

تأثیر رژیم تغذیه‌ای کاروتنوئیدی بر میزان رنگی شدن ماهی سیچلاید طاووسی (*Aulonocara baenschi*)

- **فاهمه بوژمهرانی:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۷۵-۴۸۷
- **ولی‌الله جعفری*:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۷۵-۴۸۷
- **محمد رضا ایمانیپور:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۷۵-۴۸۷

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۵

چکیده

هدف از مطالعه حاضر، تعیین اثرات رژیم غذایی مکمل شده با کاروتنوئید بر میزان رنگی شدن در ماهی زینتی سیچلاید طاووسی (*Aulonocara baenschi*) بود. دو نوع کاروتنوئید (استاگزانتین و بتاکاروتن) به صورت مجزا و مخلوط هر یک در دو سطح ۴۰ و ۱۰۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم غذا بر جیره تجاری اسپری شد. یک جیره بدون کاروتنوئید به عنوان جیره شاهد در نظر گرفته شد. ماهیان با میانگین وزن ۴ تا ۶ گرم به مدت ۸ هفته روزانه دو نوبت به میزان ۲ درصد وزن بدن غذادهی شدند. بعد از تغذیه با غذای مکمل شده با کاروتنوئیدها بین تیمارهای تغذیه‌ای از نظر میزان کاروتنوئید کل، تفاوت معنی داری وجود داشت ($P < 0/05$). نسبت نهایی بالاتر کاروتنوئید کل در تیمار تغذیه‌ای حاوی ۱۰۰ میلی گرم استاگزانتین و ۱۰۰ میلی گرم بتاکاروتن نشان داد که جیره غذایی با غلظت ۱۰۰ میلی گرم از ترکیب رنگدانه‌های استاگزانتین و بتاکاروتن بیشترین درصد تجمع رنگدانه در پوست را داشته و این تیمار دارای بیشترین رنگی شدن در بین تیمارها بود. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت رنگدانه‌ها در جیره غذایی میزان کاروتنوئید کل در پوست ماهی و رنگی شدن افزایش یافت.

کلمات کلیدی: ماهی سیچلاید طاووسی، رنگی شدن، کاروتنوئید، استاگزانتین، بتاکاروتن



مقدمه

می‌باشد. وضعیت جیره غذایی و دمای آب بر قابلیت هضم کاروتنوئیدها اثر می‌گذارند (Naevdal و Torrissen, ۱۹۸۴). ممکن است میزان جیره بر قابلیت هضم اثر بگذارد. هم‌چنین اعتقاد بر این است که جذب در روده با مکانیسم انتشار غیرفعال صورت می‌گیرد که شامل چندین مرحله شکستن ترکیبات پیچیده غذا، قابلیت انحلال کاروتنوئیدها درون نمک‌های صفاوی، حرکت از میان لایه آبی غیرقابل حل در مجاور میکروویلی، جذب به‌وسیله انتروسیست و هم‌چنین شیلومیکرون‌ها می‌باشد (Clark و Furr, ۱۹۹۷).

توانایی جذب کاروتنوئیدها در بافت‌های خاص به توانایی ذخیره شدن آن‌ها در آن بافت‌ها (پوست، ماهیچه، اسکلت خارجی و غده هضم) وابسته است و این توانایی بستگی به عواملی مانند در دسترس بودن کاروتنوئیدها در اجزای جیره غذایی و قابلیت هضم آن‌ها، غلظت آن‌ها در جیره، مدت زمان تهیه و تمایل موجود به تغییر شکل یا ته‌نشین کردن رنگدانه‌ها در بافت‌ها بستگی دارد (Choubert و همکاران, ۲۰۰۱).

با توجه به مطالب ذکر شده و اهمیت رنگ در بازارپسندی ماهیان زینتی، پژوهش در رابطه با لزوم استفاده از کاروتنوئیدها، که منبع اصلی تامین رنگ بدن آبزیان بوده و اعمال مهم زیستی (بیولوژیک) را بر عهده دارند، در جیره غذایی آبزیان امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

بیست و هفت آکواریوم‌های ۸۰ لیتری به‌منظور پرورش ماهیان در آزمایشگاه آبی‌پروری شهید ناصر فضلی برآبادی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد استفاده قرار گرفتند. آنگیری آکواریوم‌ها به‌میزان ۶۰ لیتر و تعویض آب روزانه آن‌ها به‌میزان ۱/۳ انجام گرفت.

