تاثیر سطوح مختلف کورکومین موجود در گیاه زردچوبه (*Curcuma longa*) جیره بر عملکرد رشد و رنگ‌پذیری پوست ماهی اسکار *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831)

- **راضیه نظری**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، صندوق‌پستی: ١١٤٤
- **میرمسعود سجادی***: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، صندوق‌پستی: ١١٤٤
- **بهرام فلاحتکار**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران، صندوق‌پستی: ١١٤٤

تاریخ دریافت: شهریور ١٣٩٦ تاریخ پذیرش: آذر ١٣٩٦

چکیده

به‌منظور مطالعه تاثیر سطوح مختلف کورکومین موجود در گیاه زردچوبه بر عملکرد رشد و رنگ‌پذیری ماهی اسکار، ١٥٠ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ٠/٢٥±٥/١ گرم و طول متوسط ٠/٣٦±٦/٢٥ سانتی‌متر به‌طور تصادفی به ٥ گروه تقسیم شده و به‌مدت ٥٦ روز نگه‌داری وبا جیره‌های مختلف تغذیه شدند. گروه‌شاهد غذای تجاری‌فاقدکورکومین (C٠) و سایر گروه‌ها به‌ترتیب با ٥ (C٥)، ١٠ (C١٠)، ١٥ (C١٥) و ٢٠ (C٢٠) گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره تجاری تغذیه شدند. شاخص‌های رشد تیمارهای آزمایشی هر دو هفته یک‌بار اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد بین تیمارهای C٠ و C٥ از لحاظ وزن نهایی و نرخ رشد ویژه تفاوت معنی‌دار آماری وجود دارد (P<٠/٠٥). بیش‌ترین وزن نهایی و هم‌چنین کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار C٥ مشاهده شد. تفاوت معنی‌داری در بازده پروتئین و چربی بین تیمارهای C٥ و C٢٠ مشاهده شد (P<٠/٠٥) به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن‌ها در تیمار C٢٠ مشاهده شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان کورکومین ذخیره شده در پوست نشان داد میزان کورکومین تیمار C٢٠ به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار C٠ بیش‌تر بود (P<٠/٠٥). نتایج تحقیق کنونی نشان داد که استفاده از ٥ گرم کورکومین در جیره غذایی باعث بهبود عملکرد رشد در ماهی اسکار می‌شود و هم‌چنین استفاده از ١٥ گرم کورکومین در جیره غذایی آن‌ها باعث رنگ‌پذیری بهینه در این ماهیان می‌شود.

کلمات کلیدی: کورکومین، رنگ‌پذیری، رشد، ماهی اسکار، *Astronotus ocellatus*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mmsajjadi@hotmail.com

