دو فصلنامه علوم تکثیر و آبزی‌پروری/ سال سوم/ شماره ششم/ بهار و تابستان۹۴ / صفحات۴۰-۱۹

بررسی تأثیر استفاده از بیومس جلبک اسپیرولینا و هویج بر رنگ‌آمیزی بدن سیکلیدمالاوی زبرا(*Pseudotropheus zebra*)

مهران جواهری*[۱]، عبدالرحیم پذیرا[۱]، امید پیرنیا[۱]، سحر کلانتر هرمزی[۲]

چکیده

در این پژوهش تأثیر پودر اسپیرولینا (*Arthrospira maxima*) و هویج (*Daucus carota*) بر تغییرات رنگ بدن۳۳۰ قطعه ماهی سیکلید مالاوی زبرا (*Pseudotropheus zebra*) با وزن متوسط ۱۵ گرم در دوره‌ی سی و پنج روزه، جهت بررسی تأثیر آنها بر رنگ ماهیان، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان بهینه استفاده از هویج به صورت بخارپز شده ترکیبی با جیره تر برای این گونه ۲۰ درصد بوده و تمام فاکتورهای بررسی شده به استثنای فاکتور ته رنگ نسبت به گروه شاهد دارای اختلاف معناداری بودند($P<۰.۰۵$) و در آزمایش دوم نیز سطح ۱۵ درصد اسپیرولینا بهترین نتایج را نسبت به سطوح دیگر نشان داد و تمام فاکتورهای مورد بررسی نسبت به گروه شاهد اختلاف معناداری را نشان دادند ($P<۰.۰۵$). در نتایج رنگ سنجی فاکتور، در هر دو آزمایش بیشترین تغییرات را بروز داد و به طور کلی اشباع شدن طیف رنگ آبی بسیار مشهود تر از طیف قرمز رنگ بود. در این مطالعه اسپیرولینا به عنوان ماده کارتنوئیدی برتر تعیین شد.

کلید واژه: سیکلید مالاوی زبرا (*Pseudotropheus zebra*)، کارتنوئید، اسپیرولینا(*Arthrospira maxima*)، هویج(*Daucus carota*)، رنگ سنجی.

۱- گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران mehranjavaheri@gmail.com

۲- گروه شیلات، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

۱- مقدمه

در پرورش ماهیان زینتی مهمترین عاملی که به طور مستقیم بر قیمت فروش ماهی تأثیرگذار است رنگ‌آمیزی جذاب و تنوع رنگ در این ماهی هاست (Gouveia et al., 2003; Wang et al., 2006; Kop, 2008). طیف رنگ‌های زرد، نارنجی، قرمز و آبی موجود در پوست و گوشت ماهی‌ها ناشی از رسوب رنگدانه‌هایی تحت عنوان کارتنوئیدهاست. علاوه بر این کارتنوئیدها جزء مواد مغذی ضروری رشد، متابولیسم و تولید مثل می‌باشند (Torrissen and Christiansen, 1995; Storebakken, 1992;Hata and Hata, 1975). در محیط‌های طبیعی ماهیان نیاز خود به کارتنوئیدها را از طریق مصرف مواد گیاهی یا از طریق زنجیره‌های غذایی تأمین می‌کنند در حالی که در شرایط پرورش متراکم، ماهیان منحصراً با غذاهای ترکیبی تغذیه می‌شوند که می بایست توسط کارتنوئیدها غنی‌سازی شوند (Gouveia et al., 2003)، چرا که اکثر جانوران از جمله ماهیان قادر به سنتز کارتنوئیدها نمی باشند(Hata and Hata, 1975). در حال حاضر افزایش رنگ از طریق استفاده از کارتنوئیدها در جیره غذایی توجه محققان را به خود جلب کرده است (Sinha et al.,2007). کارتنوئیدها شامل بیش از ۶۰۰ رنگدانه طبیعی قابل حل در چربی هستند (Ong and Tee, 1992) که در درون جلبک‌ها، فیتوپلانکتون و گیاهان عالی تر تولید می‌شوند و گسترده‌ترین و متنوع ترین مواد رنگدانه ای می‌باشند (Britton et al., 1981). این رنگدانه ها مسؤول انواع گسترده ای از رنگ ها در طبیعت بوده که قابل توجه ترین آنها رنگ زرد روشن، نارنجی و قرمز میوه‌ها، برگ‌ها و حیوانات آبزی می‌باشد. کارتنوئیدها رنگ های مختلف با ایجاد کمپلکس‌های خاص کارتنوئیدها و کارتنوئید-پروتئین تولید می شوند و به دلیل اینکه کارتنوئیدها فقط توسط گیاهان سنتز می‌شوند و در بافت های جانوری دستخوش تغییر می شوند لذا ماهیان می بایست آنها را از طریق جیره غذایی خود دریافت کنند (Boonyaratpalin and Lovell., 1977). استفاده از منابع گیاهی در جیره‌ی غذایی ماهیان دارای دو مزیت است، این منابع گذشته از غنی‌بودن با کارتنوئیدها منبع مستقیمی از مواد مغذی نظیر پروتئین، چربی‌ها و ویتامین‌ها نیز می‌باشند. مطالعات بسیاری استفاده از منابع گیاهی کارتنوئیدی نظیر فلفل(*Capsicum annum*) (Bitzer, 1963; Ellis, 1979; Pavlidis et al., 2006)، مخمّر *Rhodotorula sannei* (Savolainen and Gyllenberg, 1970)، مخمّر *Phaffia rhodozyma* (Johnson et al., 1977)، گل‌های شاه بلوط (Neamtu et al., 1979)، گل‌های خشک شده (Peterson et al., 2006; Torrissen et al., 1989) و روغن هیپوفا *Hippophaerhamnoides)* (Kamata et al., 1977) را تأکید کرده‌اند. Chapman در سال ۲۰۰۰ نتیجه‌گیری کرد که جهت افزودن رنگ در ماهیان زینتی ترکیبی از رنگدانه های طبیعی و مصنوعی به میزان ۰/۰۴ تا ۲ درصد می بایست به جیره غذایی افزوده شود(Chapman, 2000).

Torrissen and Christiansen در سال ۱۹۹۵ بیان کردند که نه تنها آستازانتین منجر به افزایش رنگ ماهی‌ها و سخت‌پوستان پرورشی می گردد بلکه این ماده برای رشد و بقاء طبیعی ضروری است.در این تحقیق رنگدانه‌های طبیعی موجود در دو منبع گیاهی مورد استفاده قرارگرفت(Torrissen and Christiansen, 1995). منبع گیاهی اول هویج می باشد که بسیار ارزان قیمت و در دسترس است و سرشار از کارتنوئیدهایی نظیر لوتئین(به میزان ۱۷۰ میکروگرم در گرم) و آلفا-کاروتن(به میزان ۲۶۶۰ میکروگرم در گرم) و بتا-کاروتن (به میزان ۸۵۹۷ میکروگرم در گرم) و در مجموع محتوای کارتنوئیدی آن ۱۴۶۹۳ میکروگرم بر گرم در هویج پاییزه می باشد که مقدار کارتنوئید موجود در آن نسبت به اکثر سبزیجات برگ سبز، میوه‌ها، ریشه ها و دانه‌ها بیشتر است (Fraser and Bramely, 2004). منبع کارتنوئیدی دیگر پودر جلبک اسپیرولینا(*A. maxima*) می باشد که از گروه سیانوباکتری ها بوده که دارای دو رنگدانه عمده به نام کلروفیل a (سبزرنگ) و یک رنگدانه آبی به نام فیکوسیانین (آبی رنگ) می باشد. فیکوسیانین نیز دقیقاً مانند کلروفیل دارای رنگدانه های فتوسنتز کننده می باشد و نورقرمزی را که به طور کارآمد توسط کلروفیل جذب نمی شود را جذب می کند (Mortensen, 2006). تحقیق حاضر به نحوی طراحی شده تا تأثیر این دو منبع کارتنوئیدی را بر رنگ پوست سیکلید مالاوی زبرا (*P. zebra*) طی دو آزمایش جداگانه بررسی کند.

۲- مواد و روش‌ها

در این آزمایش یک جیره غذایی تر پایه متشکل از دل و سنگدان مرغ (۸۵٪)، پودر ماهی(۱۵٪)، نمک(۱٪)، مخلوط ویتامین و مواد معدنی (۰/۵ ٪) تهیه و این مواد توسط چرخ گوشت کاملاً چرخ شد. جیره‌ی آزمایشی برای آزمایش اول با افزودن درصدهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و۳۰ درصد از هویج بخارپز شده به مدت ۳۰ دقیقه به جیره‌ی پایه تهیه و جیره‌ی آزمایشی برای آزمایش دوم با افزودن درصدهای۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد از پودر اسپیرولینا به جیره‌ی پایه، آماده سازی گردید. پودر اسپیرولینا مورد استفاده در این پژوهش محصول کشور تایوان و از طریق شرکت سیناریزجلبک در قشم تهیه شد. ضمناً غذادهی روزانه تا حد سیری در ساعت ۸ صبح صورت پذیرفته و حدوداً یک ساعت پس از غذادهی نیز تا ۸۰ درصد تعویض آب انجام گرفت. نمونه‌برداری در پایان روز ۳۵ تغذیه انجام گرفت و پس از تعیین درصد بقاء (Eallat et al., 2005) برای هر تیمار نمونه‌ها برای رنگ‌سنجی آماده‌سازی شدند. برای این منظور در پایان دوره آزمایش، ماهی‌های هر تیمار ابتدا با استفاده از پودر گل میخک بیهوش شده و پس از بیهوشی کامل ماهی‌های جهت عکس برداری روی صفحه شیشه‌ای یک دستگاه اسکنر Canon 4200F چیده شده و پس از بستن درب اسکنر،