تهیه جیره‌های آزمایشی: در این تحقیق مطابق جدول ۱ اثر ۹ جیره آزمایشی (تیمار شاهد و ۸ تیمار تغذیه‌ای با جیره حاوی رنگدانه) بر ماهی سیچلاید طاووسی از نظر اثر بر میزان رنگی شدن ماهیان مورد آزمایش قرار گرفت.

از غذاهای کنسانتره تجاری (بیومار ساخت شرکت فرانسه) با اندازه ۱/۵ میلی‌متر به‌عنوان جیره پایه برای گروه شاهد استفاده شد. آنالیز جیره غذایی به‌صورت: ۴۷ درصد پروتئین، ۸/۵ درصد چربی، ۱۰/۵ درصد خاکستر و ۶ درصد رطوبت بود. سپس برای تهیه هشت نوع جیره غذایی، آستاگزانتین و بتاکاروتن و مخلوطی از آستاگزانتین و بتاکاروتن در غلظت‌های ۴۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم در هر کیلوگرم به جیره پایه اضافه شد. از کلروفیل پینک ۸

خانواده سیچلیده، خانواده مهمی از ماهیان زینتی و از ماهیان مورد پسند آکواریوم‌داران است و یکی از گونه‌های معروف این خانواده سیچلاید طاووسی (*Aulonocara baenschi*) می‌باشد. کلمه رنگدانه از واژه لاتین Pigmentum که اشاره به وسایل و مواد نقاشی، آرایشی و تزئینی دارد، مشتق شده و در ضمن تصویری از رنگ را نیز ایجاد می‌کند (Shahidi و همکاران, ۱۹۹۸). کاروتنوئیدها، رنگدانه‌های زیستی محلول در چربی هستند و دارای دامنه رنگی وسیعی از زرد تا قرمز می‌باشند که در بسیاری از بافت‌های گیاهی تولید شده و می‌توانند توسط جانوران ساخته و ذخیره شوند. این مواد در هر دو سلسله گیاهی و جانوری پراکنش وسیعی داشته و در تمامی اعضا زنده یافت می‌شوند.

کاروتنوئیدها به دو گروه کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها تقسیم می‌گردند. کاروتن‌ها هیدروکربن‌هایی هستند که در ساختمان آن‌ها تنها هیدروژن و کربن وجود دارد و از آن جمله می‌توان از آلفاکاروتن و بتاکاروتن نام برد. گزانتوفیل‌ها، مشتق اکسیژن‌دار کاروتن‌ها می‌باشند که از مولکول‌های کربن، هیدروژن و اکسیژن تشکیل شده‌اند (Harrison و During, ۲۰۰۴). در دومین گروه، اکسیژن می‌تواند به صورت گروه‌های OH (مثل زگزانتین) یا به‌عنوان گروه‌های اکسیژنی (مثل کانتاگزانتین) و یا ترکیبی از هر دو (مثل آستاگزانتین) باشد (Ciapara و همکاران, ۲۰۰۶).

کروماتوفورهای فوتون‌های موجود در اشعه ماوراءبنفش (۴۰۰-۱۸۰ نانومتر) و نور مرئی (۶۰۰-۴۰۰ نانومتر) موجود در طیف خورشیدی را براساس تعداد باندهای دوگانه متصل به‌هم، به‌صورت انتخابی جذب می‌نمایند. براساس همین امر طیف جذبی یک ترکیب با تعداد کم باند دوگانه متصل به‌هم محدود به ناحیه ماوراءبنفش می‌شود و این در حالی است که طول موج جذبی کاروتنوئیدهایی با پنج پیوند دوگانه متصل به‌هم، به منطقه نور مرئی طیف خورشیدی منتقل می‌شود. طیف جذبی کاروتنوئیدها با یکدیگر تفاوت دارد و وابسته به محیطی می‌باشد که کاروتنوئیدها یافت می‌شوند. نمونه بارز این مورد، حلال‌های آلی موجود می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین ملاک کیفیت ارزش بازاری ماهیان زینتی، رنگ آن‌ها می‌باشد (Wang و همکاران, ۲۰۰۶). رنگ‌ها به‌واسطه ذخیره کاروتنوئیدهایی مثل آستاگزانتین و کانتاگزانتین ایجاد می‌شوند. رنگدانه‌ها باید به جیره اضافه شوند، چون ماهیان مانند سایر حیوانات قادر به سنتز رنگدانه نیستند. با این وجود کاروتنوئیدها به‌طور ضعیفی به‌وسیله ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Berg و Bjerkeng, ۲۰۰۰). یکی از دلایل این امر، جذب ضعیف کاروتنوئیدها در روده



