اثر رنگدانه سنتتیک و رنگدانه‌های طبیعی جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد بر رنگ‌پذیری، شاخص‌های رشد در ماهی سیچلاید الکتریکی زرد آبی (*Labidochromis caeruleus*)

- **شیرین بلباسی**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **محمدرضا ایمان‌پور***: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **بهاره شعبان‌پور**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیطزیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۷

چکیده

این مطالعه به‌منظور ارزیابی اثرات استفاده از بتاکاروتن به‌عنوان رنگدانه سنتتیک و جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ای زرد به‌عنوان رنگدانه‌ای طبیعی بر رنگ‌پذیر و عملکرد رشد ماهی سیچلاید الکتریکی زرد آبی انجام شد. تعداد ۱۲۰عدد ماهی سیچلاید زرد آبی با میانگین وزنی (۰/۰۵±۲/۵۱ گرم) در قالب ۳ تیمار و یک گروه شاهد و هر کدام با سه تکرار تقسیم شدند. ۱۲عدد آکواریوم به ابعاد۷۰×٤۰×۳۰ سانتی‌متر آماده و ۱۰ قطعه ماهی به هرکدام اضافه شد. گروه شاهد با غذای فاقد افزودنی (غذای پایه) تغذیه گردید. تیمار ۱جیره‌های حاوی بتاکاروتن (٤۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا)، تیمار ۲ جلبک اسپیرولینا و تیمار ۳ فلفل دلمه‌ای زرد (هریک به‌مقدار ۱۰ گرم در کیلوگرم غذا) بودند. بعد از تیماربندی به‌مدت ۸ هفته ماهیان با جیره‌های آزمایشی مورد تغذیه قرار گرفتند. سپس شاخص‌های‌رنگی‌شدن ازنظر معنی‌داری با روش One way ANOVA در نرم‌افزار۱۹ Spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. هم‌چنین برخی از شاخص‌های رشد مانند SGR، FCR، BWI مورد بررسی قرار گرفتند . پس از پایان دوره پرورش از هر تیمار تعداد ۹ عدد ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و برای ارزیابی میزان تغییر رنگ ایجاد شده از سیستم رنگ سنجی L*a*b* با استفاده از دستگاه Chroma meter CR-40 استفاده شـد. در نتایج به‌دست آمده از نظر هر سه مؤلفه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی در جیره ماهی سیچلاید الکتریکی زرد آبی تأثیر معنی‌دار بر روی شاخص‌های رنگ ظاهری نشده است (P>۰/۰۵) و هم‌چنین نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های رشد بین تیمارهای تغذیه شده حاوی بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی با تیمار شاهد وجود نداشت (P>۰/۰۵).