تصویری با بزرگنمای dpi ۱۰۰۰۰*۱۴۰۰۰از هر گروه تهیه گردید و برای مراحل بعدی با استفاده از نرم افزار فتوشاپ ۸ ذخیره‌سازی شد.در این تحقیق محل در نظر گرفته جهت نمونه برداری برای تمام ماهی ها ثابت بوده و در تمام آنها حدوداً نیم سانت زیر اولین شعاع باله‌ی پشتی، بر روی باند تیرهٔ بدن به عنوان محل رنگ سنجی تعیین شد و از این منطقه ۵ نقطه تعیین و میانگین این ۵ نقطه جهت انجام محاسبات آماری مورد استفاده قرار گرفت. سیستم رنگی Labپیشنهاد شده توسط CIE در سال ۱۹۷۶ مقیاس رنگ سنجی قرار گرفت. در این سیستم فاکتورL میزان روشنایی را و از صفر تا ۱۰۰ عدد آن تغییر می کند که صفر برای سیاه و ۱۰۰ برای سفید مطلق است. در مورد دو پارامتر رنگی a وb نیز پارامتر a رنگ بندی قرمز تا سبز و فاکتور b نیز رنگبندی زرد تا آبی را تعیین می‌کنند که مقدار هر دوی آنها از ۱۰۰+ تا ۱۰۰- متغیر است. فاکتور ته رنگ(H°)کهبا طول موج غالب تعیین می‌شود و نام یک رنگ در حالت خالص خود در طیف رنگی است. این فاکتور به صورت زاویه‌ی ته‌رنگ در صفحه‌ی a-b معرفی می‌شود به طوری که با یک گردش پادساعت گرد حول محور a وb افزایش پیدا می کند. فاکتور کروما (C_{ab}) از خنثی تا براق متغیر بوده و به صورت طول فاصله مبدأ محور بر روی صفحهٔ a-b بیان می شود. فاکتور ته رنگ و کروما بر اساس فرمول های زیر محاسبه شده اند.

$$Chroma= (a^2+ b^2)\times 0/5$$

$$H^{\circ} = \arctan (b^*/a^*)$$

جهت تجزیه تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزارهای Excell۲۰۰۷ و SPSS۱۵ و برای بررسی مقایسه مقادیر زاویه ای فاکتور H° از آزمون ریلی(Rayleigh Test) در نرم‌افزار Oriana۳.۰۰ استفاده شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Pavlidis et al., 2006). از روش ANOVA یک طرفه برای آنالیز داده‌ها و برای تحقیق جهت تعیین استقلال داده‌ها از آزمون داربین- والستون استفاده شد. برای تعیین نرمال‌بودن داده‌ها و بررسی دقیق‌تر آزمون کولموگروف- اسمیرنوف به کاربرده شد. جهت کشف اختلاف‌های بین درصدهای مختلف برای هر آزمایش نیز از آزمون دانکن بکار گرفته شد.

۳- نتایج

روند تغییرات فاکتور L در تیمارهای هویج از گروه شاهد با میزان ۴۰/۲۹ به سمت تیمار ۱۰ درصد این فاکتور به شدت کاهش داشته است (۲۹/۵۳) که در این سطح پوست ماهی ها تیره شده بود($P< ۰/۰۵$). در سطح ۱۵ درصد هویج، مجدداً روشنایی مقداری افزایش پیدا کرده (۳۵/۱۵) اما با این وجود هنوز نسبت به گروه شاهد اختلاف معنادار بود و در سطح ۲۰ درصد نیز مجدداً روشنایی کاهش یافته (۳۱/۲۱) اما فاقد اختلاف معنادار نسبت به سطوح ۱۵ و ۱۰ درصد است($P>۰/۰۵$)اما با

گروه شاهد دارای اختلاف معنادار است($P<۰/۰۵$) (جدول شماره‌ی ۳). از سطح ۲۵ و ۳۰ درصد نیز میزان فاکتور L افزایش را نشان می‌دهد به طوری که میزان آن در سطح ۲۵ با مقدار ۳۸/۶۶ و سطح ۳۰ درصد با مقدار ۴۲/۷۲ فاقد اختلاف معنادار با گروه شاهد است ($P>۰/۰۵$) (جدول شماره‌ی ۳). برای فاکتور L (تیرگی تا روشنی به ترتیب از صفر تا ۱۰۰) بیشترین اختلاف عملکرد به ترتیب بین گروه شاهد (۴۰/۲۹) با سطح ۱۰ درصد (۲۹/۵۳) ، ۲۰ درصد (۳۱/۲۱) و ۱۵ درصد (۳۵/۱۵) اتفاق افتاده است.در خصوص فاکتور a (قرمزی تا سبزی به ترتیب از ۱۰۰+ تا ۱۰۰–) بیشترین اختلاف عملکرد شامل گروه شاهد(۰/۴۳) با گروه ۲۰ درصد (۱/۹۲) می باشد ($P<۰/۰۵$) و در گروه های ۱۰ درصد (۰/۶۱) و ۱۵ درصد (۰/۰۷) اختلاف معنادار با گروه شاهد وجود ندارد ($P>۰/۰۵$)(جدول شمارهٔ ۳). در سطح ۳۰ درصد (۰) رنگ کاملاً حالت خنثی داشته و بهترین نتیجه در سطح ۲۰ درصد که رنگ ماهی به سمت قرمز (۱/۹۲) متمایل شده است ($P<۰/۰۵$) خود را نشان می دهد. روند تغییرات در فاکتور b (زردی تا آبی به ترتیب از ۱۰۰+ تا ۱۰۰ –) از سطح صفر درصد (۷/۵۱–) تا سطح ۱۵ درصد (۷/۸۹–) دارای یک روند ثابت و تقریباً بدون تغییر است و گروه‌های ۰ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد فاقد اختلاف معنادار می‌باشند ($P>۰/۰۵$)؛ اما در سطح ۲۰ درصد اختلاف عملکرد در فاکتور b نسبت به گروه شاهد به وضوح قابل مشاهده است ($P<۰/۰۵$). در مورد فاکتور C (کروما از خنثی تا براق به ترتیب از صفر تا ۱۰۰+) نیز روند تغییرات در سطح ۰ درصد تا ۱۵ درصد تقریباً ثابت و بدون اختلاف عملکرد است ($P>۰/۰۵$) اما در سطح ۲۰ درصد (۱۵/۹۳) این اختلاف عملکرد، نشان دهنده براق شدن رنگ در این سطح است ($P<۰/۰۵$)(جدول شماره‌ی ۳). فاکتور C در سطح ۲۵ درصد (۱۱/۷۳) و ۳۰ درصد (۱۱/۴۹) مجدداً روندکاهشی پیدا کرده و براق شدن رنگ کمتر شده است و این دو سطح فاقد اختلاف معنادار با گروه شاهد هستند($P>۰/۰۵$). فاکتور H° (ته رنگ$^{\circ}$۰ قرمز، $^{\circ}$۹۰ زرد، $^{\circ}$۱۸۰ سبز، $^{\circ}$۲۷۰آبی) در سطوح مختلف تغییرات قابل ملاحظه ای نداشته امّا نکته جالب توجه در مورد آن سطح ۲۰ درصد و ۳۰ درصد استفاده از هویج است که این دو سطح با هم اختلاف معنادار داشته اند و در سطح ۲۰ درصد ته رنگ ماهی به آبی متمایل شده اما در سطح ۳۰ درصد استفاده از هویج ته رنگ به سمت قرمز تمایل پیدا کرده است ($P<۰.۰۵$)در مورد فاکتور H° (ته رنگ) برای گروه شاهد میزان آن مشابه مقدار بدست آمده برای سطح ۲۰ درصد است، به طوری که در هر دو سطح میزان ته رنگ متمایل به آبی بوده و بین سطح شاهد و سطح ۲۰ درصد هویج اختلاف معنادار وجود ندارد ($P>۰/۰۵$) (جدول شماره‌ی ۳).

جدول (۳). تاثیر سطوح مختلف مصرف هویج در جیره غذایی بر پارامترهای رنگی پوست سیکلید مالاوی زبرا *Psodotropheus zebra*

هویج	۰	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
L	۴۰/۲۹±۶/۸۶^{a}	۲۹/۵۳± ۶/۱۹^{d}	۳۵/۱۵±۷/۶۵ ^{bc}	۳۱/۲۱±۸/۶۷^{dc}	۳۸/۶۲±۹/۰۳^{ab}	۴۲/۷۲±۸/۶۱ ^{a}
A	۰/۴۳ ± ۱/۷۳^{be}	۰/۶۱±۱/۷۵^{bcd}	۰/۰۷±۱/۴۱ ^{cef}	۱/۹۲±۱/۹۲^{a}	۱/۱۷±۰/۹۴^{ab}	۰/۱۸± ۲/۲۳ ^{df}
B	−۷/۵۱ ±۷/۱۲^{cd}	−۷/۹۲±۶/۹۵^{bc}	−۷/۸۹±۵/۸۶ ^{bd}	−۱۵/۳۳±۴/۸۹^{e}	−۱۱/۷۶±۴/۶۵ ^{a}	−۹/۳۱±۵/۵۶ ^{abd}
C	۹/۸۷± ۵/۶۴^{abd}	۸/۶۰± ۶/۲۹^{b}	۹/۱۴±۴/۰۶^{ab}	۱۵/۹۳±۴/۸۴^{c}	۱۱/۷۳±۴/۸۴^{ab}	۱۱/۴۹±۶/۱۶^{bd}
H°	۲۹۳/۹۸ ± ۶۶^{abc}	۳۱۶/۶۶۸± ۷۰/۰۵^{abc}	۳۱۸/۹۵۴±۹۴/۹۱ ^{abc}	۲۸۷/۹۴۷±۶۵/۸^{a}	۲۸۹/۹۸۸±۶۴/۰۸^{abc}	۳۳۴/۲۱۲±۹۳/۹۲ ^{b}

***داده‌های ذکر شده عبارتند از میانگین±انحراف معیار**

***داده‌های موجود در یک ردیف که دارای بالا نویس های متفاوتی می باشد از نظر آماری تفاوت معنادار دارند ($P<0.05$)**

***L تیرگی تا روشنی رنگ(۰ تا ۱۰۰) ؛ a : رنگ بندی قرمزتا سبز (۱۰۰+ تا ۱۰۰−)؛ b: رنگ بندی زردتا آبی (۱۰۰+ تا ۱۰۰−) ؛ c :کروما از خنثی تا براق؛ H° : ته رنگ(0° قرمز ،۹۰° زرد، ۱۸۰° سبز، ۲۷۰° آبی)؛**

***خانه های رنگی شده جدول دارای اختلاف عملکرد مطلوب ($P<0.05$)نسبت به گروه شاهد می باشند.**

در مورد اسپیرولینا با توجه به داده های بدست آمده در ۱۵ درصد به کارگیری اسپیرولینا در جیره تمام فاکتورهای رنگی مورد سنجش دارای اختلاف معنادار نسبت به گروه شاهد می‌باشند و تمام فاکتورهای تعیین شده در این سطح مطلوب هستند ($P<0/05$)(جدول شماره‌ی ۴).