آستاگزانتین و بتاکاروتن) به غذای پایه، در ابتدا مقدار رنگدانه‌های مصرفی برای هر تیمار و هم‌چنین وزن غذای هر تیمار محاسبه گردید و سپس رنگدانه‌های مربوط به هر تیمار غذایی، در آب مقطر گرم حل شد. محلول‌های آماده شده به جیره‌ها اسپری شدند.

درصد به‌عنوان منبع آستاگزانتین مصرفی و رویمیکس بتاکاروتن ۱۰ درصد به‌عنوان منبع بتاکاروتن مصرفی، محصولات سنتزی کشور سوئیس برای افزودن به جیره پایه استفاده گردید. برای اضافه کردن رنگدانه‌های کاروتنوئیدی (آستاگزانتین و بتاکاروتن و مخلوط

جدول ۱: تیمارهای تغذیه‌ای حاوی رنگدانه آستاگزانتین و بتاکاروتن

تیمارهای آزمایشی	میزان رنگدانه آستاگزانتین (میلی گرم در کیلوگرم جیره)	میزان رنگدانه بتاکاروتن (میلی گرم در کیلوگرم جیره)
۱ (شاهد)	۰	۰
۲	۰	۴۰
۳	۰	۱۰۰
۴	۴۰	۰
۵	۴۰	۴۰
۶	۴۰	۱۰۰
۷	۱۰۰	۰
۸	۱۰۰	۴۰
۹	۱۰۰	۱۰۰

آنالیز کاروتنوئید پوست ماهی، طبق روش Torrissen و Naevdal (۱۹۸۴) انجام شد. برای آنالیز کاروتنوئید هر دو هفته یک‌بار از هر آکواریوم ۱ ماهی (۳ ماهی از هر تیمار)، به‌طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه پوست ماهیان، از هر دو طرف بدن، بین ناحیه شکمی و پشتی برداشته شد. ۵۰ میلی‌گرم نمونه پوست درون لوله فالکون ۱۰ میلی‌لیتری قرار گرفت و سپس ۱۰ میلی‌لیتر استون و ۱/۵ گرم سولفات سدیم بدون آب به نمونه اضافه شد. سپس به‌وسیله هم‌زن هم‌وزن شدند.

نمونه‌ها به‌مدت ۳ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند. عملیات خالص‌سازی نمونه‌ها با استون با غلظت ۱۰ میلی‌لیتر ۳ بار انجام شد. محلول در طی خالص‌سازی به‌مدت ۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس میزان جذب رنگدانه‌ها در طول موج ۴۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری و برای محاسبه میزان کل کاروتنوئید از فرمول زیر استفاده شد (Torrissen و Naevdal, ۱۹۸۴):

رابطه (۱) کاروتنوئید کل (میلی‌گرم/میکروگرم) برابر است با:

وزن نمونه خشک (میلی‌گرم) / (حجم نمونه (میلی‌لیتر) × ۱۰۰۰ × جرم مولکولی × (ε/عدد جذب))

$$\varepsilon = 12400$$

$$= 596/84 \text{ جرم مولکولی آستاگزانتین و بتاکاروتن}$$

تعداد ۳۰۰ قطعه ماهی سیچلاید طاووسی با میانگین وزنی ۶-۴ گرم از مراکز فروش ماهیان زینتی شهر گرگان خریداری شده و به آزمایشگاه انتقال یافت. ماهیان به‌مدت ۲ هفته با جیره پایه تغذیه شدند. پس از سازگاری کامل ماهیان با جیره غذایی و شرایط جدید، تعداد ۲۷۰ قطعه ماهی سیچلاید طاووسی در ۲۷ آکواریوم به تعداد ۱۰ قطعه ماهی در هر آکواریوم و به‌طور کاملاً تصادفی توزیع شدند. در ادامه ماهیان زیست‌سنجی شدن و غذای آزمایشی جایگزین غذای تجاری شد. سپس به‌مدت ۸ هفته، ماهیان با جیره‌های آزمایشی مورد تغذیه قرار گرفتند.