مقدمه

یکی از مسائل مهم در آبزی‌پروری ایجاد تعادل بین سرعت رشد ماهی و استفاده بهینه از غذای فراهم شده است. زمانی‌که ماهی با غذای با کیفیت بالا و مناسب تغذیه شود رشدی که مورد انتظار پرورش‌دهنده است، به‌دست خواهد آمد (Bureau و همکاران، ۲۰۰۶). ساختار جیره و غذادهی مناسب نقش بسیار مهمی در پرورش ماهیان آکواریومی دارد به‌طوری‌که هرچه در تهیه غذا به ماهیان زینتی دقت و توجه بیش‌تری شود، ماهی سالم‌تر، سرحال‌تر و زیباتر خواهد بود (Richards و همکاران، ۲۰۰۷). در کنار سلامت ماهیان که به‌واسطه کیفیت مناسب جیره و میزان غذادهی تعیین می‌گردد، عامل مهم دیگر در بحث ماهیان آکواریومی که باعث جذابیت آن‌ها می‌شود، رنگ بدن می‌باشد که منشا آن از مواد غذایی موجود در محیط‌زیست آن‌ها می‌باشد (Kop و Durmaz، ۲۰۱۰). رنگ به‌عنوان یک عامل مهم در زندگی همه موجودات زنده، نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند (Wang و همکاران، ۲۰۰۶). امروزه سعی بر آن است که از موادی به‌عنوان رنگدانه استفاده‌شود که علاوه برقیمت‌مناسب‌بتواند جایگزین مناسبی برای انواع رنگدانه‌های صنعتی و مصنوعی باشد(Shapoori و همکاران، ۲۰۱۲). امروزه تحقیقات زیادی درخصوص استفاده از افزودنی‌های گیاهی به‌عنوان مواد طبیعی به‌منظور افزایش رشد و بهبود کارایی غذا و هم‌چنین در برخی موارد تاثیر مثبت در زیبایی ظاهری و رنگ‌پذیری گوشت و فیله در صنعت غذای آبزیان گسترش زیادی پیدا کرده است (Behera و همکاران، ۲۰۱۱؛ Bureau و همکاران، ۲۰۰۶؛ Cui و همکاران، ۲۰۱۳؛ Farhangi و همکاران، ۲۰۱۵). محرک‌های رشد که منشا گیاهی دارند، مزیت‌های متعددی نسبت به انواع مصنوعی دارند که از این مزیت‌ها می‌توان به در دسترس بودن، آسیب‌رسانی کم‌تر به محیط زیست و امکان تولید در سطح وسیع با قیمت پایین اشاره نمود (Francis و همکاران، ۲۰۰۱). زردچوبه (*Curcuma longa*) گیاه بومی جنوب آسیا (نواحی هندوستان و چین) می‌باشد که به‌عنوان ماده افزودنی خوراکی، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. ریزوم زردچوبه حاوی سه آنالوگ مهم است: کورکومین، دمتوکسی کورکومین و بیس دمتوکسی کورکومین که در مجموع کورکومنوئیدها نامیده می‌شوند. درمیان این سه کورکومینوئید، کورکومین در زردچوبه از همه فراوان‌تر است. کورکومین رنگ مناسبی دارد که امکان استفاده از آن به‌عنوان عامل رنگ‌دهنده‌درصنایع‌غذایی‌رامطرح‌می‌سازد(Perrone و همکاران، ۲۰۱۵).طبق‌مطالعات‌انجام‌شده‌بر‌روی‌انسان‌و موش‌های آزمایشگاهی، برای کورکومین فواید زیستی فراوانی از قبیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی (Boonla و همکاران، ۲۰۱۴)، ضدالتهاب (Shi و همکاران، ۲۰۱۵؛ Fu و همکاران، ۲۰۱۴)، ضدسرطان (Farhangi و همکاران، ۲۰۱۵)، ضدباکتری (Bellio و همکاران، ۲۰۱۴) و افزایش عملکرد ایمنی بدن (Cleary، ۲۰۰۴) گزارش شده است. کورکومین به‌دلیل خواص ذکر شده، همیشه مورد توجه بوده است اما تا به امروز مطالعات بسیار اندکی درخصوص تاثیر کورکومین در آبزی‌پروری مشاهده شده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد کورکومین می‌تواند تاثیرات وسیع فارماکولوژیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان داشته‌باشد(Ruby و همکاران، ۱۹۹۵؛Toda وهمکاران، ۱۹۸۵). Behera و همکاران(۲۰۱۱) پیشنهاد کردند کورکومین می‌تواند به‌عنوان یک ماده محرک ایمنی در کپور هندی (*Labeo rohita*) تاثیر مثبت داشته باشد. تحقیقات اخیر در ماهی *Anabas testudineus* نشان داد که رژیم غذایی کورکومین به میزان ۵ تا ۱۰ گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی می‌تواند باعث حفظ نظم طبیعی در بافت کبد، پانکراس و مراکز ماکروفاژ- ملانوسیت شود (Manju و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین کورکومین باعث بهبود عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های هضمی در ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idella*)و افزایش‌عملکردرشد و ایمنی درماهی‌تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) شده است (Cui و همکاران، ۲۰۱۳؛ Zhongze و همکاران، ۲۰۰۳).ماهی‌اسکار (*Astronotus ocellatus*)از خانواده سیچلایدهاست که به‌دلیل ارزش اقتصادی و بازارپسندی، از پرطرف‌دارترین ماهیان آکواریومی‌در سطح جهان بوده و در ایران نیز مهم‌ترین و پرفروش‌ترین ماهی‌زینتی محسوب می‌شود(مشعل‌چی و همکاران، ۱۳۸۹). لذا انجام چنین مطالعاتی می‌تواند به بهبود شرایط پرورش، شکل ظاهری و زیبایی رنگ بدن این ماهی کمک شایانی کند. برای بهبود شرایط تکثیر و پرورش ماهیان زینتی تحقیقات زیادی روی چگونگی تغذیه و ترکیب جیره غذایی انجام شده است (Bureau و همکاران، ۲۰۰۶؛ Ghosh و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jiang و همکاران، ۲۰۱۶). یکی از اهداف مهم در آبزی‌پروری ارائه محصول با کم‌ترین هزینه و بیش‌ترین بازده است. ماهی‌ها مانند سایر حیوانات، قادر به بیوسنتز کاروتنوئیدها نیستند، ولی می‌توانند کاروتنوئید های غذایی را در پوست و سایر بافت‌های خود ذخیره کنند (Kop و Durmaz، ۲۰۰۸). بنابراین در حال حاضر در پرورش انواع موجودات آبزی از انواع رنگدانه‌ها استفاده می‌شود تا به این ترتیب از این افزودنی به‌عنوان یک عامل خوش‌رنگ کننده پوست بدن آبزیان، بهره‌های تجاری برده شود. در