از بین ۵ فاکتور بررسی شده در این تحقیق تنها فاکتور L دارای یک روند کاهشی مشخص بوده و این روند کاهشی مطلوب است، باید دقت داشت که این کاهش به معنای تیره‌تر شدن رنگ پوست می باشد که می‌تواند به علت تجمع رنگدانه ها در پوست اتفاق افتاده باشد. مقدار فاکتور L در سطح شاهد ۴۰/۲۶ تعیین شد. در سطح ۵ درصد جیره تیرگی مشهودی در پوست اتفاق افتاد و میزان L به ۲۹/۴۲ رسید و دارای اختلاف معنادار با گروه شاهد است؛ در سطح ۱۰ درصد مجدداً مقداری میزان تیرگی پوست کمتر شده (L=34) اما با این وجود اختلاف با گروه شاهد، معنادار است. در سطح ۱۵ و ۲۰ و ۲۵ درصد نیز مجدداً تیرگی پوست افزایش پیداکرد (به ترتیب ۲۹/۲۴، ۲۸/۹۲ و ۳۲/۶۶) و هر سه سطح دارای اختلاف معنادار نسبت به گروه شاهد بودند ($P<0/05$) (جدول شماره‌ی ۴). پس از سطح ۵ درصد که دارای بیشترین اختلاف عملکردی نسبت به گروه شاهد بود، سطح ۲۰ درصد و پس از آن سطح ۱۵ درصد قرار دارد که در این سطح تیرگی رنگ مشهودتر از سطوح دیگر است.

در این آزمایش به جز فاکتور L که در تمام تیمارها دارای اختلاف معنادار نسبت به گروه شاهد می باشد ($P<0/05$)، فاکتورهای دیگر از جمله C,b,a و H° فقط در تیمار ۱۵ درصد دارای اختلاف معنادار نسبت به گروه شاهد بودند به طوری که در مورد فاکتورa تیمار صفر تا ۱۰ درصد روند

تغییرات تقریباً ثابت است و اختلاف معناداری بین تیمارها وجود ندارد (P>۰/۰۵). سطح ۲۰ و ۲۵ درصد نیز فاقد اختلاف معنادار با گروه شاهد هستند (P>۰/۰۵).

لذا در سطح ۱۵ درصد جیره‌ای (a= ۱/۸۶) رنگ ماهی نسبت به گروه شاهد (a=۰/۴۳) به سمت قرمز تمایل پیداکرده است و مقدار بدست آمده برای فاکتور a (۱/۸۶) نیز در سطح ۱۵ درصد خیلی از حالت رنگ خنثی (صفر) فاصله ندارد. پس از فاکتور L بیشترین تغییرات عملکردی برای فاکتور b وC در تیمار ۱۵ درصد رخ داده است. به طوری که در تیمار ۱۵ درصد مقدار بدست آمده برای فاکتور b معادل ۱۴/۵۵- می باشد که با توجه به رنگ زمینه آبی برای این ماهی در حالت طبیعی نشان می دهد رنگ ماهی به سمت آبی متمایل شده است و دارای بیشترین اختلاف عملکرد با گروه شاهد است.

این فاکتور نیز مانند فاکتور قبل فقط در سطح ۱۵ درصد دارای اختلاف معنادار نسبت به تیمار شاهد بوده (P<۰/۰۵)و در بقیه سطوح فاقد اختلاف معنادار نسبت به تیمار شاهد است (P>۰/۰۵) (جدول شماره‌ی ۴).فاکتور کروما نیز در تیمار ۱۵ درصد اسپیرولینا ۱۴/۷۲ تعیین شد و نسبت به تیمار شاهد دارای بیشترین اختلاف عملکردی است و حاکی از براق‌شدن رنگ ماهی است (P<۰/۰۵). این فاکتور نیز همچون دو فاکتور قبل فقط در تیمار ۱۵ درصد دارای اختلاف عملکرد نسبت به تیمار شاهد داشت (P<۰/۰۵) و در بقیه سطوح فاقد اختلاف معنادار نسبت به تیمار شاهد بود(P>۰/۰۵) (جدول شماره‌ی ۴)

.فاکتور H° (ته رنگ) نیز در سطح ۱۵ درصد اسپیرولینا بیشترین اختلاف عملکرد را با تیمار شاهد نشان داد (P<۰/۰۵) و تیمار های دیگر فاقد اختلاف معنادار با گروه شاهد بودند (P>۰/۰۵). در تیمار ۱۵ درصد مقدار درجه به دست آمده برای فاکتور H° برابر ۲۷۹/۸۰ بود که این رقم حاکی از آبی بودن رنگ در این تیمار است که این رنگ آبی مطلوب و به رنگ طبیعی این ماهی در حیات وحش کاملاً نزدیکتر است حال آنکه در تیمار شاهد ته رنگ(H°) متمایل قرمز و در تیمارهای ۵ ، ۱۰ و ۲۰ درصد نیز به همین منوال بود(جدول شمارهٔ ۴).

جدول (۴) تأثیر سطوح مختلف مصرف اسپیرولینا در جیره غذایی بر پارامترهای رنگی پوست سیکلید مالاوی *Psodotropheus zebra*

spirulina	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
L	^{e}۶/۸۶±۴۰/۲۶	۲۵/۴۲±۸/۶۲^{c}	۳۴/۳۲±۸/۳۹^{a}	۲۹/۲۴± ۹/۶۷^{bc}	۲۸/۹۲±۷/۰۱^{bc}	۳۲/۶۶±۷/۸۰^{ab}
A	۰/۴۳±۱/۷۳^{c}	۰/۷۴±۲/۲۱^{bc}	۰/۶۷±۱/۵۸^{bc}	۱/۸۶±۱/۳۰^{a}	۰/۳۹±۱/۶۴^{bc}	۱/۲۲±۰/۶۲^{abc}
B	−۷/۳۰±۷/۱۵ ^{a}	−۱۰±۷/۷۳^{a}	−۸/۴۶±۵/۶۹ ^{a}	−۱۴/۵۵±۴/۸۵ ^{b}	−۹/۶۷±۴/۹۲ ^{a}	−۱۰/۰۳±۵/۶۱ ^{a}
C	۹/۸۷±۵/۶۴ ^{a}	۱۱/۱۵±۶/۳۲^{a}	۹/۱۰±۴/۸۶^{a}	۱۴/۷۲±۴/۸۶^{b}	۹/۸۸±۴/۷۸^{a}	۱۰/۷۸±۵/۷۴^{a}
H°	۲۹۳/۹۸±۶۶ ^{a}	۳۰۷/۷۷±۷۲/۴۸^{a}	۲۹۷/۶۲±۶۳/۵۸^{a}	۲۷۹/۸۰±۳۰/۷۶^{b}	۳۲۲/۹۷±۹۲/۸۳^{a}	۲۸۴/۴۴±۵۴/۰۵^{a}

- داده‌های ذکر شده عبارتند از میانگین ± انحراف معیار

- داده‌های موجود در یک ردیف که دارای بالانویس‌های متفاوتی می‌باشد از نظر آماری تفاوت معنادار دارند (P<۰.۰۵)

- L تیرگی تا روشنی رنگ(۰ تا ۱۰۰) ؛ a : رنگ بندی قرمزتا سبز (۱۰۰+ تا ۱۰۰−)؛ b: رنگ بندی زردتا آبی (۱۰۰+ تا ۱۰۰−) ؛ c :کروما از خنثی تا براق؛ H° : ته رنگ(° ۰ قرمز ،°۹۰ زرد، °۱۸۰ سبز، °۲۷۰ آبی)؛

- خانه‌های رنگی شده جدول دارای اختلاف عملکرد مطلوب (P<۰/۰۵) نسبت به گروه شاهد می‌باشند

جهت تعیین بهترین عملکرد بین سطوح عوامل هویج و اسپیرولینا مقایسه‌ی بهترین عملکرد از نظر فاکتورهای رنگی b,a,L ، کروما (C)و ته رنگ (H°) تعیین گردید که این نتایج برای هر فاکتور از رتبهٔ ۱ تا ۳ دسته بندی شد(جدول شماره‌ی ۵).

با توجه به نتایج بدست آمده از در مورد فاکتور L بهترین پاسخ عملکردی در سطح اسپیرولینا ۵ درصد (۲۵/۴۲) و پس از آن اسپیرولینا ۲۰ درصد (۲۸/۹۲) و در نهایت اسپیرولینا ۱۵ درصد (۲۹/۲۴) اتفاق افتاد. در مورد فاکتور a به ترتیب سطوح اسپیرولینا ۱۵ درصد (۱/۸۶) ، هویج ۲۰ درصد (۱/۹۲) و اسپیرولینا ۲۵ درصد (۱/۲۲) بود.

برای فاکتور b بهترین عملکرد در هویج ۲۰ درصد (۱۵/۳۳−) و پس از آن اسپیرولینا ۱۵ درصد (۱۴/۵۵−) و در نهایت هویج ۲۵ درصد (۱۱/۷۶−) بدست آمد. در فاکتور کروما رتبه‌ی اول مربوط به هویج ۲۰ درصد (۱۵/۹۳) و رتبه‌ی دوم مربوط به اسپیرولینا ۱۵ درصد (۱۴/۷۲) و رتبه سوم مربوط به هویج ۲۵ درصد (۱۵/۹۳) می‌باشد. در ته رنگ (H°) بهترین نتیجه در سطح اسپیرولینا ۱۵ درصد (°۲۷۹/۸۰) و پس از آن اسپیرولینا ۲۵ درصد (۲۸۴/۴۴) و در نهایت هویج ۲۰ درصد (۲۸۷/۹۴) بدست آمد(جدول شماره‌ی ۵).