برای آگاهی از عملکرد جیره‌های غذایی و چگونگی رشد ماهیان، در ابتدا و انتهای دوره و هم‌چنین در طول دوره هر ۲ هفته یک‌بار، ماهیان زیست‌سنجی شدند. براساس نتایج حاصل از زیست‌سنجی ماهیان، غذای روزانه هر آکواریوم محاسبه شد و پس از توزین برای هر یک از تکرارها بسته‌بندی شده و به ماهیان ۲ بار در روز (ساعت ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر) معادل ۲ درصد وزن بدن غذا داده شد. میانگین دما، اکسیژن و pH به‌ترتیب 28 ± 2 درجه سانتی‌گراد، $6/1 \pm 0/5$ میلی‌گرم در لیتر و $8/13 \pm 0/02$ بود.

شاخص‌های رنگی سنجی:

۱- روش توصیفی: مشاهده رنگ‌پذیری ماهی

۲- روش کمی: برای محاسبه میزان رنگدانه موجود در بافت از روش اسپکتروفتومتری استفاده شد.



شد و ضایعات غذایی اندک بود. شاخص‌های رنگی شدن ماهیان سیچلاید طاووسی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی به صورت زیر بود. شاخص‌های رنگی شدن:

روش توصیفی رنگی شدن: رنگ‌پذیری توصیفی ماهیان تحت آزمایش در اشکال ۱ تا ۴ ارائه شده است. براساس تصاویر مشاهده شده، بعد از گذشت هشت هفته تغییر رنگ بارزی در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی نسبت به گروه شاهد مشاهده شد و تیمار ۹ (جیره حاوی ترکیب ۱۰۰ میلی گرم آستاگزانتین و ۱۰۰ میلی گرم بتاکاروتن) دارای بیش‌ترین میزان تغییر رنگ بود.

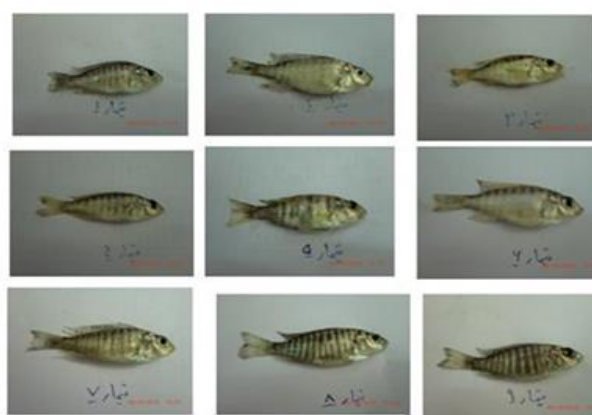
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: برای تجزیه آماری از روش آنالیز واریانس دوطرفه (ANOVA) استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها با کمک آزمون چند دامنه دانکن و در سطح ۵٪ انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نسخه ۱۶ نرم‌افزار آماری SPSS اجرا شد.

نتایج

تمام جیره‌های آزمایشی به خوبی مورد تغذیه ماهیان قرار گرفتند و در هر وعده غذایی تقریباً تمامی جیره داده شده به ماهیان مصرف



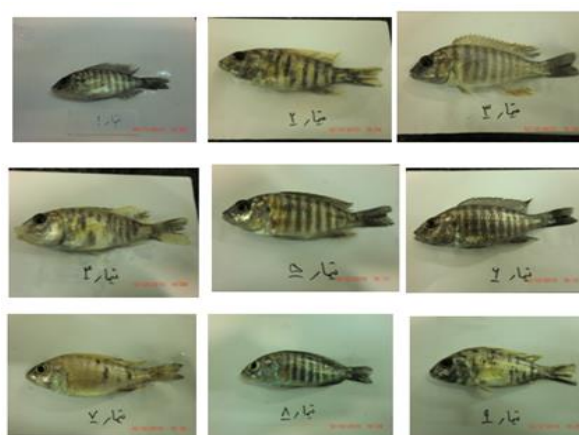
شکل ۲: نمونه برداری چهار هفته بعد از شروع تغذیه با جیره‌های آزمایشی



شکل ۱: نمونه برداری دو هفته بعد از شروع تغذیه با جیره‌های آزمایشی



شکل ۴: نمونه برداری هشت هفته بعد از شروع تغذیه با جیره‌های آزمایشی



شکل ۳: نمونه برداری شش هفته بعد از شروع تغذیه با جیره‌های آزمایشی

تغذیه با جیره‌های آزمایشی در جدول‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ گزارش شده است.