صورتی‌که بتوان با تجویز غذاهای غنی از رنگدانه، رنگ ماهیان را بهبود بخشید، به یقین کیفیت و قیمت ماهی‌ها افزایش خواهدیافت (صیدگر و همکاران، ۱۳۹۴). امروزه در تحقیقات زیادی از گیاهان مختلف که خود منشا انواع رنگدانه‌ها هستند، به‌منظور بهبود عملکرد رشد و رنگ پذیری استفاده شده است. با توجه به اهمیت بالای ماهی اسکار در بازار جهانی، مورد توجه بودن آن در بین علاقه‌مندان به تکثیر و پرورش و هم‌چنین مقاوم بودن این ماهی در شرایط آکواریوم (عقدا و همکاران، ۱۳۹۵)، سعی بر انتخاب این گونه در این مطالعه شد. با توجه به این‌که مطالعات اندکی درباره تاثیر مثبت کورکومین در آبزی پروری صورت گرفته است و هیچ‌گونه مطالعه‌ای مبنی بر اثر این ماده بر رنگ‌پذیری پوست آبزیان انجام نشده است، لذا هدف اصلی در این پژوهش بررسی امکان کاربرد کورکومین موجود در گیاه زردچوبه در بهبود عملکرد رشد و رنگ‌پذیری پوست بچه ماهی اسکار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش: این مطالعه به‌مدت ۸ هفته در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان بر روی ماهی اسکار انجام شد. ماهیان از شرکت ایران آکواریوم (تبریز، ایران) خریداری و به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان منتقل شدند. ماهیان پس از دو هفته سازش‌دهی با شرایط کارگاه، از نظر سلامتی و وضع ظاهری بررسی شدند. سپس ماهیان با میانگین وزنی ۰/۲۵±۵/۱ گرم و طول متوسط ۰/۳۶±۶/۲۵ سانتی‌متر به‌صورت تصادفی در ۱۵ مخزن به ابعاد ۲۰×۵۰×۸۰ سانتی‌متری با حجم آبگیری ۶۴ لیتر توزیع شدند (۱۰ عدد ماهی در هر مخزن). دمای آب به‌وسیله بخاری برقی ۳۰۰ واتی ترموستات‌دار در هر مخزن تنظیم می‌شد. میانگین دمای آب هر مخزن ۱/۶±۲۸ درجه سانتی‌گراد بود. روشنایی کارگاه نیز به‌وسیله لامپ‌های فلوئورسنت سفید براساس دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی کنترل شد. اکسیژن‌رسانی از طریق پمپ مرکزی به‌طور یکسان در هر ۱۵ مخزن صورت گرفت. روزانه پس از آخرین وعده غذایی، تمامی مخازن به‌منظور حذف فضولات و غذای خورده نشده، به‌میزان ۲۵٪ سیفون می‌شدند.

طراحی آزمایش: این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. جهت انجام این آزمایش، ۵ تیمار با سه تکرار درنظر گرفته شد. کورکومین با نسبت‌های صفر (C۰)، ۵ (C۵)، ۱۰ (C۱۰)، ۱۵ (C۱۵) و ۲۰ (C۲۰) گرم در هر کیلوگرم جیره اضافه شد (Jiang و همکاران، ۲۰۱۶). غذادهی در حد سیری در ۳ نوبت (ساعات ۰۰ :۹، ۰۰ :۱۴ و ۰۰ :۱۹) با جیره‌های آماده شده صورت می‌گرفت (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۴).

آماده‌سازی جیره: در این تحقیق جیره غذایی (پروتئین ۵۲٪، چربی ۱۲/۵٪، فیبرخام ۱/۵٪ و فسفر قابل جذب ۱٪) شرکت ۲۱ بیضاء (شیراز، ایران) با اندازه ۵ میلی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین کورکومین از شرکت دارویی دینه (قزوین، ایران) تهیه شد. سپس جهت آماده‌سازی جیره غذایی، ابتدا کورکومین در اتانول ۹۶٪ حل‌شد(۱۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر ۵ گرم کورکومین)و بر سطح پلت‌های غذایی اسپری شد و در نهایت به‌مدت ۲۴ ساعت در معرض هوای اتاق قرار گرفت تا اتانول اضافه شده به‌طور کامل بخار شود (بیک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴).