جدول (۵). مقایسه سطوح عوامل هویج و اسپیرولینا

	C10	*C15*	*C20*	*C25*	*C30*
L	^{c}۲۹/۵۳±۶/۱۹	^{a}۳۵/۱۵±۷/۶۵	^{b}۳۱/۲۱±۸/۶۷	^{d}۳۸/۶۲±۹/۰۳	^{e}۴۲/۷۲±۸/۶۱
a	g ۰/۶۱±۱/۷۸	f ۰/۰۷±۱/۴۱	^{ab**} ۱/۹۲±۱/۹۲	^{cdc} ۱/۱۷±۰/۹۴	^{h} ۰±۲/۲۳
b	^{d} −۷/۹۲±۶/۹۵	^{c} −۷/۸۹±۸/۸۶	^{a*} −۱۵/۳۳±۴/۸۹	^{b***}−۱۱/۷۶±۴/۶۵	^{c} −۹/۳۱±۵/۵۶
C	^{c} ۸/۶۰±۶/۲۹	^{d} ۹/۱۴±۴/۰۶	^{a*} ۱۵/۹۳±۴/۸۴	^{b***}۱۱/۷۳±۴/۸۶	^{c}۱۱/۴۹±۶/۱۶
H°	c ۳۱۶/۶۶±۷۰/۰۵	b۳۱۸/۹۵±۹۴/۹۱	c*** ۲۸۷/۹۴±۶۵/۸۰	d ۲۸۹/۹۸±۶۴/۰۸	a۳۳۴/۲۱±۹۳/۳۲

	S5	*S10*	*S15*	*S20*	*S25*
L	^{c*}۲۵/۴۲±۸/۶۲	^{abc}۳۴/۳۲±۸/۳۹	^{bc***}۲۹/۲۴±۹/۶۷	^{bc**}۲۸/۹۲±۷/۰۱	^{abc}۳۲/۶۶±۷/۸۰
a	^{cdfg}۲/۲۱۰/۷۴±	^{dfg} ۰/۶۷±۱/۵۸	^{ae*}۱/۸۶±۱/۳۰	^{dfg} ۰/۳۹±۱/۶۴	^{bdg***} ۱/۲۲±۰/۶۴
b	^{bcd} ۷/۷۳−۱۰±	^{cd} −۸/۴۶±۵/۶۹	^{ab**} −۱۴/۵۵±۴/۸۵	^{bcd} −۹/۶۷±۴/۹۲	^{bcd**} −۱۰/۰۳±۵/۶۱
C	b^{cde}۱۱/۱۵±۶/۳۲	^{bcde} ۹/۱۰±۴/۸۶	a**۱۴/۷۲±۴/۸۶	^{bcde}۴/۷۸۹/۸۸±	^{bcde} ۵/۷۴۱۰/۷۸±
H°	acbde۳۰۷/۷۷±۷۲/۴۸	acbde۲۹۷/۶۲±۶۳/۵۸	be*۲۷۹/۸۰±۳۰/۷۰	^{acbde}۳۲۳/۹۷±۹۲/۸۲	^{acbde**}۲۸۴/۴۴±۵۴/۰۵

– داده‌های ذکر شده عبارتند از میانگین ± انحراف معیار

– داده‌های موجود در یک ردیف که دارای بالا نویس های متفاوتی می باشد از نظر آماری تفاوت معنادار دارند (P<۰.۰۵)

– L تیرگی تا روشنی رنگ(۰ تا ۱۰۰) ؛ a : رنگ بندی قرمزتا سبز (۱۰۰+ تا ۱۰۰−)؛ b: رنگ بندی زردتا آبی (۱۰۰+ تا ۱۰۰−) ؛ c :کروما از خنثی تا براق (۰ تا ۱۰۰)؛ H° : ته رنگ(° 0 قرمز ،°۹۰ زرد، °۱۸۰ سبز، °۲۷۰ آبی)؛

– خانه های رنگی شده جدول دارای اختلاف عملکرد مطلوب (P<۰.۰۵)نسبت به گروه شاهد می باشند.

– نشانه گذاری با علامت ستاره در هر ردیف، رتبه‌بندی برای هر فاکتور رنگی به ترتیب عملکرد از * (عالی)، ** (خوب)و * (متوسط)صرف نظر از سطح معناداری بین آنها می باشد.**

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در آزمایش اول با به کارگیری هویج در جیره غذایی بیشترین تغییرات در فاکتور L (تیرگی تا روشنی به ترتیب از صفر تا ۱۰۰) مشاهده شد و از گروه شاهد تا سطح ۲۰ درصد، استفاده از هویج در جیره، میزان روشنایی پوست نسبت به گروه شاهد کاهش پیداکرده و پوست ماهی به سمت تیرگی متمایل شد که این فاکتور از نظر تجاری مطلوبیت دارد و هرچه میزان تیرگی پوست به عبارتی شدت رنگ ماهی بیشتر باشد قیمت تجاری ماهی نیز به همان نسبت افزایش پیدا می کند. با توجه به مطالب ذکر شده در بالا و نتیجه گیری از فاکتورهای رنگی بررسی شده در آزمایش اول نتیجه می‌گیریم بهترین درصد استفاده از هویج در جیره غذایی که بیشترین اختلاف را با سطوح آزمایشی دیگر نسبت

به گروه شاهددار بود، در سطح ۲۰ درصد اتفاق افتاد که در این سطح به جز فاکتور H° (ته رنگ)بقیه فاکتورهای مورد بررسی با گروه شاهد تفاوت معنادار داشتند ($P<۰/۰۵$).در مورد فاکتور (H°) ته رنگ باید به این نکته اشاره کرد که در تمام سطوح درصدهای هویج میزان ته رنگ بین محدوده آبی تا قرمز متغیر بود، به طوری که در گروه شاهد میزان ته رنگ متمایل به آبی $H^{\circ}=293$ است و در سطح ۲۰ و ۲۵ درصد هویج این تمایل به سمت رنگ آبی بیشتر نمود پیدا کرد ($H_{25}=289^{\circ}$ و $H_{20}=287^{\circ}$) اما در H°_{15} وH°_{10} میزان ته رنگ دقیقاً بین آبی و قرمز قرار گرفت ($H_{25}=316^{\circ}$ و $H_{15}=318^{\circ}$)حال آنکه در سطح ۲۰ درصد هویج ($H^{\circ}_{30}=334$) میزان ته رنگ به سمت قرمز متمایل شد. اما در فاکتور H°(ته رنگ) تنها سطح دارای اختلاف معنادار ($P<۰/۰۵$) بین سطح ۲۰ و ۳۰ درصد هویج اتفاق افتاد که در سطح ۲۰ درصد به سمت قرمز متمایل بوده و بالعکس در سطح ۳۰ درصد هویج میزان ته رنگ به سمت آبی تمایل پیدا کردکه البته در سطح هر دو سطح ۲۰ و ۳۰ درصد اختلاف معنادار با گروه شاهد (۰ درصد) داشتند ($P>۰/۰۵$).در خصوص سطوح استفاده از هویج در جیره های غذایی این تحقیق که از ۱۰ درصد تا ۳۰ درصد تنظیم شده است به نظر می رسد گونه مورد نظر تحمل ورود این مادهٔ کارتنوئیدی را در جیره غذایی خود داراست چرا که در نتایج بدست آمده از نرخ های بقاء، تلفات شدیدی در بین تیمارها نشان نداد، البته به استثنای سطح ۱۰ درصد که به دلیل مشکلات عملیاتی در اجرای آزمایش به دلیل خرابی دستگاه هواده و مشکل کیفیت آب تعدادی از ماهی های این تیمار و تعداد کمی از تیمارهای دیگر دچار تلفات شده‌اند.

تحقیقات اندکی در خصوص پتانسیل استفاده از گیاه هویج در جیره های غذایی آبزیان وجود دارد (غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۷) و مصرف آن عمدتاً توسط کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان زینتی تجربه شده است و در برخی از کتب و انتشارات ماهیان زینتی به اهمیت استفاده از آن در جیره‌های دست‌ساز جهت ماهیان اشاره شده است (Bailley and Sandford,, 2006;Brian et al., 1999). ویژگی این ماده گیاهی قابلیت دسترسی آسان و قیمت بسیار ارزان آن می باشد و به خصوص برای پرورش ماهیان زینتی که استفاده از جیره‌های تر در آن بسیار رواج دارد می‌تواند گزینه مناسبی باشد (Brian et al., 1999). غیاثوند و شاپوری (۱۳۸۷) تأثیر استفاده از رنگدانه‌های موجود در مواد گیاهی همچون فلفل قرمز دلمه ای ، گوجه و هویج و نیز رنگدانه مصنوعی آستازانتین را با غلظت ۱۰۰ppm کارتنوئید کل در کیلوگرم جیره را بر روی ماهی اسکار سفید(*Astronotus ocellatus*)در مدت ۶۰ روز مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که تیمارهای تغذیه شده با غذای حاوی رنگدانه های مصنوعی آستاگزانتین تجمع رنگدانه بیشتری را (۰/۴۳ میلی گرم بر گرم) نسبت به جیره غذایی حاوی رنگدانه‌های طبیعی بروز داده‌اند امّا به طور کلی در هر دو گروه افزایش کارتنوئیدهای پوست ماهی را گزارش کرده اند (۰/۳۵ میلی گرم بر گرم)(غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۷).

در تحقیق انجام شده توسط Hancz در سال ۲۰۰۳ تأثیر استفاده از فلفل قرمز دلمه‌ای (*Paprika*) به عنوان افزودنی برای جیرهٔ غذایی کپور کوی قرمز (*Cyprinus carpio*) و ماهی طلایی(*Carassius auratus*) بر شدت رنگ پوست مورد مطالعه قرار گرفت و برای آنالیز فاکتورهای رنگ، عکس‌های دیجیتالی از ماهیان گرفته شد. آنها به این نتیجه رسیدند که مقادیر RGB نقش‌های متفاوتی را در رشد میزان رنگ قابل مشاهده قرمز در این گونه ایفا کرده است. حال آنکه در اکثر موارد مقادیر B (رنگ آبی) در طول آزمایش کاهش داشته است که به نظر می رسد هیچگونه تأثیری بر این روند نداشته است. فاکتور G (رنگ سبز) نیز در طی دوره یا بدون تغییر باقی مانده و یا حتی زمانی که قرمزی افزایش پیدا کرده این فاکتور کاهش نشان داده است، مقادیر R (رنگ قرمز) روند افزایشی را در طی استفاده از ماده افزودنی رنگی نشان داد، امّا تفاوت های معنادار فقط بعد از ۴ هفته از مصرف دیده شد. آنها به این نتیجه رسیدند که در این تحقیق بیشترین روند تغییرات در مورد شاخص رنگی R (قرمز) صورت گرفته و به تدریج در طول آزمایش روند افزایشی داشته است (Hanc et al., 2003). با توجه به اینکه در این تحقیق رنگ زمینه ای در دو گونه مورد آزمایش، طیف زرد تا قرمز است به نظر می رسد نتیجه معقولی بدست آمده است، حال آنکه در تحقیق حاضر با توجه به اینکه طیف رنگی اصلی قابل مشاهده به صورت چشمی سیکلید مالاوی زبرا (*Pseudutropheuszebra*) آبی تا قرمز می باشد، بیشترین تغییرات نیز در مورد فاکتور رنگی b صورت گرفته به طوری که در گروه ۲۰ درصد در پایان دوره‌ی آزمایش عدد بدست آمده از این فاکتور (۱۵/۳۳-) حاکی از تمایل رنگ ماهی به سمت آبی است (P<۰/۰۵)حال آنکه در مورد فاکتور a (قرمزی تا زردی) با وجود اختلاف معنادار بین گروه شاهد با سطح ۲۰ درصد هویج این تغییرات از نظر چشمی خیلی مشهود نیست.