روش کمی رنگی شدن: مقادیر کاروتنوئید کل اندازه‌گیری شده در پوست ماهیان سیچلاید طاووسی پس از ۲، ۴، ۶ و ۸ هفته

جدول ۲: میزان کاروتنوئید کل در پوست ماهیان سیچلاید طاووسی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی بعد از گذشت ۲ هفته (بر حسب میکروگرم کاروتنوئید در میلی گرم جیره)

آستاگزانتین			متغیر
۱۰۰	۴۰	۰	
۰/۰۲۷±۰/۰۰۳ ^c	۰/۰۲۱±۰/۰۰۱ ^e	۰/۰۱۰±۰/۰۰۱ ^g	۰
۰/۰۳۲±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۲۳±۰/۰۰۰ ^d	۰/۰۱۳±۰/۰۰۱ ^f	۴۰
۰/۰۴۰±۰/۰۰۱ ^a	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱ ^{cd}	۰/۰۱۹±۰/۰۰۰ ^e	۱۰۰

مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

جدول ۳: میزان کاروتنوئید کل در پوست ماهیان سیچلاید طاووسی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی بعد از گذشت ۴ هفته (بر حسب میکروگرم کاروتنوئید در میلی گرم جیره)

آستاگزانتین			متغیر
۱۰۰	۴۰	۰	
۰/۰۵۳±۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۲۹±۰/۰۰۲ ^d	۰/۰۰۹±۰/۰۰۳ ^f	۰
۰/۰۵۷±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۳۴±۰/۰۰۲ ^d	۰/۰۱۹±۰/۰۰۲ ^e	۴۰
۰/۰۷۳±۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۴۳±۰/۰۰۵ ^c	۰/۰۲۸±۰/۰۰۲ ^d	۱۰۰

مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

جدول ۴: میزان کاروتنوئید کل در پوست ماهیان سیچلاید طاووسی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی بعد از گذشت ۶ هفته (بر حسب میکروگرم کاروتنوئید در میلی گرم جیره)

آستاگزانتین			متغیر
۱۰۰	۴۰	۰	
۰/۰۵۵±۰/۰۰۲ ^{bc}	۰/۰۴۴±۰/۰۰۲ ^{ef}	۰/۰۱۰±۰/۰۰۴ ^h	۰
۰/۰۶۰±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۴۷±۰/۰۰۰ ^{de}	۰/۰۳۸±۰/۰۰۱ ^g	۴۰
۰/۰۷۳±۰/۰۰۶ ^a	۰/۰۵۲±۰/۰۰۲ ^{cd}	۰/۰۴۱±۰/۰۰۱ ^g	۱۰۰

مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.

جدول ۵: میزان کاروتنوئید کل در پوست ماهیان سیچلاید طاووسی تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی بعد از گذشت ۸ هفته (بر حسب میکروگرم کاروتنوئید در میلی گرم جیره)

آستاگزانتین			متغیر
۱۰۰	۴۰	۰	
۰/۰۷۰±۰/۰۰۱ ^c	۰/۰۴۹±۰/۰۰۳ ^e	۰/۰۱۱±۰/۰۰۳ ^g	۰
۰/۰۸۴±۰/۰۰۶ ^b	۰/۰۵۶±۰/۰۰۳ ^d	۰/۰۴۱±۰/۰۰۱ ^f	۴۰
۰/۰۹۷±۰/۰۰۴ ^a	۰/۰۶۱±۰/۰۰۲ ^d	۰/۰۴۹±۰/۰۰۱ ^e	۱۰۰

مقادیر به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده‌اند. حروف انگلیسی متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) می‌باشد.