کلمات کلیدی: رنگ‌پذیری، رشد، بتاکاروتن، اسپیرولینا، فلفل دلمه‌ای زرد، ماهی ماکرو

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mrimanpoor53@yahoo.com

مقدمه

تولید و پرورش آبزیان زینتی یکی از بخش‌هایی است که سالانه مقادیر بالایی از درآمد صنعت آبزی‌پروری را به‌خود اختصاص می‌دهد (FAO، ۲۰۱۴).رنگ ماهیان زینتی از مهم‌ترین مشخصات ارزش‌گذاری این ماهیان می‌باشد(غیاثوند و همکاران، ۱۳۸۷).رنگ یکی از فاکتورهای عمده تعیین کننده قیمت آکواریومی در بازار جهانی است. ماهیان سیچلاید یکی از ماهیان عمومی و مورد پسند آکواریوم‌داران است. پوست ماهیان سیچلاید دارای ترکیب رنگی گوناگون است. رنگ ماهیان به‌دلیل حضور کروماتوفور که محتوی رنگدانه است بود که معمولاً روی پوست حضور دارند. چهار گروه رنگدانه اصلی مسئول ایجاد رنگ در بافت و پوست حیوانات و گیاهان می‌باشند که عبارتند از ملانین، پورین، پریدیوم و کارتنوئید (Fuji، ۱۹۶۹). کارتنوئیدها رنگ‌های مختلف با ایجاد کمپلکس‌های خاص کارتنوئیدها و کارتنوئید-پروتئین تولید می‌شوند. به‌دلیل این‌که کارتنوئیدها فقط توسط گیاهان سنتز می‌شوند و در بافت‌های جانوری دست‌خوش تغییر می‌شوند، لذا ماهیان می‌بایست آن‌ها را طریق جیره غذایی خود دریافت کند (Boonyaratpalin و Lovell، ۱۹۷۷). رنگ بدن موجودات زنده تابع دو عامل ژنتیکی و تغذیه‌ایی می‌باشد. منابع طبیعی کارتنوئیدها، اغلب حاوی ترکیبی از رنگدانه‌های مختلف می‌باشد. که اغلب آن‌ها ثابت نیست و رنگ خیلی غیریکنواختی ایجاد می‌کنند که به‌نسبت کارتنوئیدهای مختلف وابسته است. با این‌حال استفاده از کارتنوئیدهای سنتزی رایج‌تر بوده که علت آن دسترسی آسان آن‌ها بوده و این‌که همیشه حاوی یک رنگدانه خاص می‌باشد (Sales و Janssens، ۲۰۰۳). امروزه سعی شده که رنگدانه‌ها به‌صورت اختصاصی، با منشاء طبیعی و سنتتیک جهت مصرف در تغذیه آبزیان پرورشی ازجمله آزادماهیان در سطح گسترده تولید و عرضه شوند (Pham و همکاران، ۲۰۱۴). بتاکاروتن یکی از رنگدانه‌های طبیعی باخاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی بوده‌وهم‌چنین به‌عنوان پیش‌ساز ویتامین A در انسان و حیوان به‌کار می‌رود و به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی که این رنگدانه دارد، از آن در تهیه مکمل‌های غذایی و دارویی استفاده می‌شود (Cui و همکاران، ۲۰۱۲). ریزجلبک‌ها از منابع غنی کارتنوئیدها هستند که از این گروه می‌توان به کلرلا، اسپیرولینا و هماتوکوکوس اشاره کرد (Gupta و همکاران، ۲۰۰۶). اسپیرولینا یک جلبک سبز- آبی، تاژکدار و مارپیچی شکل به قطر ۱۲ میکرون و منبع غنی از پروتئین، ویتامین، اسیدهای‌آمینه و چرب ضروری، مواد معدنی و رنگدانه‌های آنتی‌اکسیدانی درنظر گرفته می‌شود (Diraman و همکاران، ۲۰۰۹). به‌دلیل مواد مغذی مناسب و رنگدانه‌های مهم در این ریزجلبک کاربردهای فراوان در صنایع بهداشتی آرایشی و مکمل غذایی دام و طیور و آبزیان دارد. در حال حاضر دیدگاه مصرف غذاهای گیاهی و مفید با عنوان غذاهای با توان عملکردی در بدن یا Functional foods در غذای انسانی بسیار مورد توجه است و عملکرد بهبود بخش این نوع جیره‌ها برای ارگانیسم، دلیل گرایش به این نوع تغذیه است. بدیهی است به‌کارگیری این نوع نگرش در تغذیه دام و جانوران نیز باعث بهبود عملکرد رشد و زادآوری جانوران باشد (Clifford و همکاران، ۲۰۱۵). رنگدانه طبیعی استخراج شده از چغندر *Betta vulgaris* به‌عنوان یک رنگ خوراکی شناخته شده در صنایع مختلف بوده و قدرت آن از بسیاری از رنگ‌های سنتزی نیز بیش‌تر است.وجود ترکیبات گوناگون رنگی فلاونوئیدی و کاروتنوئیدی در چغندر قرمز علاوه بر وجود رنگ مناسب که در صنعت به‌نام رنگ E162 معروف است یک آنتی‌اکسیدان غذایی قوی و یک ضداسترس بسیار فعال در بدن جانوران و انسان شناخته شده است (Clifford و همکاران، ۲۰۱۵).درخصوص پارامترهای رشد آبزیان مختلف نسبت به اضافه کردن رنگدانه‌های غذایی به گونه‌های متفاوتی عکس‌العمل نشان داد به گونه‌ایی که در برخی افزایش رشد داشته به‌طور مثال: در اثر استفاده‌ازرنگدانه آستاگزانتین درجیره‌آزادماهی اطلس(*Salmo salar*) و تیلاپیای قرمز (*Red Oreochromis niloticus*) موجب افزایش رشد ماهیان شده است (Boonyaratplin و Unprasert، ۱۹۸۹؛ Torrissen، ۱۹۸۴). ولی در برخی روی رشد اثر معنی‌داری نداشته به‌طور مثال: استفاده از رنگدانه‌های بتاکاروتن و آستاگزانتین در جیره میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*) و میگوی ژاپنی (*Penaeus japonicas*) اثر معنی‌داری روی رشد و بقا میگوها مشاهده نشد (Boonyaratpalin و همکاران، ۲۰۰۱؛ Yamada و همکاران، ۱۹۹۰). استفاده از عصاره جلبک به‌عنوان افزودنی غذایی فواید زیادی دارد ازجمله:افزایش کیفیت، سلامت و خوش طعم شدن غذا، افزایش رشد و ایمنی در آبزیان، بهبود فلور طبیعی معده و روده، افزایش تولید شیر در دام‌های اهلی و غیره (Chojnacka و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی اثرات فلفل قرمز، گل همیشه بهار و آستاگزانتین مصنوعی را بر روی رنگ‌پذیری و رشد میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*)در تحقیقی اثرات فلفل قرمز، گل همیشه بهار و آستاگزانتین مصنوعی را بر روی رنگ‌پذیری و رشد میگوی ببری سیاه میزان بقا نشان داد (Talebi و همکاران، ۲۰۱۱). تاثیر فلفل دلمه‌ای قرمز را بر رشد، رنگ‌پذیری بافت و فاکتورهای خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار دادند که نتایج این تحقیق نشان از تاثیر مثبت این رنگدانه گیاهی بر فاکتورهای یاد شده داشت (Talebi و همکاران، ۲۰۱۱).مطالبات بازار غذا برای یافتن رنگدانه‌های مناسب برای ماهیان زینتی به‌ویژه مواد ارزان و سالم برای ماهیان آکواریومی لزوم تحقیق اثر رنگدانه طبیعی موجود در جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد بر رنگ‌پذیری ماهی سیچلاید زرد آبی (*Labidochromi caeruleus*) می‌باشدو مشاهده ماندگاری رنگ القایی بر آن‌ها، علت انجام تحقیق حاضر بوده است. با توجه به این‌که پرورش