در پژوهش Baron (۲۰۰۸) برای جیره حاوی پودر هویج که روندی مشابه پژوهش انجام شده بر روی سیکلید مالاوی زبرا P. zebra داشته است به تدریج در طول زمان ۱۲ هفته‌ای آزمایش میزان فاکتور L کاهش داشته است و این کاهش فاکتور به عبارتی تیره ترشدن رنگ از هفته‌ی ششم تحقیق آغاز شده و در هفتهٔ هشتم به کمترین سطح خود (تیره ترین حالت نسبت به گروه شاهد) رسید و مدت زمان سپری شده به طور قابل ملاحظه‌ای بر میزان فاکتور L تأثیرگذار بود(P< ۰/۰۰۱) حال آنکه هیچگونه تأثیر قابل ملاحظه ای از نوع جیره‌ی غذایی بر میزان فاکتور L مشاهده نشد (P=۰/۰۱۹). لذا مهمترین عامل تأثیر گذار بر فاکتور L مدت زمان سپری شده از زمان شروع آزمایش بود. اما میزان زمان (P<۰/۰۰۱) از شروع آزمایش و جیرهٔ غذایی (P=۰/۰۰۶) هر دو بر میزان رنگ زرد پوست بدن تأثیرگذار بودند. به هر حال به عقیده این محقق شاید برهم کنش بین جیره غذایی و زمان، تأثیرات جیرهٔ غذایی را بر میزان فاکتور L پنهان کرده باشد به طوری که آزمون‌های بعدی در این تحقیق نشان

داد که مقدار فاکتور L برای جیره غذایی حاوی آستازانتین مصنوعی در حقیقت به طور قابل ملاحظه-ای از هفته‌ی دهم پایین تر از مقدار جیره غذایی شاهد بر روی بدن بوده است که نشان‌دهنده تیره شدن شدید پوست می‌باشد. میزان فاکتور a (قرمزی تا سبزی به ترتیب از ۱۰۰+ تا ۱۰۰-) (۲۸.۳۴) به طور قابل ملاحظه‌ای با سپری‌شدن زمان تحت تأثیر قرار می‌گیرد (P<۰.۰۰۱) و بررسی‌ها نشان داد که جیره غذایی حاوی آستازانتین مصنوعی مقادیر رنگ قرمز بیشتری را نسبت به گروه شاهد از هفته-ی دهم به بعد نشان داده است و این اختلاف رنگ از نظر چشمی نیز کاملاً مشهود بود.

Durmaz and Kop (۲۰۰۸) مقایسه‌ای را بین تأثیر استفاده از رنگدانه‌های مصنوعی و طبیعی بر رنگ سیکلیدها (*Cichlasoma severum*) ترتیب دادند که در این تحقیق از آستازانتین مصنوعی، بتا- کاروتن و پودر جلبک *Porphyridium cruentum* حاوی بتا کاروتن با غلظت ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره غذایی در مدت ۵۰ روز استفاده شد که در پایان دوره‌ی تحقیق مشاهده شد که در گروه تغذیه‌شده با آستازانتین، تغییر رنگ قابل ملاحظه‌ای مشهود است (۰/۲ ± ۰/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم میزان کارتنوئید کل بدن) و در گروه های دیگر تغییر اندکی در رنگ پوست با میزان ۰/۲ ±۰/۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم و ۰/۱± ۰/۲۶ میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای بتا- کاروتن و *P. cruentum* مشاهده شده است(Kop and Durmaz, 2008).

Yanar (۲۰۰۸) در یک مطالعه جالب تأثیر استفاده از آرد گیاه یونجه با نسبت های ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۴۰ درصد (به ترتیب حاوی ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۱۰۰و ۱۶۰ میلی گرم کارتنوئید کل در کیلوگرم جیره‌ی غذایی) و ۶۰ میلی گرم آپواستر را در مدت ۶۰ روز بر روی ماهی طلایی *Carassius auratus* مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که میزان رنگ آمیزی پوست در این گونه با افزایش میزان به کارگیری این ماده گیاهی تا سطح ۲۵ درصد در جیره افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵) به هر حال در این تحقیق استفاده از آرد یونجه بیش از مقدار ذکر شده منجر به تجمع بیشتر کارتنوئیدها در پوست نشد. ضمن آنکه جیره‌های غذایی حاوی ۱۵ درصد آرد یونجه و ۶۰ میلی گرم آپواستر از نظر مقدار کارتنوئید در هر دو مشابه بوده‌اند و تأثیرات مشابهی نیز از نظر رسوب کارتنوئید در پوست داشته‌اند(Yanar et al., 2007). نتایج بدست‌آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که سطح ۱۵ درصد آرد یونجه در حصول رنگ‌آمیزی مطلوب، رشد، ضریب تبدیل غذاییِ قابل قبول مناسب می باشد به نظر می رسد ثابت‌ماندن محتوای کارتنوئیدای بدن از سطح بالای ۲۵ درصد یونجه برای ماهی طلایی در این تحقیق و همچنین عدم افزایش رنگ و حتی روند کاهشی شاخص های رنگی در سطح ۲۵ و ۳۰ درصد هویج در جیره‌ی غذایی سیکلید مالاوی زبرا (*P. zebra*) به علت همبستگی منفیِ قابلیت هضم و حفظ کارتنوئیدها در بافت‌های بدن با میزان غلظت کارتنوئیدها باشد (Bjerkeng, 2000). همچنین این نتایج متفاوت در میان تحقیقات انجام‌شده در مورد استفاده از

هویج را شاید بتوان با تفاوت‌های موجود در فیزیولوژی هضم بین گونه‌های ماهیان و یا تکنولوژی عمل‌آوری این ماده کارتنوئیدی نسبت داد (Yanar et al., 2007). از آنجایی که گونه مورد استفاده در این تحقیق دارای مجرای گوارشی نسبتاً بلندی می‌باشد و یکی از اقلام غذایی سیکلید مالاوی زبرا (p. zebra) در طبیعت جلبک های رشد کرده بر روی سطوح می باشد (Wang et al., 2006)، این موضوع می تواند اجازه هضم موثرتر مواد غذایی گیاهی را به این گونه بدهد و گیاه هویج می تواند به نحو مطلوب‌تری توسط این گونه به مصرف برسد. اما به نظر می‌رسد بازده هضم این ماده کارتنوئیدی از نظر افزایش رنگ تا سطح ۲۰ درصد هویج در جیره اتفاق افتاده است لذا در تحقیق حاضر سطح ۲۰ درصد هویج در جیره غذایی بهترین نتیجه را از نظر فاکتورهای مورد بررسی نسبت به گروه شاهد (Chroma, b, a, L) نشان داد، اما به کارگیری مقدار بالاتری از ۲۰ درصد بر افزایش رنگ ماهی تأثیر مثبت نداشته است و حتی باعث کاهش میزان رنگ پوست می‌شود. به عنوان مثال در سطح ۲۵ و ۳۰ درصد هویج فاکتور L (تیرگی تا روشنی پوست به ترتیب از صفر تا ۱۰۰+) مجدداً با گروه شاهد فاقد اختلاف معنادار گردیده به طوری که فاکتور Lمشابه گروه شاهد شده بود(P>۰/۰۵). در مورد فاکتور a (قرمزی تا سبزی به ترتیب از ۱۰۰+ تا ۱۰۰–) نیز در سطح بالاتر از ۲۰ درصد مجدداً میزان رنگ پوست کاهش یافت به طوری که حتی در سطح ۳۰ درصد هویج این رقم به صفر رسید، به این معنا که رنگ پوست از لحاظ فاکتور a حالت خنثی پیدا کرد. در مورد فاکتور b (زردی تا آبی به ترتیب از ۱۰۰+ تا ۱۰۰ –) نیز از سطح ۲۰ درصد روند کاهشی قابل مشاهده بود. در مورد فاکتور کروما نیز این کاهش کاملاً از سطح ۲۰ درصد به بعد مشهود بود. این موضوع ممکن است نشان دهد که جذب کارتنوئیدها و انتقال آنها به بافت‌ها با این سطح به کارگیری در ماهی سیکلید مالاوی زبرا به حالت اشباع رسیده باشد. در این تحقیق سطح ۲۰ درصد استفاده از هویج به صورت بخار پز شده در جیره‌ی تر برای سیکلید مالاوی زبرا در بین درصدهای آزمایش شده ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد به عنوان درصد بهینه به کارگیری تعیین شده که در این سطح فاکتورهای L، a، b وC نسبت به گروه شاهد دارای اختلاف معنادار بوده‌اند (p<۰/۰۵) نکته جالب توجه در تحقیق حاضر بروز تغییرات قابل ملاحظه در میزان روشنایی پوست ماهیان نسبت به فاکتورهای دیگر بررسی شد. در سطح ۲۰ درصد، اگرچه تمام فاکتورهای ذکر شده به استثنای فاکتور ته رنگ (H°)دارای اختلاف معنادار نسبت به سطح شاهد بودند اما بیشترین تغییرات در مورد فاکتور L و پس از آن فاکتور b و فاکتور C اتفاق افتاد و فاکتورهای دیگر با وجود دارا بودن اختلاف معنا دار با گروه شاهد، تغییرات آنها خیلی به صورت چشمی قابل مشاهده نبود (P<۰.۰۵).در مورد فاکتور H° (ته رنگ) سطح معناداری فقط بین درصدهای ۲۰ و ۳۰ اتفاق افتاد که در سطح ۲۰ درصد میزان ته رنگ (H°) به سمت آبی متمایل و در سطح ۳۰ درصد میزان ته رنگ به سمت قرمز متمایل بود و این دو سطح دارای اختلاف معنادار با

گروه شاهد نبودند.به نظر میرسد بتوان این تیرگی رنگ حاصل شده در پوست هر دو گروه آزمایشی هویج و اسپیرولینا را به فعال شدن سلول‌های ملانوفور در استفاده از جیره غذایی حاوی کارتنوئیدها و استفاده از نور طبیعی برای آکواریوم‌ها نسبت داد. این افزایش تیرگی رنگ (فاکتور L) و به عبارتی اختلاف معنادار L با گروه شاهد در سطح ۱۰، ۱۵ و۲۰ درصد هویج را به این پدیده نسبت داد. بنابراین ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲۰ درصد هویج، نسبت به گروه شاهد دارای رنگ تیره‌تری بودند.