تترای جواهر (*Hyphessobrycon callistus*) مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که رنگ و محتوای کاروتنوئید بدن با افزایش غلظت کاروتنوئیدها در رژیم غذایی افزایش یافت.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ماهیان سیچلاید طاووسی از خانواده سیچلیده به اثرات رنگ‌پذیری حاصل از کاروتنوئیدهای سنتزی آستاگزانتین و بتاکاروتن پاسخ می‌دهند. تفاوت‌های ناشی از میزان شدت رنگ ایجاد شده توسط این دو کاروتنوئید را می‌توان ناشی از کیفیت، مقدار و دوره جذب این مواد دانست. آستاگزانتین به‌طور موثری بر رنگ پوست ماهی سیم قرمز و سرخو ایتالیایی موثر واقع شده است (Both و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین مطالعه حاضر بیانگر این مطلب است که استفاده از کاروتنوئیدها در جیره ماهی سیچلاید طاووسی، اثر منفی بر فاکتورهای رشد ندارد و می‌توان کاروتنوئیدهای سنتزی آستاگزانتین و بتاکاروتن را به‌عنوان منابع رنگدانه‌ای در جیره غذایی ماهی سیچلاید طاووسی استفاده کرد.

تأثیر استفاده از رنگدانه‌های موجود در مواد گیاهی مانند فلفل دلمه قرمز، گوجه و هویج که دارای بتاکاروتن طبیعی هستند و رنگدانه مصنوعی آستاگزانتین روی ماهی اسکار سفید نشان داد که ماهیان تغذیه شده با غذای حاوی رنگدانه شیمیایی آستاگزانتین درصد بیش‌تری از تجمع رنگدانه در بافت را نشان دادند ولی، ماهیان تغذیه شده با رنگدانه طبیعی میزان تجمع رنگدانه در بافت کم‌تر دیده شد (Shahpoori و Ghiasvand، ۲۰۰۶).

Yanar و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای تأثیر استفاده از پودر یونجه را به‌عنوان منبع کاروتنوئید طبیعی در جیره غذایی به مدت ۶۰ روز بر رشد، بقا و درجه رنگی شدن ماهی طلایی (*Carassius auratus*) مورد بررسی قرار دادند. ماهیان با شش سطح پودر یونجه (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۴۰ درصد) تغذیه شدند نتایج این تحقیق نشان داد که درجه رنگی شدن در پوست ماهی طلایی به‌طور معنی‌داری با افزایش سطح پودر یونجه تا ۲۵ درصد افزایش یافت. اضافه نمودن ۲۵ درصد یا بیش‌تر از پودر یونجه در جیره غذایی روی رشد ماهی در مقایسه با گروه شاهد تأثیرگذار بود.

در مطالعه دیگری اثر منابع مختلف آستاگزانتین و میزان آن در جیره بر رنگ پوست و ترکیبات چربی ماهی شانگ معمولی (*Pagrus pagrus*) مورد بررسی قرار گرفت. رژیم غذایی، حاوی دو نوع مختلف آستاگزانتین استری شده و غیراستری با غلظت‌های ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره بود. مشاهده شد که رنگدانه آستاگزانتین، کاروتنوئید عمده پوست ماهی بود ولی تأثیری روی ترکیبات چربی یافت نشد و بهترین نتایج از نظر ایجاد رنگ طبیعی قرمز پوست، محتوای آستاگزانتین و کاروتنوئید کل از طریق استفاده

پس از ۸ هفته تغذیه با جیره‌های آزمایشی، میزان کاروتنوئید کل پوست ماهیان تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی رنگدانه‌های آستاگزانتین و بتاکاروتن بود. غلظت رنگدانه‌های آستاگزانتین و بتاکاروتن در جیره غذایی اثر معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئید کل موجود در پوست ماهی داشت ($p < 0.05$) به‌طوری‌که میزان کاروتنوئید کل در پوست با افزایش میزان این رنگدانه‌ها در جیره غذایی افزایش یافت. بیش‌ترین میزان کاروتنوئید کل مربوط به تیمار ۹ (جیره حاوی بتاکاروتن و آستاگزانتین ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار ۱ (شاهد) بود.