ماهیان زینتی در چند سال اخیر گسترش یافته و با توجه به اهمیت وجود مقادیر زیادی از منابع جلبک‌های دریایی در کشور ایران به‌ویژه در خلیج فارس و این مهم که تاکنون روی توان رنگ‌پذیری ماهیان زینتی به‌هنگام استفاده از این جلبک‌ها و تأثیر آن‌ها بر فاکتورهای رشد، تحقیقی صورت نگرفته است، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات کارتنوئید بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد بر فاکتورهای رشد و میزان کاروتنوئیدهای ذخیره شده در بافت و پوست انتخاب منبعی جدید و طبیعی به‌عنوان مکمل غذایی افزایش‌دهنده رنگ و رشد در ماهیان زینتی انجام گردید مطالعات چندانی درباره تأثیر رنگدانه‌های مصنوعی بتاکاروتن و طبیعی بر روی ماهیان سیچلاید صورت نگرفته است. بنابراین این تحقیق برای مقایسه میان رنگدانه مصنوعی بتاکارتن و رنگدانه‌های طبیعی موجود در جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد انجام شد. لذا با توجه به موارد ذکر شده این تحقیق با اثر رنگدانه بتاکاروتن و رنگدانه‌های طبیعی جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد بر رنگ‌پذیری و شاخص‌های رشد در ماهی سیچلاید زرد آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه جیره: در این مطالعه اثر ۴ جیره آزمایشی (تیمار شاهد و ۳ تیمار تغذیه‌ای با جیره حاوی رنگدانه) روی ماهی ماکرو از نظر اثر رشد، تکامل گنادی، بافت و رنگی شدن مورد آزمایش قرار گرفت. از غذای کنسانتره تجاری (بیومار ساخت شرکت فرانسه) به‌عنوان جیره پایه برای گروه شاهد استفاده شد. ترکیبات تقریبی جیره استفاده شده شامل، ۰/۴۷ پروتئین، ۸/۵ چربی، ۱۰/۵ خاکستر و ۰/۶ رطوبت بود. برای تهیه غذای تیمار طبیعی، رنگدانه بتاکاروتن به‌میزان ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پودر جلبک اسپیرولینا و پودر فلفل دلمه‌ای به‌میزان ۱۰ گرم در کیلوگرم به جیره پایه اضافه شد. روش تهیه جیره بدین‌صورت بود که برای اضافه کردن رنگدانه‌های کارتنوئیدی (بتاکاروتن، پودر جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ای) به غذای پایه در ابتدا مقداری رنگدانه‌های مصرفی برای 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. در انتها جیره‌ها روی یک سطح صاف و تمیز پهن شدند. جیره‌ها پس از خشک شدن در دمای اتاق، جمع‌آوری و به‌طور در نایلون‌های شماره‌گذاری شده در فریزر با درجه حرارت ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. برای اطمینان از ترکیبات شیمیایی تیمارهای غذایی ساخته شده، نمونه‌ای از هریک از آن‌ها در آزمایشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تهیه ماهی و طراحی آزمایش: این پژوهش در سال ۱۳۹۵ در مرکز تحقیقات آبزی‌پروری شهیدفضلی‌برآبادی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. در این مطالعه، ماهیان ماکرو (با میانگین وزنی ۲/۵۱±۰/۳۵ گرم و میانگین طول ۵/۳۵±۰/۰۵ سانتی‌متر) از مراکز فروش ماهیان زینتی شهر گرگان در استان گلستان تهیّه و به‌مدت دو هفته با شرایط آزمایشگاه سازگار شدند. آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در هر سطح، به‌مدت ۸ هفته انجام شد. هر تیمار به‌میزان ۲ درصد وزن بدن، ۲ بار در روز تغذیه می‌شدند. مدفوع و دیگر مواد باقی‌مانده هر روز صبح از مخازن خارج می‌شد. در طول دوره آزمایش، دمای آب ۲۶/۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول در آب ۶/۱±۰/۵ میلی‌گرم در لیتر و پی‌اچ آب ۸/۱۳±۰/۰۲ بود. در هر آکواریوم (با ابعاد ۷۰×۴۰×۳۰ سانتی‌متر) ۱۰ قطعه ماهی در ۶۰ لیتر آب قرار گرفتند.