در خصوص آزمایش دوم که تأثیر درصدهای جیره‌ای اسپیرولینا مورد بررسی قرار گرفت، سطح استفاده ۱۵ درصد پودر اسپیرولینا در جیره به عنوان درصد بهینه استفاده از این جلبک در نظر گرفته شد. در این پژوهش شاخص‌های رنگی مورد مطالعه شامل b,a,L، کروما و ته رنگ مشخص شد که در سطح ۱۵ درصد استفاده از اسپیرولینا بیشترین میزان شاخص‌های رنگی بدست آمده است به طوری که به نظر می‌رسد استفاده از درصدهای بالاتر تأثیری بر افزایش شاخص‌های رنگی نداشته و حتی مجدداً این شاخص‌ها کاهش پیداکرده که نشان می‌دهد در سطح ۱۵ درصد میزان رنگدانه‌های بدن به حد اشباع رسیده است و به کارگیری درصدهای ۲۰ و ۲۵ درصد باعث دفع کارتنوئیدها از بدن می-شود. به عبارتی فرایند متابولیسم آنها و رسوب را در بدن دچار اختلال کرده است؛ مؤید این مطلب، پژوهش انجام شده توسط یانار و همکاران در سال ۲۰۰۸ است که در این پژوهش تأثیر استفاده از آرد یونجه با نسبت‌های ۰ ، ۵، ۱۰، ۱۵ و۴۰ در صد بر روی ماهی طلایی (*Carassius auratus*) در مدت ۶۰ روز مورد مطالعه قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که میزان رنگ‌آمیزی پوست در این گونه با افزایش میزان به کارگیری این ماده گیاهی تا سطح ۲۵ درصد در جیره افزایش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$) و استفاده از آرد یونجه بیش از مقدار تعیین‌شده ۲۵ درصد منجر به تجمع بیشتر کارتنوئیدها در پوست نشد و روند کاهشی نشان داد و به عقیده این محققین جذب کارتنوئیدها و انتقال آن به بافت ها در این سطح (۲۵٪) استفاده از یونجه به حالت اشباع رسیده است(Yanar et al., 2007). به نظر می‌رسد افت ناگهانی فاکتورهای رنگی در سطح ۲۵ و ۳۰ درصد به علت همبستگی منفی قابلیت هضم و حفظ کارتنوئیدها در بافت‌های بدن با علظت کارتنوئیدها باشد (Bjerkeng, 2000). Ungesthapgarel و همکاران در سال ۲۰۱۰ تأثیر استفاده از ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد پودر اسپیرولینا را در جیره غذایی بر رشد و ترکیب بدن تیلاپیای قرمز هیبرید (*Oreochromismossambicusx o. niloticus*) در یک دوره‌ی ۱۲۰ روزه مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از اسپیرولینا در درصدهای تعیین شده فاکتورهای رشد و بقاء و ترکیب بدن را تحت تأثیر منفی قرار نداده است ($P>۰/۰۵$). برخی از محققان گزارش کرده اند که ۷۵ درصد استفاده از اسپیرولینا در جیرهٔ غذایی، ترکیب بدن باس دریاای نقره ای را تحت تأثیر قرار نمی

دهد.در پژوهش حاضر درصدهای استفاده شده از اسپیرولینا (۵،۱۰، ۱۵، ۲۰و ۲۵درصد) بر روی نرخ بقاء تأثیر منفی نداشت.

Tongsiri و همکاران در سال ۲۰۱۰ با درصدهای ۱/۵٪ ، ۳٪ و ۲۸٪ اسپیرولینا را در جیرهٔ غذایی بر میزان رنگدانهٔ بافت گربه ماهی عظیم الجثه (*Pangasianodon gigs*) مورد بررسی قرار دادند (Tongsiri et al., 2010). در این پژوهش جیره های خشک با درصدهای ذکر شده تنظیم گرد و تغذیه ماهی با این درصد ها به مدت ۱ سال انجام پذیرفت. در این پژوهش، بالاترین سطح رنگدانه در بافت و محتوای کارتنوئیدی در جیرهٔ حاوی ۲۸ درصد اسپیرولینا بدست آمد به طوری که میزان کارتنوئید کل در تیمارهای تغذیه شده با جیره های غذایی حاوی ۰، ۱/۵ و ۳ درصد اسپیرولینا فاقد اختلاف معنادار بود (P> ۰/۰۵)، حال آنکه در جیره حاوی ۲۳ درصد اسپیرولینا مقدار کارتنوئید کل (۰/۷۳ ±۱/۵۲ میلی گرم بر گرم ماهی) نسبت به گروه های شاهد (۱/۰۱ میلی گرم/گرم)، ۱/۵ درصد (۰/۸۹ میلی گرم/گرم) و ۳ درصد (۰/۵۱ میلی گرم/گرم) دارای اختلاف معنادار بود (P<۰/۰۵). به عنوان مثال در یک پژوهش انجام شده بر روی ماهی گورامی آبی(*Trichogaster trichopterus*) جهت ارزیابی تأثیرات افزودن اسپیرولینا در جیره غذایی بر رنگ این گونه جیره های حاوی ۱٪، ۲٪، ۳٪ و ۴٪ اسپیرولینا تنظیم گردید و بررسی رنگ‌آمیزی پوست پس از گذشت ۸ هفته از تحقیق انجام پذیرفت. در این تحقیق بعد از سپری شدن ۸ هفته تفاوت معناداری در رسوب کارتنوئیدها در پوست مشاهده شد به طوری که رسوب رنگدانه‌ها با افزایش غلظت جلبک در جیره افزایش داشتند. به طوری که از صفر درصد شاهد تا ۴ درصد تیمارهای تغذیعه شده با اسپیرولینا یک روند افزایشی قابل مشاهده داشته و در سطح ۴ درصد اسپیرولینا به بیشترین مقدار خود رسید (۵/۸۳۱ میلی گرم/گرم)؛ حال آنکه در انتهای آزمایش مقدار کارتنوئید کل بدست‌آمده برای گروه شاهد ۴/۹۲۷ میلی گرم/گرم تعیین گردید. به عقیده این محقق رنگ آمیزی بدست‌آمده در گورامی آبی به دلیل رنگدانه‌های متفاوت موجود در جیره های حاوی اسپیرولینا باشد، چرا که اسپیرولینا منبع عمده رنگدانه آبی سی-فیکوسیانین است (Chatzifotis et al., 2004). در تحقیق حاضر نیز با توجه به اینکه رنگ زمینه‌ای سیکلیدمالاوی زبرا (*Psodotropheus zebra*) در حیات وحش آبی رنگ می باشد در بررسی فاکتور b که مربوط به رنگ‌بندی زرد تا قرمز (۱۰۰+ تا ۱۰۰-) است، در تیمار ۱۵ درصد، اسپیرولینا بیشترین اختلاف معنادار (P= -۱۴.۵۵) را با گروه شاهد (۷.۳۰-) نشان داد (P<۰/۰۵) که این مقدار نشان دهنده تمایل رنگ این ماهی به سمت آبی است، ضمن آنکه در مورد فاکتور ته رنگ نیز میزان درجه رنگی بدست آمده برای تیمار ۱۵ درصد °۲۷۹.۸۰ بود، که این مقدار بسیار متمایل به رنگ آبی بوده و با گروه شاهد (۲۹۳/۹۸) که ته رنگ آن از آبی فاصله گرفته و سمت قرمز متمایل شده دارای اختلاف معنادار است (P<۰/۰۵). ضمناً این آبی رنگ‌شدن پوست در تیمار ۱۵ درصد کاملاً در

تصاویر گرفته شده مشهود بود. لذا به نظر می‌رسد این تأثیر جیره اسپیرولینا بررنگ آبی قابل مشاهده پوست را می‌توان به رنگدانه‌های تنفسی موجود در این جلبک مانند فیکوسیانین و حتی کلروفیل نسبت داد و اگرچه به نظر می رسد این گونه مانند کپورماهیان قادر به تبدیل کارآمد بتاکاروتن به آستازانتین نباشد اما به نظر می‌رسد قادر است از این رنگدانه‌های تنفسی (فیکوسیانین و کلروفیل) برای افزایش رنگ پوست بهره گیرد.

James و همکاران در سال ۲۰۰۶ تأثیر افزودن سطوح مختلف اسپیرولینا (۰، ۱،۳، ۵ و ۱۰ درصد) را بر رنگ ماهی زینتی دم شمشیری (*Xiphophorus helleri*) مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که محتوای کارتنوئید کل در باله‌ها، پوست و عضلات با افزایش سطح افزایش پیدا کرد و حداکثر محتوای کارتنوئیدی در سطح ۸ درصد اسپیرولینا بدست آمد و در این تحقیق سطح ۸ درصد استفاده از اسپیرولینا به عنوان سطح بهینه در جیره غذایی برای بهترین رشد، تولید مثل، و رنگ آمیزی در X. helleri در نظر گرفته شد (James et al., 2006). در پژوهش دیگری تأثیر استفاده از دو نوع کارتنوئید جیره ای آستازانتین و بتاکاروتن با نسبت‌های مختلف بر رنگ ماهی زینتی کارسین (*Hyphessobrycon callistus*) مورد مطالعه قرار گرفت در این پژوهش این دو نوع ماده کارتنوئیدی و ترکیبات آنها (آستازانتین، بتا-کاروتن، ترکیب ۱:۱ آستازانتین و بتاکاروتن)، در سه غلظت ۱۰، ۲۰، و ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم جیره‌ی غذایی مورد بررسی قرار گرفت که مجموعاً ۹ جیره تنظیم شد و بعد از ۸ هفته هیچگونه تفاوتی از نظر رشد و بقاء بین تیمارها مشاهده نشد. صرف نظر از نوع کارتنوئید مورد استفاده در جیره، آستازانتین به عنوان کارتنوئید غالب بدن در این گونه تعیین شد (۹۸٪ < از کل کارتنوئید بدن) که این امر نشان‌دهنده آن است که این گونه بیشتر بتاکاروتن جیره‌ای را به صورت آستازانتین در بدن خود ذخیره می‌کند که نشان دهنده توانایی این گونه در تبدیل بتاکاروتن به آستازانتین است. محتوای آستازانتین و بتاکاروتن بدن با افزایش کارتنوئید جیره ای افزایش پیدا کرده است. آستازانتین بدن در ماهیان تغذیه شده با بتاکاروتن پایین تر از مقدار بدست-آمده برای ماهیان تغذیه شده با آستازانتین و مخلوط آستازانتین و بتاکاروتن بود. هیچگونه تفاوتی در آستازانتین بدن بین ماهیان تغذیه شده با آستازانتین و مخلوط آستازانتین و بتاکاروتن و در محتوای بتاکاروتن بدن در تمام ماهیان رنگ‌شده مشاهده نشد. در پژوهش انجام شده توسط Wang و همکاران در سال ۲۰۰۶، بر روی ماهی کاراسین آستازانتین جیره‌ای از نظر رسوب در بدن کارآمدتر از بتا- کاروتن مورد استفاده در جیره عمل کرد. اما از آنجایی که ماهیان تغذیه شده با نسبت مساوی آستازانتین و بتا- کاروتن از نظر رسوب رنگدانه دارای اختلاف معنادار با گروه تغذیه شده با جیره آستازانتین نبودند، به عقیده آنها جایگزینی نیمی از آستازانتین با بتا کاروتن در جیرل غذایی کاراسین ها می بایست مقرون به صرفه تر باشد (Wang et al., 2006). آستازانتین مصنوعی گران تر از

بتاکاروتن مصنوعی است. از آنجایی که آستازانتین کارتنوئید غالب در بدن این ماهی می‌باشد و برای رسیدن به حداکثر رسوب آستازانتین در بدن سطح جیره ای ۴۰ میلی گرم آستازانتین تعیین شده است، جیره مخلوط حاوی ۲۰ میلی گرم از آستازانتین و بتا کاروتن می تواند کارآمدترین و مقرون به صرفه ترین فرمولاسیون کارتنوئید جیره ای باشد(Yamar et.al, 2007). با توجه به مطالب ذکر شده در بالا و نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر به نظر می رسد بتوان حداقل بخشی از نیاز کارتنوئیدی جیره ای را از کارتنوئیدهای طبیعی مانند پودر اسپیرولینا که حاوی مقادیر بالایی از بتاکاروتن است تأمین گردد.