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد: در طول ۸ هفته آزمایش، زیست‌سنجی از تمامی ماهیان هر دو هفته یک‌بار انجام گرفت. برای جلوگیری از وارد شدن استرس به ماهیان، ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد. جهت بی‌هوشی ماهیان برای انجام زیست‌سنجی از ppm ۲۰۰ پودر گل میخک استفاده شد (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۴). اندازه‌گیری طول و وزن به‌ترتیب به‌وسیله خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم انجام گرفت. شاخص‌های رشد با استفاده از فرمول‌های زیر مورد محاسبه قرار گرفت (Bekcan و همکاران، ۲۰۰۶):

وزن اولیه – وزن نهایی = (گرم) وزن کسب شده

۳(طول نهایی) / وزن نهایی × ۱۰۰ = فاکتور وضعیت

(% day-1) = نرخ رشد ویژه

طول دوره پرورشی/ (لگاریتم وزن اولیه – لگاریتم وزن نهایی)×۱۰۰

وزن کسب شده / غذای مصرف شده = ضریب تبدیل غذایی

(پروتئین مصرف شده / وزن کسب شده) × ۱۰۰ = بازده پروتئینی

(چربی مصرف شده / وزن کسب شده) × ۱۰۰ = بازده چربی

اندازه گیری مقدار کورکومین ذخیره شده در پوست: از هر مخزن ۲ ماهی جهت اندازه‌گیری کورکومین ذخیره شده در پوست، به‌طور تصادفی انتخاب‌شدند. نمونه‌پوست ماهیان، ازبین ناحیه شکمی و سینه‌ای برداشته شد. ۲۰۰ میلی‌گرم نمونه پوست درون لوله فالکن ۱۵ میلی‌لیتری قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر استون به‌همراه ۱ گرم سولفات سدیم بدون آب به نمونه اضافه شدند. نمونه‌ها به‌مدت ۳ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال نگه‌داری شدند و سپس توسط

کاغذ صافی واتمن شماره ۴ فیلتر شدند. عصاره حاصل با ۱۰ میلی‌لیتر استون شسته شد و در نهایت، میزان جذب نوری کورکومین در طول موج ۴۲۵ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico, New Jersey, USA) در آزمایشگاه شیلات دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا خوانده شد (Wang و همکاران، ۲۰۰۶).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های حاصل از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Version 19, IBM, Armonk, NY, USA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، برای کنترل همگنی واریانس‌ها از آزمون Levene و جهت مشخص نمودن اختلاف میانگین بین تیمارهای مختلف، از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون Tukey مورد استفاده قرار گرفت. آنالیزها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج

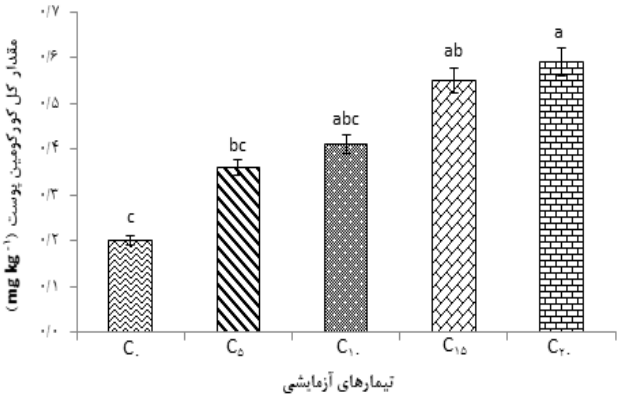
عملکرد رشد: نتایج نشان‌داد از لحاظ وزن نهایی بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌دار آماری وجود دارد ($P<0/05$) (جدول ۱). بیش‌ترین وزن نهایی در تیمار C۵ مشاهده شد و بین این تیمار و تیمار C۰ اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد ($P<0/05$). اما بین سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$). بین تیمارهای C۵ و شاهد در فاکتورهای نرخ رشد ویژه و وزن کسب شده تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده شد ($P<0/05$). به‌طوری‌که بیش‌ترین نرخ رشد ویژه و وزن کسب شده در تیمار C۵ مشاهده شد. از لحاظ ضریب تبدیل غذایی بین تیمار شاهد و C۲۰ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری‌که کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار C۲۰ وجود داشت. اما بین تیمار C۲۰ و سایر تیمارها (C۵، C۱۰ و C۱۵) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$). بین تیمار C۲۰ و C۰ از لحاظ بازده پروتئین و چربی تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده شد ($P<0/05$) به‌طوری‌که بیش‌ترین مقادیر این پارامترها در تیمار C۲۰ مشاهده شد ولی تفاوت معنی‌دار بین این تیمار و سایر تیمارها (C۵، C۱۰، C۱۵) وجود نداشت ($P>0/05$). در پایان دوره، از نظر طول بدن و فاکتور وضعیت بین تیمار شاهد و سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد ($P>0/05$).