شاخص‌های رشد: در پایان دوره ۸ هفته، برای بررسی روند رشدی ابتدا ماهیان ماکرو به‌مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شده و توسط پودر گل میخک بی‌هوش و سپس نمونه‌برداری به‌صورت کاملاً تصادفی (از هر تیمار ۹ ماهی) انجام گردید. برای اندازه‌گیری طول و وزن ماهیان به‌ترتیب از کولیس و ترازوی یک هزارم استفاده شد. شاخص‌های بررسی‌شده در دوره پرورش شامل نرخ رشد ویژه (Specific growth rate: SGR)، میانگین درصد افزایش وزن بدن (Weight growth rate: WGR)، میانگین درصد افزایش طول بدن (Length growth rate: LGR) ارتفاع بدن (Bodyheight)، طول کل (Total length)، وزن کل (Total weight)، ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio: FCR)، فاکتور وضعیت یا ضریب چاقی (CF:Condition factor) و درصد بازماندگی (Survival rate: SR) براساس روابط زیر محاسبه شدند (Promyaet و همکاران، ۲۰۱۱):

- SGR (%/day) = [(LnWt - LnWi) / T] ×100

- WGR (%) = [(Wt – Wi/ Wi)] ×100

- FCR = [کل غذای خورده شده (g) / افزایش وزن تر بدن (g)]

- CF = Wt × Lt -3 × 100

-SR (%)= (تعداد کل ماهی سالم زنده باقی‌مانده/تعداد کل ماهی اولیه) ×۱۰۰

که در آن Wt و Lt به‌ترتیب میانگین وزن و طول نهایی، Wi و Li به‌ترتیب میانگین وزن و طول اولیه بچه ماهیان و T طول دوره پرورش می‌باشند.

سنجش کارتنوئید: در پایان آزمایش از هر تیمار ۹ ماهی (هر تکرار ۳ ماهی) برای اندازه‌گیری کارتنوئید کل به‌طور تصادفی انتخاب و هم‌چنین در پایان آزمایش شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شدند. نمونه پوست ماهیان از هر دو طرف بدن، بین ناحیه شکمی و سینه‌ای برداشته شد. ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه پوست درون لوله فالکن ۲۰ میلی‌لیتری قرار داده و سپس ۱۰ میلی‌لیتر استن، ۱ گرم سولفات سدیم بدون آب به نمونه اضافه و سپس هموژن شدند. نمونه‌ها به‌مدت ۳ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شدند و سپس توسط کاغذ صافی واتمن ۱ شماره ۴ فیلتر شدند. عصاره حاصل ۳ یا ۴ بار با ۱۰ میلی‌لیتر

استن‌شسته‌شد و سپس میزان رنگدانه در ۴۵۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتری انجام شد. سپس با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج Chroma Meter CR -۴۰ اندازه‌گیری گردید. در این آزمایش اطلاعات داده شده توسط دستگاه در قالب ۳ پارامتر فاکتور *L، *a و*b بیان شد. *L مولفه رنگ روشنایی و شفافیت، *a مولفه قرمز تا سبز و *b مولفه رنگ آبی تا زرد می‌باشد.

آنالیز آماری: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه تجزیه و تحلیل آماری شد. آنالیزداده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۹ انجام‌شد. برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون shapiro-wilk و برای همگنی واریانس از آزمون لون استفاده شد. به‌منظور بررسی وجود یا نبود اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده گردید. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه دانکن و با درصد اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار نشان داده شدند.

نتایج

آنالیز اسپکتروفتومتری برای مشاهده تغییرات رنگ پوست و بافت ماهیانی که با رنگدانه‌های مختلف تغذیه شده بودند، صورت پذیرفت که نتایج آن در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. جدول ۱میانگین پارامتر رنگ ظاهری بافت ماهی ماکرو در طی ۵۶ روز دوره پرورش را نمایش می‌دهد. در گروه شاهد با میانگین ۱/۳۴±۶۳/۳۵ کم‌ترین و در تیمار ۳ بامیانگین ۰/۲۸±۶۶/۱۰ بیش‌ترین میزان مولفه L رانشان داد. در تیمار ۳ با میانگین ۰/۵۶±۳/۹۰ کم‌ترین و در تیمار ۱ با میانگین ۷۰/۶۹±۴/۱ بیش‌ترین میزان مولفه a را نشان داد. در گروه شاهد و تیمار ۳ با میانگین ۰/۰۰±۶/۷۰ کم‌ترین و در تیمار ۲ با میانگین ۵۰/۰۰±۷/۰ بیش‌ترین میزان مولفه b را نشان داد. در هر سه مولفه پارامتر رنگ‌ظاهری بافت، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵). جدول۲ میانگین پارامترهای رنگ ظاهری پوست ماهی ماکرو در گروه تیمار ۴ با میانگین ۵/۲۰±۷۴/۳۶ و در گروه شاهد با میانگین ۳۴/۷۵±۷۸/۲ بیش‌ترین میزان مولفه L را نشان داد. در تیمار ۲ با میانگین ۲/۱۶±۶/۲۷ کم‌ترین و در تیمار ۴ با میانگین ۱/۸۳±۷/۵۰ بیش‌ترین میزان مولفه a را نشان داد. در تیمار ۳ با میانگین ۳/۸۲±۱۹/۳۸ کم‌ترین و در تیمار ۴ با میانگین ۳/۵۰±۲۵/۲۷ بیش‌ترین میزان مولفه b را نشان داد. در هر سه مولفه پارامتر رنگ ظاهری پوست تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۱: رنگ ظاهری بافت ماهی ماکرو در تیمارهای مختلف