از آنجایی که کارتنوئیدهای طبیعی معمولاً حاوی چندین نوع رنگدانه با فرم‌های مختلف می-باشند و از لحاظ قابلیت هضم متفاوت هستند. لذا تشریح کارآیی آنها در رنگ‌آمیزی گونه‌های مختلف متفاوت است. در نتیجه به نظر می‌رسد تحقیقات جامع‌تری نیازمند است تا تعیین گردد که گونه مورد استفاده در تحقیق (*P. zebra*) تا چه میزان قادر به تبدیل بتا-کاروتن به فرم های دیگر جهت رنگ-آمیزی پوست و یا رسوب خود بتاکاروتن و یا رنگدانه‌های دیگر باشد. اما آنچه که از نتایج این پژوهش بدست می‌آید این است که، این گونه تا حدودی قادر است از رنگدانه های موجود در این جلبک در افزایش رنگ خود به خصوص طیف رنگ آبی b= -۱۴/۵۵ در سطح ۱۵ درصد جیره ای استفاده کند که البته این سطح جیره ای نسبت به تحقیقات انجام شده توسط Alpappan در سال ۲۰۰۴، که سطح ۴ درصد اسپیرولینا و James و همکاران در سال ۲۰۰۶، که سطح ۸ درصد را به عنوان سطح بهینه تعیین کرده اند مقادیر بالاتری است که البته در هر دو تحقیق حداکثر سطح استفاده آنها از اسپیرولینا به ترتیب ۴ درصد و ۸ درصد بود و در این درصدهای بیشینه در بین تیمارهای دیگر حداکثر نتیجه را نیز از نظر رسوب کارتنوئیدها دریافت کردند (James et al., 2006). به نظر می‌رسد دلیل دیگر افزایش فاکتورهای رنگی در سطح ۱۵ درصد جیره ای برای *P. zebra* استفاده از جیره‌ی غذایی تر و تراوش مقداری از مواد رنگدانه‌ای به درون آب بوده باشد. با توجه به اینکه در پوست ماهی‌ها سلول‌های ملانوفور دارای رنگ‌دانه‌های رنگی قهوه‌ای، سیاه یا سیاه متمایل به آبی می باشند (وثوقی و مستجیر، ۱۳۸۱) و در این تحقیق نیز بیشترین تغییرات شاخص‌های رنگ در مورد فاکتور L (میزان روشنایی) و فاکتور b (رنگ بندی زرد تا آبی) اتفاق افتاده است، که این تغییرات از نظر شهودی نیز در تصاویر بارز است به طوری که تغییرات فاکتور L به نحوی بوده که نشان دهنده‌ی تیره‌شدن رنگ ماهی است به طوری که این تیرگی رنگ در سطح ۵ درصد اسپیرولینا (۲۵/۴۲) و پس از آن سطح ۱۵ درصد (۲۹/۲۴) و ۲۰ درصد (۲۸/۹۲) به ترتیب دارای بیشترین اختلاف معنادار با گروه شاهد (۴۰/۲۶) می‌باشد ($P<0.05$) که به نظر می‌رسد این تیرگی رنگ حاصل‌شده در تیمارهای تغذیه شده با اسپیرولینا همراه با تغییرات رخ داده در مورد فاکتور b که در سطح ۱۵ درصد دارای اختلاف معنادار(b= -۱۴/۵۵) و شهودی با گروه شاهد (b= - ۷/۳۰) می‌باشد را به فعال‌شدن سلول

های ملانوفور در سطح پوست این گونهو تجمع سلول‌های ملانوفور نسبت داد. یک عامل مهم دیگر که به نظر می رسد تشدید کنندهٔ این تیرگی رنگ پوست در *P. zebra* باشد، استفاده از نور طبیعی در آزمایش میباشد و این نور طبیعی توأم با جیره حاوی مواد کارتنوئیدی بر ترشح هورمون‌های تجمع‌دهنده‌ی ملانوفورها در سطح پوست منجر به تیره شدن رنگ پوست و افزایش رنگ آبی در پوست این گونه در سطح جیره‌ای ۱۵ درصد برای این گونه گردیده است. پدیده تجمّع و پراکندگی کروماتوفورهای پوستی نسبت کاملاً مستقیمی با ارزش تجاری ماهیان زینتی دارد. کروماتوفورها سلول‌های حاوی رنگدانه می باشند که در زیر فلس‌ها قرار دارند و منجر به تغییر ظاهر ماهیان در پاسخ به رنگ پس‌زمینه و نیز در جفتگیری و یا در زمان استرس می شوند. رایج ترین نوع کروماتوفورها ملانوفورها می باشند. به نظر میرسد بتوان این تیرگی رنگ حاصل شده در پوست هر دو گروه آزمایشی را به فعال‌شدن سلول‌های ملانوفور در استفاده از جیره غذایی حاوی کارتنوئیدها و استفاده از نور طبیعی برای آکواریوم‌ها نسبت داد (Asimi, 2009). در نتیجه این افزایش تیرگی رنگ و به عبارتی اختلاف معنادار L با گروه شاهد در سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد هویج را به این پدیده نسبت داد. که در این آزمایش بیشترین تیرگی رنگ به ترتیب در سطح ۵ درصد (۲۵/۴۲)، ۱۵ درصد (۲۵/۴۲)، ۲۰ در صد (۲۸/۹۲)، ۲۵ (۳۲/۶۶) و ۱۰ درصد (۳۴/۳۲) بدست آمد و در تمام این تیمارها اختلاف معنادار با تیمار شاهد مشهود بود.

Kiriratnikom و همکاران در سال ۲۰۰۵ پژوهش مشابهی را بر روی تأثیر استفاده از بیومس اسپیرولینا با نسبت های ۱، ۳ و ۵ درصد در جیره غذایی ماهی طلایی (*Carassinusauratus*) را به مدت ۶ هفته مورد بررسی قرار دادند، در این تحقیق شاخص رنگی (b,a,L) پس از پایان دوره ۶ هفته‌ای تغذیه اندازه‌گیری شد. نتایج بدست‌آمده نشان داد که مقدار شاخص L (تیرگی تا روشنی پوست به ترتیب ۰ تا ۱۰۰+) برای این گونه در گروه شاهد در مقایسه با گروه‌های تغذیه شده با اسپیرولینا بالاتر بوده که نشان دهندهٔ تیره تر شدن رنگ پوست با مصرف جیره حاوی اسپیرولینا در طول دوره‌ی آزمایش است(Kiriratnikom et al., 2005). شاخص a (قرمزی تا سبزی به ترتیب ۱۰۰+ تا ۱۰۰–) در ماهی طلایی تغذیه شده و در گروه شاهد ۱، ۳ و ۵ درصد به ترتیب ۱۱/۷۰ ، ۱۸/۸۷، ۲۰/۳۰ و ۲۳/۶۸ بدست آمده و شاخص b (زردی تا آبی به ترتیب ۱۰۰+ تا ۱۰۰–) نیز به ترتیب ۱۸/۳۶ ، ۲۸/۳۶، ۳۱/۷۴ و ۳۵/۵۳ بدست آمد. این محققان سطح ۳ تا ۵ درصد پودر اسپیرولینا در جیرهٔ غذایی ماهی طلایی *C. auratus* را برای رنگین کردن این گونه مؤثر دانسته است ($P<0.05$). نتایج بدست آمده از شاخص‌های رنگی بررسی شده در پژوهش حاضر بر روی سیکلید مالاوی زبرا *P. zebra* از نظرفاکتور L مؤید پژوهش انجام شده بر روی ماهی طلایی *C. auratus* می باشد. به طوری که در پژوهش ما میزان L در تیمار شاهد (صفر درصد) از مقدار ۴۰/۲۶ به ۲۹/۲۴

