skin color after the end of fish feeding is important. The importance of carotenoids in ornamental fish culture has been discussed in this review.

Keywords: Pigment, Nutrition, Aquarium fish