عنوان	مولفه *L (طیف شفافیت و روشنایی)	مولفه *a (طیف قرمز تا سبز)	مولفه *b (طیف آبی تا زرد)
گروه شاهد	۱/۳۴±۶۳/۳۵	۰/۰۰± ۴/۳۰	۰/۰۰ ± ۶/۷۰
تیمار ۱	۳/۳۲±۶۵/۸۵	۱/۶۹±۴/۷۰	۰/۰۰±۷/۵۰
تیمار۲	۰/۵۶±۶۵/۹۰	۰/۵۶±۴/۷۰	۰/۰۰±۶/۷۰
تیمار۳	۰/۲۸±۶۶/۱۰	۰/۵۶±۳/۹۰	۱/۱۳±۶/۷۰

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده است.

جدول ۲: رنگ ظاهری پوست ماهی ماکرو در تیمارهای مختلف

عنوان	مولفه *L (طیف شفافیت و روشنایی)	مولفه *a (طیف قرمز تا سبز)	مولفه *b (طیف آبی تا زرد)
گروه شاهد	۲/۷۵±۷۸/۳۴	۱/۹۶±۶/۷۱	۵/۴۶±۲۱/۹۶
تیمار۱	۳/۳۵±۷۸/۱۶	۱/۹۰±۷/۲۳	۵/۹۴±۲۳/۲۷
تیمار۲	۶/۵۰±۷۷/۵۲	۱/۱۶±۶/۲۷	۳/۸۲±۱۹/۳۸
تیمار۳	۵/۲۰±۷۴/۳۶	۱/۸۳±۷/۵۰	۳/۵۰±۲۵/۲۷

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده است.

پارامترهای رشد: درجدول ۳ نتایج نشان داد که بعد از ۵۶ روز بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در اضافه وزن، درصد افزایش وزن، درصد بقا، فاکتور وضعیت، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذا وجود نداشت(P>۰/۰۵). در واقع نوع رنگدانه‌های به‌کار برده شده فاقد تاثیر معنی‌دار بر شاخص‌های رشد مورد بررسی بوده است. البته وزن و فاکتور وضعیت به‌دست آمده در گروه شاهد نسبت به دیگر تیمارها به‌طور غیرمعنی‌دار افزایش یافته و هم‌چنین ضریب رشد ویژه در تیمار ۴ که حاوی بتاکاروتن است به‌طور غیرمعنی‌دار افزایش یافته است.

جدول۳: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در ماهیان ماکرو تغذیه شده با تیمارهای آزمایشی (شده با رنگدانه بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل‌دلمه‌ای زرد) طی ۵۶ روز دوره پرورش

متغیر	تیمار۱	تیمار۲	تیمار۳	تیمار۴
اضافه وزن	۱/۸۷±۰/۵۲	۱/۷۰ ±۰/۶۵	۱/۷۱±۰/۷۴	۱/۷۷±۰/۵۱
درصدافزایش وزن	۷۴/۴۹±۱۹ /۷۶	۶۹/۸۶ ±۲۶/۸۵	۷۰/۰۲±۳۲/۴۲	۷۷/۵۹±۲۳/۸۴
درصد بقا	۸۰/۸۳	۸۰/۸۳	۸۰/۸۳	۸۰/۸۳
فاکتور وضعیت	۱/۸۶±۰/۸۸	۱/۷۷±۰/۱۱	۱/۸۱±۰/۱۱	۱/۸۳±۰/۹۵
ضریب رشد ویژه	۰/۹۸±۰/۱۹	۰/۹۳±۰/۲۷	۰/۹۲±۰/۳۴	۱±۰/۹۲
ضریب تبدیل غذا	۱/۰۱±۰۰۵۷	۱/۰۱±۰/۰۰۷۴	۱/۰۱±۰/۰۰۷۹	۱/۰۱±۰/۰۰۶۷

داده‌ها به‌صورت میانگین ± انحراف معیار ارائه شده است.