در تیمار ۱۵ درصد کاهش داشته است (P<۰.۰۵). از نظر دو فاکتور a و b این تحقیق کاملاً مخالف مقادیر بدست آمده در تحقیق حاضر است که به نظر می‌رسد علت آن زمینه‌ی ژنتیکی رنگ آبی و آبی مایل به سیاه است و فقط هاله ای از رنگ نارنجی در کل بدن قابل مشاهده است. مقادیر بدست آمده در مورد فاکتور a,b و H° کاملاً مؤید این مطلب است به طوری‌که در مورد فاکتور b که در سطح ۱۵ درصد دارای اختلاف معنادار با گروه شاهد (۷/۳۰-) بوده است (P<۰/۰۵) مقدار بدست‌آمده برای این فاکتور در سطح ۱۵ درصد ۱۴/۵۵- تعیین شد که از نظر شهودی نیز کاملاً اختلاف آن مشهود است که این رقم نشان می‌دهد رنگ در این ماهی به سمت آبی متمایل شده است. ضمن آنکه در گروه شاهد نیز مقدار بدست‌آمده (۷/۳۰-) حاکی از آبی کمرنگ‌بودن این ماهی در این سطح است. در خصوص فاکتور ته رتگ نیز این رنگ آبی کاملاً قابل اثبات است به طوری که در سطح ۱۵ درصد درجه رنگی بدست آمده برای ته رنگ (H°) که ترکیبی از فاکتور a وb می باشد ۲۷۹/۸۰° تعیین شد که این رقم در محدوده متمایل به آبی است. در خصوص فاکتور a اولاً میزان آن در گروه شاهد ۰/۴۳ تعریف شده است که بسیار به حالت رنگ خنثی نزدیک است حال آنکه در مورد تحقیق انجام شده در مورد ماهی طلایی *C. auratus* این مقدار برای ماهی طلایی ۱۱/۷۰تعیین شده بود که نشان می-دهد رنگ زمینه‌ای اصلی این ماهی بدون مصرف مواد کارتنوئیدی نارنجی تا متمایل به قرمز است حال آنکه عدد بدست آمده برای سیکلید مالاوی زبرا (*P. zebra*) در مورد فاکتور a در گروه شاهد نشان‌دهنده‌ی کمرنگ‌بودن این شاخص رنگی است و حتی با استفاده از جیره‌های حاوی مواد کارتنوئیدی مقدار آن خیلی دستخوش تغییر نشده است و اگرچه در سطح ۱۵ درصد این فاکتور نیز (۱/۸۶) نسبت به گروه شاهد ۰/۴۳ دارای اختلاف معنادار بوده است اما این اختلاف رنگی از نظر چشمی خیلی مشهود نمی‌باشد. به نظر می‌رسد اشباع شدن رنگ آبی در تیمار ۲۰ (۱۵/۳۳-) و ۲۵ درصد (۱۱/۷۶-) اسپیرولینا نسبت به گروه شاهد (۷/۵۱-) به دلیل توانایی سیکلید مالاوی زبرا (*P. zebra*).در رسوب بتاکاروتن و رنگدانه تنفسی آبی، رنگ فیکوسیانین در پوست بود، چرا که آستازانتین اصولاً مسئول رنگ قرمز تا نارنجی در بدن ماهیان است و اگر این گونه قابلیت تبدیل بتاکاروتن به آستازانتین را می‌داشت، می‌بایست بیشتر طیف رنگ قرمز موجود در بدن آن نسبت به گروه شاهد تفاوت محسوسی پیدا می‌کرد حال آنکه این تفاوت محسوس در مورد فاکتور a اگرچه در سطح ۱۵ درصد نسبت به گروه شاهد دارای اختلاف معنادار است (P<۰/۰۵). اما این تفاوت از نظر چشمی قابل مشاهده نیست با این تفاسیر می‌توان این گونه را با توجه به دسته بندی انجام شده توسط Kamata در سال ۱۹۷۳در گروه باس دریایی جای دارد که عبارتند از جانورانی که قادر نیستند بتاکاروتن، لوتئین یا زیزانتین را به آستازانتین تبدیل کنند امّا می‌توانند رنگدانه‌ها را از جیره غذایی به بافت بدن خود به فرم آزاد یا استری شده منتقل کنند. باس دریایی و باس دریایی قرمز نمونه‌هایی از

این گروه می‌باشند (Kamata et al., 1977).

منابع

۱. **ابراهیمی، م. عباسی، ف. مهدوی، س. رحیمی، م. (۱۳۸۸).** اثر هرمون ۱۷آلفا- متیل تستسترون بر خصوصیات ثانویه جنسی، بافت شناسی تخمدان و تولید لارو در ماهی گوپی (*Poecilia reticulata*). مجله علوم و فنون دریایی خرمشهر. دوره ۸. شماره ۳ و ۴. صفحات ۳۶-۲۵.

۲. **غیاثوند،ز. شاپوری،م. (۱۳۸۷).** تأثیر رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی و مقایسه اثر آنها بر ماهی اسکار سفید (*Astronotus ocellatus sp*). مجله بیولوژی دریا. صفحات ۸۵-۷۸.

۳. **وثوقی.غ، مستجیر.ب، (۱۳۸۱).** ماهیان آب شیرین. انتشارات دانشگاه تهران.۲۱۱ ص.چاپ پنجم

4.**Ahilian, B., K. Jegan., N. Felix., K. Ravanesvaran . (2008).** Inflience of Butanical Additives on the Growth and Colaration of Adult Goldfish *Carassius auratus*. Veterinary and Animal Sciences. 4 (4) :129-134.

Asimi O. A. 2009. To study the effect of photosensitizer on melanophoreresponses of blue gourami (*Trichogaster trichopterus*). Journal Cell and Animal Biology. 3 (5):83-087

5. **Bjerkeng, M. (2000).** in *Avances en Nutrición Acuícola V*, (ed. L. E. Cruz-Suarez, D. Rique-Marie, M.Tapia- Salazar, M. A. Olvera-Novoa and R. Civera-Cerecedo), pp. 71, Univ. Autonoma Nuevo Leon, Nuevo Leon, Mexico.

6.**Bailley M., Sandford, G. (2006).** The Ultimate Encyclopedia of Aquarium Fish and Fish Care. pp256. Heremes House. London.

7. **Bitzer. R.A. (1963).** The colouring of future hatchery trout.pp813.U.S. Trout News.

8.**Boonyaratpalin M. and Lovell R.T. (1977).** Diet preparation for aquarium fishes. Aquaculture.12:53-62.

9.**Brian Cole, M.S., Tamaru S., Bailey, R. (1999).** Gourami. Center of tropical and subtropival.pp.135

10.**Britton G., Armitt M., Lau S.Y.M., Patel A.K. and Shone C.C. (1981).** Carotenoproteins. In: Carotenoid Chemistry & Biochemistry (ed. by G. Britton & T.W. Goodwin), pp. 251. Pergamon Press, Oxford, UK.

11.**Chapman F.A.(2000).** Ornamental fish culture, freshwater. In: Encyclopedia of Aquaculture (ed. by R.R. Stickney), pp. 602-610. JohnWiley and Sons, NewYork, USA.

12.**Chatzifotis, S., Pavlidis, M., Donate Jimeno, C., Vardanis, P., Divanach., P. (2004).** The effect of carotenoid sources on skin coloration of red Porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture Europe Conference, Biotechnology for Quality, Barcelona, Spain

13.**Ellis. J.N. (1979).** The use of natural and synthetic carotenoidsin the diet to colour of the salmonids. In: Finfish Nutritionand Fish Feed Technology,Vol. II (ed. by J.E. Halver andK. Tiews). Heenemann, Berlin,Germany.354-364.

14. **Fraser, P. D. and Bramely,P. M. (2004).** The Boisynthesis and Nutritional Uses of Cartenoids. Progress in Lipid Research. 43:228–265

15.**Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O.,and Empis, J. (2003).** Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomas. Aquaculture Nutrition 9;123-129.

16.**Hancz, C., Magyary, I., Molnar, T., Sato, S., Horan, P., Taniguchi, N. (2003)**. Evaluation of color in tensity enhanced by paprika as feed additive in golod fish and koi carp using computer-assisted image analysis . Fisheres Scince. 69:1156-1159.
17.**Hata M. and M. Hata. (1975).** Carotenoid pigments in rainbow trout *Salmo gairneri irideus*. Tohuku Jornal Agriculter Reserch. 26(1):35-40.
18.**James, R., Sampath, K.., Thangarathinam, R., Vasudevan, I. (2006).** Effect of dietary spirulina level on growth, fertility, coloration and leucocoyte count in red swordtall, xiphophorus helleri. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. 58(2): 97-104.
19.**Johnson, E.A., Conklin, D.E., Lewis, M.J. (1977)**. The yeastPhaa rhodozyma as a dietary pigment source for salmonidsand crustaceans. Journal of Fisheries Research Boardof Canada.34: 2417-2421.
20. **Kamata,T., Neamtu, G.G., Simpson, K.L. (1977).** The pigmentation of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) with Hippophaerhamnoides oil. Review Roumaine de Biochime.13: 25-30.
21.**Kiriratnikom, S., Zaau, R., Suwanpugdee, A. (2005).** Effects of various levels of Spirulina on growth performance and pigmentation in goldfish (*Carassius aurarus*). Journal Science Technology. Vol. 27 (Suppl. 1): Aquatic Science
22.**Kop, A., Durmaz,Y. (2008).** The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp., Heckel 1840). Aquaculter. 16:117–122.
23.**Mortensen, A. (2006).** Cartenoids and Other Pigments as Natural Colorants.Pure Appied Chemistry, 78: 1477–1491.
24.**Neamtu, G.G.,Weaver, C.M.,Wolke, R.E., Simpson, K.L. (1976).**The pigmentation of rainbow trout with extracts of oral parts from Aesculus. Review Roumaine de Biochime.13: 25-30.
25. **Ong A.S.H., Tee, E.S. (1992).** Natural sources of carotenoidsfrom plants and oils. Methodolgy of Enzymology.213:142-167.
26.**Pavlidis, M., Papandroulakis, N., Divanach, P. (2006).** A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. Aquaculture. 258: 211-219.
27. **Peterson D.H., Jager H.K., Savage G.M.,Washburn G.N. & Westers H. (1966).** Natural colouration of trout using xanthophylls. Transaction of American Fisheries Society.95:408-414.
28. **Savolainen J.E.T. & Gyllenberg H.G. (1970**). Feeding of rainbowtrout with Rhodotolura sanneii preparations. III.Amounts and qualities of carotenoids. Lebensm-WissTechnology.3:18-20.
29. **Segner, H., Arend, P., Von Poeppinghaussen, K., Schmidt, H .(1989).** The effect of feeding astaxanthin to *Oreochromis niloticus* and *Colisa labiosa* on the histology of the liver. Aquaculture. 79:381–390
30. **Simon, P. W.,Wollff.,Y. (1987).** Carottens in typical and dark orange carrots. Journal Agriculter Food Chemictery. 35:1017-1022
31.**Sinha A, Oyas Amed Asimi. (2007).** China rose (*Hibiscus rosasinensis*)petals: a potent natural carotenoid source for goldfish (*Carassiusauratus* L). Aquaculture Reserch. 38:1123-1128.
32. **Storebakken, T., (1992).** Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture. 100:209-229
33.**Tongsiri, S., Mang-Amphan, K., 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

2(3): 106-110
34. **Torrissen, O.J., Christiansen R. (1995).** Requirements for carotenoids in diets. Journal of Applied Ichthyology.11: 225-230.
35. **Torrissen, O. J., Hardy, R. W., Shearer, K.D. (1989).** Pigmentation of salmons: carotenoid deposition and metabolism. CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences. 1:209–225.
36. **Tsushima, M., Hidetada, N., Takao, M. (1998).**The accumulation of pigments from paprika in the integument of goldfish, *Carassius auratus*. Fisheries Science. 64:656-657.
37. **Walisiewicz, M,. Dye, K.,King, M.,Sedford,S.(2005).** Aquarium Fish Encyclopedia. London. 400pp.
38. **Wallat, G.K., Lazur, A.M., Chapman, F.A .(2005).** Carotenoids of differenttypes and concentrations in commercial formulated fish diets affectcolor and its development in the skin of the Red Oranda variety ofGoldfish. North American JournalAquiculture. 67: 42-51.
39. **Wang, Y.J., Chien, Y.H., Pan, C.H. (2006).** Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. Aquaculture. 261:641–648
40. **Yanar, M., Ercen, Z., Hunt, O.H, Buyukcapar, H.M. (2007).** The use of alfalfa, Medicago sativa as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. Aquaculture. 284:196–200.