میزان رنگ‌پذیری پوست: نتایج حاصل از بررسی میزان کورکومین ذخیره شده در پوست نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای C۰ و C۲۰ وجود دارد ($P<0/05$) به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان کورکومین ذخیره شده در تیمار C۲۰ و کم‌ترین مقدار آن در تیمار C۰ مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، بین تیمارهای C۱۵ و تیمار C۰ هم تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P<0/05$). اما بین تیمارهای C۵، C۱۰ و C۱۵ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$). علاوه بر این بین تیمارهای C۰، C۵ و C۱۰ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P>0/05$). نتایج نشان داد بین تیمارهای C۱۵ و C۲۰ نیز از لحاظ رنگ‌پذیری پوست اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد ($P>0/05$).

جدول ۱: مقایسه شاخص‌های رشد ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) پس از ۵۶ روز تغذیه با سطوح مختلف کورکومین (n=۳؛ میانگین±انحراف معیار)

	تیمارهای مختلف				
فاکتورهای رشد	**C۰**	**C۵**	**C۱۰**	**C۱۵**	**C۲۰**
وزن اولیه (گرم)	۵/۱۹ ± ۰/۰۱	۵/۲۵ ± ۰/۰۶	۵/۱۹ ± ۰/۰۱	۵/۲۳ ± ۰/۰۸	۵/۱۸ ± ۰/۰۱
وزن نهایی (گرم)	$۳۰/۳۵ \pm ۳/۳۴^{b}$	$۴۶/۸۵ \pm ۳/۷۱^{a}$	$۳۷/۵۳ \pm ۶/۳۱^{ab}$	$۴۲/۰۱ \pm ۶/۹۹^{ab}$	$۴۰/۵۶ \pm ۲/۶۳^{ab}$
طول اولیه (سانتی‌متر)	۶/۳۲ ± ۰/۰۶	۶/۴۰ ± ۰/۰۹	۶/۲۵ ± ۰/۱۳	۶/۳۷ ± ۰/۰۹	۶/۳۷ ± ۰/۱۱
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۱/۸۴ ± ۰/۸۴	۱۳/۲۶ ± ۰/۱۷	۱۲/۲۴ ± ۰/۶۷	۱۲/۷۲ ± ۰/۵۷	۱۲/۴۲ ± ۰/۲۸
وزن کسب شده (گرم)	$۲۵/۱۶ \pm ۳/۳۵^{b}$	$۴۱/۶۳ \pm ۳/۶۸^{a}$	$۳۲/۳۴ \pm ۶/۳۰^{ab}$	$۳۶/۷۴ \pm ۶/۹۷^{ab}$	$۳۵/۳۸ \pm ۲/۶۲^{ab}$
فاکتور وضعیت	۱/۷۶ ± ۰/۲۷	۲/۳۱ ± ۰/۴۴	۲/۰۳ ± ۰/۰۲۸	۲/۰۲ ± ۰/۰۷	۲/۱۱ ± ۰/۰۵
نرخ رشد ویژه (Day^{-1} %)	$۳/۱۴ \pm ۰/۲^{b}$	$۳/۹۱ \pm ۰/۱۳^{a}$	$۳/۵۱ \pm ۰/۲۸^{ab}$	$۳/۶۸ \pm ۰/۲۹^{ab}$	$۳/۶۷ \pm ۰/۱^{ab}$
ضریب تبدیل غذایی	$۱/۱۰ \pm ۰/۱۴^{a}$	$۰/۷ \pm ۰/۰۸^{ab}$	$۰/۹۶ \pm ۰/۱۷^{ab}$	$۰/۸۰ \pm ۰/۱۵^{ab}$	$۰/۷۳ \pm ۰/۱۰^{b}$
بازده پروتئینی	$۰/۱۷ \pm ۰/۰۲۱^{b}$	$۰/۲۴ \pm ۰/۰۲۷^{ab}$	$۰/۲۱ \pm ۰/۰۲۶^{ab}$	$۰/۲۴ \pm ۰/۰۴^{ab}$	$۰/۲۷ \pm ۰/۰۳^{a}$
بازده چربی	$۰/۷۳ \pm ۰/۰۹^{b}$	$۱/۰۳ \pm ۰/۱۱^{ab}$	$۰/۸۷ \pm ۰/۱۱^{ab}$	$۱/۰۱ \pm ۰/۱۸^{ab}$	$۱/۱۴ \pm ۰/۱۲^{a}$

حروف لاتین غیرمشابه در هر ردیف بیانگر تفاوت معنی‌دار آماری در سطح ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل ۲: میزان کورکومین ذخیره شده در پوست ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) پس از ۵۶ روز تغذیه با سطوح مختلف کورکومین (n=۳؛ میانگین± انحراف از معیار).