بحث

نوع رنگ ماهیان به‌وسیله سیستم‌های عصبی آندوکرینی کنترل می‌شود، اما رنگدانه‌های منابع غذایی نیز نقش مهمی در تعیین رنگ ایفا می‌کنند(Chatzifotisو همکاران، ۲۰۰۴).امروزه تحقیقات بسیاری درخصوص استفاده از رنگدانه‌های با منبع طبیعی برای ایجاد تغییر رنگ در ماهی و یا گوشت ماهی صورت می‌گیرد. علت آن را می‌توان در قیمت مناسب این مواد و هم‌چنین اثرات بهداشتی شناخته شده آن‌ها دانست، زیرا این مواد هم دارای اثرات تغذیه‌ایی (میزان پروتئین ۲۸ تا ۹۳ درصد، کربوهیدرات ۴۰ تا ۵۷ درصد و چربی کل ۹ تا ۱۴ درصد) و نیز رنگدانه‌ایی می‌باشند (غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۷). طبق نتایج تحقیق حاضر رنگدانه‌های بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد به‌کار برده شده در جیره غذایی ماهی سیچلاید زرد آبی تاثیری معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و رنگ‌پذیری در بافت و پوست نداشت. بررسی نتایج این آزمایش نشان داد که از نظر تجزیه و تحلیل شاخص‌های روشنایی،قرمزی‌وزردی‌بین تیمارهادر طول دوره آزمایش، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج به‌دست آمده در تحقیق اخیر با تحقیق Booth و همکاران(۲۰۰۴) که از سطوح مختلف آستاگزانتین به‌جیره غذایی ماهی سرخو (*Pagrus auratus*) استفاده‌نمودند با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. Pham و همکاران (۲۰۱۴)، اثرات سطوح مختلف کارتنوئیدها را روی کفشک زیتونی *Paralichthys olivaceus* اندازه‌گیری‌نمودنداین‌محققین‌اختلاف معنی‌داری بر روی شاخص‌های روشنایی، قرمزی و زردی بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نکردند. از سوی‌دیگر در تضادبا نتایج تحقیق، Kurnia و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند رنگ‌آمیزی عضله توسط آستاگزانتین از باکتری‌های دریایی *Paracoccus* sp. و آستاگزانتین مصنوعی را در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Onchorhynchus mykiss*) بررسی نمودند. نتایج نشان داد که میزان کارتنوئید کل در عضله ماهیان تغذیه شده با آستاگزانتین از باکتری‌های‌دریایی‌به‌طورمعنی‌داری‌بیش‌تر است. Rahman و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند، اثرات آستاگزانتین را روی رنگ‌آمیزی ماهیان جوان قزل‌آلای رنگین‌کمان با دوزهای ۰، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا گزارش نمودند. نتایج نشان داد که دوز ۵۰ میلی‌گرم بیش‌ترین مقدار رنگ‌آمیزی را نشان داده است مطابق با نتیجه این تحقیق، با افزایش غلظت رنگدانه‌ها در جیره غذایی، میزان کارتنوئید کل در پوست‌افزایش‌می‌یابد. Buyukcapar و همکاران(۲۰۰۷) گزارش دادند که استفاده از فلفل دلمه قرمز و عصاره گیاه جعفری (*Tasetes erecta*)به‌عنوان رنگدانه طبیعی روی رنگ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تأثیرگذار بود. با توجه به تحقیق Jagadeesh و همکاران (۲۰۱۵) اثر کارتنوئید گیاهی را در سطح ۱۲۰ ppm در افزایش رشد و بازماندگی ماهی زینتی مفید دانستند. هم‌چنین مطالعه‌ای که توسط عباسی‌عقدا و همکاران (۱۳۹۵) بر اثر پوست سبز گردو بر روی ماهی اسکارآلبینو انجام شده بود، نشان دادکه اضافه شدن خوراکی پوست سبز گردو در غذای‌ماهیان‌باعث‌تغییر‌رنگ‌معنی‌دار‌در‌پوست‌آن‌ها می‌شود. Awasthi و همکاران (۲۰۱۴) اثر پودر جعفری را به‌عنوان کارتنوئید گیاهی بر رنگ‌پذیری ماهی گورامی بررسی و افزایش رنگدانه را مشاهده کردند. نتایج تحقیق Ghiasvand و همکاران (۲۰۰۶) که رنگدانه‌های طبیعی موجوددرفلفل‌دلمه‌قرمزگوجه‌وهویج‌رابارنگدانه‌مصنوعی آستاگزانتین درماهی اسکار سفید مقایسه کردند، نشان داد تجمع رنگدانه در پوست تیمار آستاگزانتین بیش‌تر از سایر تیمارها بود. با توجه به تحقیقات انجام شده با نتایج تحقیق حاضر متناقص است. با توجه به تحقیق حاضر شاید با به‌کار بردن غلظت‌های بیش‌تر و یا مدت زمان تغذیه طولانی‌تر تاثیر متفاوتی ایجاد نماید. هم‌چنین Kalinowski و همکاران (۲۰۰۷) باشد، آن‌ها گزارش کردند که تغییرات رنگ در ماهی‌های مختلف می‌تواند به سن، شرایط محیط، تفاوت در منبع رنگدانه‌ای و یا طول‌مدت زمان قرار گرفتن غذا برای ماهیان باشد. هم‌چنین گزارش نمودند که غذا تنها فاکتور موثر بر تغییر رنگ پوست نمی‌باشد بلکه استرس‌های‌محیطی‌بر‌این‌امر‌نیز‌موثر‌می‌باشد. این یافته با نتایج حاصل از تحقیق Wang و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. آن‌ها تأثیر کارتنوئیدهای مختلف شامل آستاگزانتین، بتاکاروتن و ترکیبی از این دورابه‌نسبت ۱ به ۱ در‌جیره‌بر‌رنگیزگی‌ماهی‌کاراسین *Hyphessobrycon callistus* مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که رنگ و محتوای کارتنوئید بدن با افزایش غلظت کارتنوئیدها در رژیم غذایی افزایش یافت. استفاده از پودر جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی گربه ماهی عظیم‌الجثه تا سطح ۱/۵ درصد تفاوت معنی‌داری را در مقابل کارتنوئید کل بدن ماهی با تیمار شاهد نشان نداد، ولی در سطح ۱۴ درصد از پودر جلبک افزایش‌مقدار‌کارتنوئید‌مشاهده شد (Tongsiri و همکاران، ۲۰۱۰). Kop و Durmaz (۲۰۰۸) مقایسه‌ای را بین تأثیر استفاده‌از‌رنگدانه‌های‌طبیعی‌ومصنوعی‌بر‌رنگ سیکلید (*Cichlasoma severum*) ترتیب دادند که در این تحقق از آستاگزانتین مصنوعی و بتاکاروتن و پودر جلبک *Porphyridium cruentum* حاوی بتاکاروتن با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر‌کیلوگرم جیره غذایی در مدت ۵۰ روز استفاده شد که در پایان دوره تحقیق مشاهده شد که در گروه تغذیه شده با آستاگزانتین، تغییر رنگ قابل ملاحظه‌ای مشهود است (۰/۲±۰/۳۴ میلی‌گرم بر‌کیلوگرم‌میزان‌کارتنوئید کل بدن)ودر‌گروه‌های‌دیگر تغییر اندکی در رنگ پوست با میزان ۰/۲±۰/۲۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۱±۰/۲۶ میلی‌گرم بر‌کیلوگرم‌به‌ترتیب‌برای‌بتاکاروتن‌و *C. cruentum* مشاهده‌شده‌است(Kopو Durmaz، ۲۰۰۸).تفاوت‌در‌بین‌نتایج گزارش شده از محققین مختلف ممکن است به شرایط محیطی مختلف،یا به‌کار بردن غلظت‌های بیش‌تر رنگدانه و نوع گونه نسبت داده شود.