بحث

رنگ‌ها نقش مهمی در زندگی همه موجودات دارند. در حال حاضر در پرورش انواع موجودات آبی از انواع رنگدانه‌ها استفاده می‌شود. رنگ ماهیان زینتی به‌عنوان عامل کیفی مهمی برای جلب توجه مصرف‌کنندگان بوده و بازارپسندی این ماهیان غالباً براساس رنگ جذاب بدن آن‌ها می‌باشد (Wang و همکاران، ۲۰۰۶). کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌ها هستند که یکی از منابع اصلی تامین رنگ بدن آبزیان به‌شمار می‌روند به علاوه ماهیان مانند سایر حیوانات قادر به ساخت آن‌ها نمی‌باشند (Wouters و همکاران، ۲۰۰۱). تنها گیاهان و پروتئست‌ها (باکتری، جلبک و قارچ) می‌توانند کاروتنوئیدها را بسازند. بنابراین در شرایط پرورشی به‌صورت مکمل غذایی مورد استفاده قرار گیرند (Meyers، ۱۹۹۷). در برخی از مطالعات، کاروتنوئیدها به‌صورت مکمل به رژیم غذایی اضافه می‌شوند تا موجب رنگ‌آمیزی عضله و پوست ماهی شوند در برخی مطالعات دیگر اثر کاروتنوئیدها بر رشد، بقا، تولیدمثل و سیستم ایمنی مورد بررسی قرار گرفته است (Christiansen و Torrissen، ۱۹۹۴).

مطالعه حاضر بر عملکرد کاروتنوئیدهای سنتزی آستاگزانتین و بتاکاروتن در جیره غذایی بر میزان رنگی شدن سیچلاید طاووسی متمرکز شده است. کاروتنوئیدها، منبع اولیه رنگی شدن ماهیان زینتی می‌باشند. در این تحقیق تأثیر کاروتنوئیدهای سنتزی آستاگزانتین و بتاکاروتن در طول ۸ هفته دوره پرورش، روی رنگ پوست ماهی سیچلاید طاووسی مورد بررسی قرار گرفت.

مطابق نتایج حاصل از این تحقیق، با افزایش غلظت رنگدانه‌ها در جیره غذایی، میزان کاروتنوئید کل در پوست افزایش می‌یابد. این یافته با نتایج حاصل از تحقیق Wang و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. آن‌ها تأثیر کاروتنوئیدهای مختلف شامل آستاگزانتین، بتاکاروتن و ترکیبی از این دو را به نسبت ۱ به ۱ در جیره بر رنگی شدن ماهی



۴. **Christiansen, R.; Lie, O. and Torrissen, O.J., ۱۹۹۴.** Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture and Fisheries Management*. Vol. ۲۵, pp: ۹۰۳-۹۱۴.
۵. **Ciapara, I.H.; Valenzuela, L.F. and Goycoolea, F.M., ۲۰۰۶.** Astaxanthin: A review of chemistry and application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. ۴۶, pp: ۱۸۵-۱۹۶.
۶. **During, A. and Harrison, E.H., ۲۰۰۴.** Intestinal absorption and metabolism of carotenoids: insights from cell culture. *Archives Biochemistry and Biophysics*. Vol. ۴۳۰, pp: ۷۷-۸۸.
۷. **Furr, H.C. and Clark, R.M., ۱۹۹۷.** Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. *Journal of Nutrition Biochemistry*. Vol. ۸, pp: ۳۶۴-۳۷۷.
۸. **Ghiasvand, Z. and Shahpoori, M., ۲۰۰۶.** Effect of natural and synthetic carotenoids and compare their effects on *Astronotus ocellatus*. *Journal of Marine Biological*. Vol. ۱, pp: ۷۸-۸۵.
۹. **Ingle de la mora, G.; Arredondo-Figueroa, J.L.; Ponce-Palafox, J.T.; Barriga-Soca, I. and Vernon-Carter, J.E., ۲۰۰۶.** Comparison of red chilli oleoresin and astaxanthin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. *Aquaculture*. Vol. ۲۵۸, pp: ۴۸۷-۴۹۵.
۱۰. **Mandal, B.; Mukherjee, A. and Banerjee, S., ۲۰۱۰.** Growth and pigmentation development efficiencies in fantail guppy, *Poecilia reticulata* fed with commercially available feeds. *Agriculture and Biology Journal of North America*. Vol. ۶, pp: ۱۲۶۴-۱۲۶۷.
۱۱. **Meyers, S.P., ۱۹۹۷.** Using crustacean meals and carotenoid fortified diets. *Feedstuffs*. Vol. ۳۸, pp: ۲۶-۲۷.
۱۲. **Shahidi, F. and Metusalach-Brown, J.A., ۱۹۹۸.** Carotenoid pigments in sea foods and aquaculture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. ۳۸, pp: ۱-۶۷.
۱۳. **Tejera, N.; Cejaa, J.; Rudriguze, C.; Bjerkeng, B.; Jerez, S.; Bolanos, A. and Lorenz, A., ۲۰۰۷.** Pigmentation, carotenoids, lipid peroxids and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. *Aquaculture*. Vol. ۲۷۰, pp: ۲۱۸-۲۳۰.
۱۴. **Torrissen, O.J. and Naevdal, G., ۱۹۸۴.** Pigmentation of salmonids-genetical variation in carotenoid deposition in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. Vol. ۳۸, pp: ۵۹-۶۶.
۱۵. **Wang, Y.J.; Chien, Y.H. and Pan, C.H., ۲۰۰۶.** Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. *Aquaculture*. Vol. ۲۶۱, pp: ۶۴۱-۶۴۸.