حروف کوچک لاتین غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ در هر ستون می‌باشد.

بحث

در مطالعه حاضر سطوح مختلف کورکومین به‌کار گرفته و تاثیر آن بر عملکرد رشد و رنگ‌پذیری ماهی اسکار بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از ۵ گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره غذایی‌ماهی اسکارمی‌تواند باعث بهبودعملکرد رشد و افزایش معنی‌دار در فاکتورهای نرخ رشد ویژه و وزن کسب شده در این تیمار (C۵) شود. کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی و بیش‌ترین بازده پروتئین و چربی در تیمار (C۲۰) مشاهده شد ولی از آن‌جایی‌که بین تیمار C۵ و C۲۰ تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد بنابراین می‌توان تیمار C۵ را از نظر فاکتورهای ضریب تبدیل غذایی، بازده پروتئین و چربی مناسب دانست زیرا استفاده از ۵ گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره غذایی مقرون به‌صرفه‌تر نسبت به مصرف ۲۰ گرم کورکومین می‌باشد از این حیث مناسب‌ترین میزان کورکومین پیشنهادی در این تحقیق ۵ گرم در هر کیلوگرم غذا می‌باشد. باتوجه به این‌که در مطالعات گذشته، گاهی استفاده از مقادیر بالای ۵ گرم کورکومین اثرات منفی در رشد داشته است (Liu و همکاران، ۲۰۱۵)، اما نتایج این تحقیق نشان داده است استفاده از مقادیر ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم کورکومین هیچ‌گونه تاثیر منفی در روند رشد ماهی اسکار نداشته است. به‌نظر می‌رسدعامل ذکر شده رابطه مستقیم با نوع گونه مورد مطالعه، نحوه عملکرد آنزیم‌های هضمی روده درگونه مورد نظر و هم‌چنین مدت‌زمان و شرایط محیطی آزمایش دارد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر با مطالعه Jiang و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. در تحقیق مذکور ماهی طلایی (*Carassius auratus*) در سه تیمار صفر، ۱ و ۵ گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره، به‌مدت ۱۰۵ روز تغذیه شدند. میزان ۵ گرم کورکومین در جیره غذایی ماهیان، باعث افزایش معنی‌داری در وزن نهایی کسب شده و نرخ رشد ویژه شد، به‌علاوه بیش‌ترین کارایی غذا در همین تیمار مشاهده شد. آن‌ها پیشنهاد کردند ۵ گرم کورکومین در جیره ماهی طلایی می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد در ماهی شود. Akdemir و همکاران (۲۰۱۶) با به‌کارگیری سطوح مختلف کورکومین (۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) در شرایط متفاوت از لحاظ تراکم (۲۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هر مترمکعب) به بررسی تاثیر این عوامل بر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان(*Oncorhynchus mykiss*) پرداختند. نتایج نشان داد افزایش معنی‌داری در وزن نهایی و نرخ رشد ویژه در ماهیان‌تغذیه‌شده با ۲۰۰ میلی‌گرم‌کورکومین‌در شرایط متراکم نسبت به تیمار دیگر وجود دارد. Liu و همکاران (۲۰۱۵) از شش رژیم غذایی فرموله شده با سطوح مختلف کورکومین با مقادیر صفر، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰و ۲۴۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی ماهی سیم (*Megalobrama amblycephala*) استفاده کردند. میزان بهینه مصرف کورکومین‌دراین ماهی ۶۰ میلی‌گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره غذایی پیشنهاد شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت ندارد. استفاده از این مقدار کورکومین در مطالعه مذکور باعث افزایش معنی‌دار در نرخ رشد ویژه و درصد افزایش بدن شد و هم‌چنین بهترین ضریب تبدیل غذایی در همین تیمار مشاهده شد. تفاوت در میزان اثر بخشی کوکورمین استفاده شده در تحقیق مذکور با تحقیق حاضر می‌تواند به عوامل مختلفی ازجمله نوع گونه و یا مدت زمان آزمایش بستگی داشته باشد. در مطالعه Cui و همکاران (۲۰۱۳) که به بررسی تاثیر جیره‌های غذایی حاوی کورکومین بر عملکرد رشد و پارامترهای بیوشیمیایی خون‌ماهی‌تیلاپیاپرداختند،دریافتنداستفاده از کورکومین باعث بهبود عملکرد رشد در این ماهی می‌شود. در این مطالعه، از پنج تیمار به‌ترتیب صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم کورکومین در هر کیلوگرم جیره تجاری، استفاده شد که بهترین عملکرد رشد از نظر افزایش وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و بالاترین کارایی غذا در ماهیانی که با ۱۵۰ میلی‌گرم کورکومین تغذیه شده بودند، مشاهده شد.