این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از رنگدانه بتاکاروتن، جلبک اسپیرولینا و فلفل دلمه‌ایی زرد تاثیری در شاخص‌های رشد و افزایش میزان کارتنوئیددر بافت و پوست ماهی ماکرو نداشت. لذا برای استفاده از این کارتنوئیدها به‌منظور افزایش بازارپسندی ماهیان زینتی، بهتر است نتایج این تحقیق مورد بررسی بیش‌تری قرار گیرد.

منابع

۱. **عباسی‌عقدا، م.؛ وثوقی، ع. و متین‌فر،م.، ۱۳۹۵**. بررسی اثر پوست سبز گردو بر رشد ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*). مجله پژوهش‌های علوم‌وفنون دریایی.دوره ۱۱،شماره ۱،صفحات ۱۱ تا ۲۱.

۲. **غیاثوند، ز. و شاپوری، م.، ۱۳۸۷**. تاثیر رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی و مقایسه اثر آن‌ها بر ماهی اسکار سفید. مجله بیولوژی دریا. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۷۸ تا ۸۵.

۳. **Awasthi, M.; Kashyap, A. and Serajuddin, M., 2014**. Effect of Plant Meal as a Carotenoid Source on the Development of Pigmentation in Dwarf Gourami, *Colisa lalia*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. Vol. 84, pp: 1031-1034.

۴. **Buyukcapar, H.M. and Yanar, M. 2007**. Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carotenoids from marigold flower (*Tagetes erecta*) and red pepper (*Capsicum annum*). Turkish Journal of Veterinary and Animal. Vol. 31, pp: 7-12.

۵. **Boonyaratpalin, M. and Lovell, R.T., 1977**. Diet preparation for aquarium fishes. Aquaculture. Vol. 12, pp: 53-62.

۶. **Boonyaratpalin, M.; Thongrod, S.; Supamattarya, K.; Britton, G. and Schlipalius, L.E., 2001**. Effect of β-caroten source, Dunalied Salina and astaxanthin on pigmentation, growth, survival and health of *Penaeus monodoon*. Aquaculture Research. Vol. 32, pp: 182-190.

۷. **Boonyaratpalin, M. and Unprasert, N., 1989**. Effect of pigments from different sources on colour changes and growth of red *Oreocromis niloticus*. Aquaculture. Vol. 79, pp: 375-380.

۸. **Booth, M.; Warner–Smith, R.; Allan, G. and Glencross, B., 2004**. Effects of dietary astaxanthin source and light manipulation on the skin colour of Australian snapper *Pagrus auratus*. Aquaculture Research. Vol. 35, No. 5, pp: 458-464.