از نوع استری شده ایجاد شده بود (Tejera و همکاران، ۲۰۰۷).
در پژوهشی اثر کاروتنوئید سنتزی آستاگزانتین با غلظت ۸۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم غذا و دو نوع مختلف از فلفل قرمز با غلظت های ۸۰ و ۱۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم غذا به مدت ۶ هفته بر رنگ فیله ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از فلفل قرمز با دوز ۱۲۰ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم غذا دارای بهترین اثر بر رنگ فیله ماهی است. هم چنین بین فراسنجه های رنگ و غلظت کاروتنوئید در ماهیچه ارتباط خطی وجود داشت (Ingel de la mora و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج بررسی اثر چهار نوع جیره غذایی (توبیفکس زنده، توبیفکس خشک، دافنی خشک و غذای گرانوله) بر رشد و رنگی شدن ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*) نشان داد این ماهی تمایل بیشتری به استفاده از ارگانیسیم های زنده داشته و توبیفکس زنده غذای بهتری برای ماهی گوپی در افزایش رشد و رنگی شدن بود (Meandal و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به مطالب ذکر شده و اهمیت رنگ در بازارپسندی ماهیان زینتی، تحقیق در رابطه با لزوم استفاده از کاروتنوئیدها، که منبع اصلی تامین رنگ بدن آبزیان بوده و اعمال مهم بیولوژیک را بر عهده دارند، در جیره غذایی آبزیان امری ضروری به نظر می رسد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین، دانشجویان و کارکنان محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که در فراهم کردن امکانات این تحقیق نهایت همکاری را مبذول داشتند، تشکر و قدردانی می شود.

منابع

۱. **Bjerkeng, B. and Berg, G.M., ۲۰۰۰.** Apparent digestibility coefficients and accumulation of astaxanthin E/Z isomers in Atlantic salmon (*Salmo Salar*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. Vol. ۱۲۷, pp: ۴۲۳-۴۳۲.
۲. **Both, M.; Warner-Smith, R.; Allan, G. and Glencross, B., ۲۰۰۴.** Effects of dietary astaxanthin source and light manipulation on the skin color of Australian snapper (*Pagrus auratus*). *Aquaculture Research*. Vol. ۳۵, pp: ۴۵۸-۴۶۴.
۳. **Choubert, G., ۲۰۰۱.** Carotenoids and pigmentation. Nutrition and feeding of fish and crustaceans, In: Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metaille R. (Eds), Chichester, UK, Praxis Publishing Ltd. pp: ۱۸۳-۱۹۶.

۱۶. **Wouters, R.; Lavens, P.; Nieto, J. and Sorgeloos, P., ۲۰۰۱.** Penaid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture*. Vol. ۲۰۲, pp: ۱-۲۱.
۱۷. **Yanar, M.; Ercen, Z.; Hunt, A. and Murat, H., ۲۰۰۸.** The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diet of goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture*. Vol. ۲۸۴, pp: ۱۹۶-۲۰۰.