مطالعات نشان داده است که کورکومین محتوای پروتئین روده و هپاتوپانکراس را توسعه و افزایش می‌دهد بنابراین قابلیت جذب پروتئین در روده بالا می‌رود. آنزیم‌های گوارشی یک نقش کلیدی در

هضم موادمغذی ایجاد می‌کنندکه فعالیت آن‌ها بیانگر ظرفیت گوارش می‌باشد و می‌تواند به‌طور مستقیم بر نرخ رشد ماهی تاثیرگذار باشد (Jiang و همکاران، ۲۰۱۶) علاوه بر این کورکومین می‌تواند به‌عنوان یک ماده محرک فعالیت‌های گوارشی، فعالیت آنزیم‌های هضمی از قبیل لیپاز، کیموتریپسین و آمیلاز را افزایش دهد و باعث توسعه توانایی روده در جذب مواد مغذی گردد که در نهایت باعث بهبود عملکرد رشد در موجود زنده خواهد شد (Wen و همکاران، ۲۰۰۹).

از آن‌جایی‌که اضافه کردن کورکومین به جیره غذایی باعث هضم و جذب بهتر مواد مغذی می‌شود، شاخص‌های رشد مانند نرخ رشد ویژه و وزن کسب شده در تیمارهای تغذیه شده با کورکومین نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از ۵ گرم کورکومین در جیره غذایی ماهی اسکار (تیمار C۵)، توانسته بالاترین کارایی از لحاظ میزان غذای خورده شده در تبدیل به وزن به‌دست آمده را نشان دهد. بنابراین کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی در همین تیمار مشاهده شد. افزودن کورکومین باعث افزایش قابلیت جذب پروتئین در بدن می‌شود بنابراین با استفاده از ۵ گرم کورکومین در جیره غذایی می‌توان به بهبود فاکتور بازده پروتئینی در بدن ماهی کمک کرد. در مطالعات اخیر، استفاده از رنگدانه‌های طبیعی و هم‌چنین گیاهان دارویی در جیره غذایی آبزیان به‌منظور رنگ‌پذیری پوست و افزایش کارایی تکثیر و پرورش آن‌ها، به کرات مشاهده شده است. اما تاکنون مطالعه‌ای درخصوص استفاده از گیاه‌زردچوبه و رنگدانه موجود در آن،صورت نگرفته است.نتایج حاصل از این بررسی نشان داد به‌کار بردن ۱۵ گرم کورکومین در جیره غذایی می‌تواند رنگ‌پذیری بیش‌تری در این تیمار (C۱۵) نسبت به تیمار شاهد(C۰) ایجاد کند. عقدا و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تاثیر پوست سبز گردو (*Juglans regia*) بر رنگ‌پذیری ماهی‌اسکار پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از ۱٪ پوست سبز گردو در جیره، می‌تواند به‌عنوان میزان بهینه در ماهی اسکار مورد استفاده قرار گیرد تا باعث ایجاد رنگ مناسب در پوست بدن شود. عظیمی و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر رنگدانه‌های طبیعی در فلفل دلمه‌ای قرمز(*Capsicum annuum*) و گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) را در تغییرپذیری رنگ ماهی فلاورهورن (*Chiclasoma* sp.) بررسی کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که رنگ‌پذیری در تیمارهای تغذیه شده با فلفل دلمه‌ای قرمز، افزایش معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها دارد به طوری‌که تیمارهای تغذیه شده با گوجه فرنگی با تیمار شاهد که فاقد رنگدانه بود تفاوتی را نشان نداد. محققین به این نتیجه رسیدند که احتمالاً ماهی فلاورهورن می‌تواند بتاکاروتن موجود در فلفل دلمه‌ای را به آستازانتین تبدیل و در بدن ذخیره کند، اما با توجه به عدم وجود تفاوت بین تیمارهای تغذیه شده با گوجه فرنگی و تیمار شاهد، بیان کردند که ماهی قادر به سنتز لیکوپن موجود در گوجه فرنگی نبوده و نمی‌تواند رنگدانه گوجه فرنگی را در پوست ذخیره کند. مشعل‌چی و همکاران (۱۳۸۹) به مقایسه اثر آستازانتین و جلبک دونالیلا در ماهی اسکار سفید پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که هر دو رنگدانه مورد استفاده در جیره غذایی باعث تغییر رنگ در پوست ماهی اسکار می‌شود. رنگدانه آستازانتین باعث ایجاد رنگ قرمز و جلبک دونالیلا سبب ایجاد رنگ قرمز-نارنجی می‌شود. Shapoori و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی تاثیر رنگدانه‌های طبیعی (فلفل دلمه‌ای قرمز، گوجه فرنگی و هویج *Daucus carota subsp. sativus*) و مصنوعی (آستازانتین) بر روی ماهی اسکار آلبینو پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که رنگدانه آستازانتین نسبت به رنگدانه‌های طبیعی، به‌میزان بیش‌تری‌در پوست ماهیان ذخیره شده است. باتوجه به این‌که‌در مدت زمان مشابه، جذب آستازانتین نسبت به بتا کاروتن بهتر و بیش‌تر بوده است، به‌نظر می‌رسد برای رسیدن به نتایج مطلوب‌تر، می‌توان مقدار مواد گیاهی در جیره یا دوره مصرف آن را بالا برد. Kop و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای که بر روی ماهی سوروم (*Heros severus*) انجام دادند به بررسی تاثیر رنگدانه‌های طبیعی بر رنگ‌پذیری پوست این ماهی پرداختند. ماده گیاهی مورد استفاده در این تحقیق هویج و فلفل دلمه قرمز بود که سرشار از منابع کاروتنوئیدی هستند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان دادکه‌رنگ بدن‌ماهیان با مواد گیاهی مورد استفاده تغییر کرد و نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. نتایج این مطالعه نشان داد ماهی توانسته هر دو منبع کارتنوئیدی موجود در هویج و فلفل دلمه‌ای را در پوست خود ذخیره کند. رنگدانه‌های طبیعی مورد استفاده در مطالعات مذکور با توجه به نوع گونه، مدت زمان آزمایش و میزان مصرف رنگدانه متغیر بودند لیکن باتوجه به آنالیزهای انجام شده توانسته‌اند باعث رنگ‌پذیری ماهیان شوند به طوری‌که بتوان آن‌ها را جایگزینی برای رنگدانه‌های مصنوعی دانست. همان‌طورکه ذکر شد ماهی‌ها قادر به ساختن کاروتنوئیدها نیستند بنابراین با استناد به نتایج حاصل از رنگ‌پذیری در مطالعه کنونی، به نظر می‌رسد ماهی‌اسکار توانسته کورکومین‌را همانند موادکاروتنوئیدی در پوست خود ذخیره کند. لذا با توجه به این‌که، تاکنون مطالعاتی در خصوص رنگ‌پذیری پوست آبزیان توسط کورکومین صورت نگرفته است، یافتن میزان بهینه و پیشنهادی برای استفاده در آبزی