۹. **Chatzifotis, S.; Pavlidis, M.; Jimeno, C.; Vardanis, P. and Divanach, P., 2004.** The effect of carotenoid sources on skin coloration of red Porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture Europe Conference. pp: 70-78.

۱۰. **Clifford, T.; Howatson, G.; West, D.J. and Stevenson, E.J., 2015**. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. Nutrients. Vol. 7, pp: 2801-2822.

۱۱. **Cui, B.; Liu, S.; Wang, Q. and Lin, X., 2012.** Effect of β Caroteneonimmunityfunction&tumorgrowth in hepatocellular carcinoma rats. Molecules. Vol.17, pp: 8595-8603.

۱۲. **Diraman, H.; Koru, E. and Dibekioglu, H., 2009**. Fatty acid profile of *Spirulina platensis* used as a food supplement. The Israeli J of Aquaculture Bamidgeh. Vol. 61, pp: 134-142.

۱۳. **FAO. 2014.** Food and Agricultural Organization of United Nations (FAO), Rome, Updated 27 May 2014. Sales, J. and Janssens, G., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. Aquatic Living Resources. Vol. 16, pp: 533-540.

۱۴. **Fuji, R., 1969**. Chromatophores and pigments. In: Hoar WS, Randall DJ (eds) Fish physiology. Reproduction and growth. Bio luminescence, pigments and poisons. Academic Press, New York. Vol. 111, pp: 301-353.

۱۵. **Gupta, S.K.; Jha, A.K.; Pal, A.K. and Venkateshwarlu, G., 2006.** Use of natural carotenoids for pigmentation in fish. Natural Product Radiance. Vol. 6, pp: 46-49.

۱۶. **Jagadeesh, T.; Murthy, H.S.; Surendranath, S.; Panikkar, P.; Manjappa, N. and Mahesh, V., 2015**. Effects of supplementation of marigold (*tagetes erecta*) oleoresin on growth, survival and pigmentation of rosy barb, *puntius conchonius* (hamilton). An Internal Quarterly Journal of Life Sciences. Vol. 10, No. 3, pp: 1431-1435.

۱۷. **Kalinowski, C.T.; Izquierdo, M.S.; Schuchardt, D. and Robaina, L.E., 2007.** Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy skin colour and carotenoid concentration. Aquaculture. Viol. 272, No. 1, pp: 451-457.

۱۸. **Kop, A. and Durmaz, Y., 2008**. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum*). Aquaculture. Vol. 16, pp: 117-122.

۱۹. **Kurnia, A.; Satoh, S.; Haga, Y.; Kudo, H.; Nakada, M.; Matsumura, H.; Watanabe, Y. and Adachi, S., 2015.** Muscle coloration of rainbow trout with astaxanthin sources from marine bacteria and syntheticastaxanthin. J Aquac Res Development. Vol. 6, No. 5.

۲۰. **Pham, M.A.; Byun, H.G.; Kim, K.D. and Lee, S.M., 2014**. Effects of dietary carotenoid source and level on growth, skin pigmentation, antioxidant activity and chemical composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture. Vol. 431, pp: 65-72.

۲۱. **Promya, J. and Chitmant, C., 2011.** The effect of *Spirulinaplatensis* and *Cladophora* alga on the growth performance, meat quality and immunity simulating capacity of the African sharotooth catfish. International Journal of Agriculture & Biology. Vol. 13, pp: 77-82.

۲۲. **Talebi, M.; Khara, H.; Zoriehzahra, J.; Ghobadi, Sh.; Khodabandelo, A. and Mirrasooli, E., 2011**. TheEffects of Lutein on Growth and Blood Factors of Rainbow Trout. International Conference on Chemical, Ecology and Environmental Sciences (ICCEES'2011), Dec. 17-18, 2011 in Pattaya, Thailand.

۲۳. **Talebi, M.; Khara, H.; Zoriehzahra, J.; Ghobadi, Sh.; Khodabandelo, A. and Mirrasooli, E., 2013**. Study on Effect of Red Bell Pepper on Growth, Pigmentation and Blood Factors of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). World Journal of Zoology. Vol. 8, No. 1, pp: 17-23.

۲۴. **Tongsiri, S.; Mang-Amphan, K. and Peerapornpisal, Y., 2010.** Effect of replacing fishmeal with spirulina on growth, carcass composition and pigment of the mekong giant catfish. Asian Journal of Agricultural Sciences. Vol. 2, pp: 106-110.

۲۵. **Torrissen, O.J., 1984**. Pigmentation of salmonids; Effect of carotenoids in egg and start feeding diet on survival and growth rate. Aquaculture. Vol. 43, pp: 185-193.

۲۶. **Wang, Y.J.; Chien, Y.H. and Pan, C.H., 2006.** Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of *Hyphessobrycon callistus*. Aquaculture. Vol. 261, pp: 641-648.

۲۷. **Yamada, S.; Tanaka, Y.; Sameshima, M. and Ito, Y., 1990.** Pigmentation of prawn *Penaeus japonicas* with carotenoids. Aquaculture. Vol. 87, pp: 323-330.