پروری با قاطعیت وجود ندارد و نیازمند مطالعات وسیع‌تری در این خصوص می‌باشد. در نهایت استفاده از ۵ گرم کورکومین در جیره غذایی ماهی اسکار، باعث بهبود عملکرد رشد می‌شود هم‌چنین با توجه به این‌که ماهی اسکار در میان ماهیان زینتی بسیار ارزشمند می‌باشد و از لحاظ ظاهری باید رنگ زیبا و بازارپسندی داشته باشد، میزان ۱۵ گرم کورکومین در جیره این ماهی باعث ایجاد رنگ بسیار جذاب در پوست می‌شود و باتوجه به هدف مورد نظر، پرورش و یا بازارپسندی، می‌توان میزان بهینه کورکومین را مورد استفاده قرار داد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان این مطالعه مراتب قدردانی و سپاس خود را از مسئولین محترم کارگاه تکثیرو پرورش و آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی صومعه‌سرا و دانشجویان گرامی سکینه ابراهیمی، عرفان اکبری، نغمه جعفری، سینا شجاعی و حامد عبداله‌پور به‌دلیل مساعدت و همکاری صمیمانه ابراز می‌نماید.

منابع

۱. **بیک‌زاده، آ.؛ ایمان‌پور، م. و تقی‌زاده، و.، ۱۳۹۴.** اثر بلندمدت کورتیزول خوراکی بر مقاومت به تنش شوری در بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). یافته‌های نوین در علوم زیستی. سال ۲، شماره ۲، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۲.

۲. **رفیعی، غ.؛ نیسی، ع.؛ نعمت‌اللهی، م. و رضوی، ه.، ۱۳۹۴.** تاثیر جیره غذایی حاوی کانتازانتین استخراج شده از باکتری *Dietzia natronolimmaea*-HSI در بهبود شاخص‌های رشد و ایمنی ماهی گرین ترور (*Andinoacara rivulatus*). مجله پژوهش های ماهی شناسی کاربردی. سال ۳، شماره ۳، صفحات ۹۵ تا ۱۰۵.

۳. **صیدگر، م.؛ حافظیه، م. و نکوئی‌فرد، ع.، ۱۳۹۴.** مقایسه تاثیر تغذیه با پریان میگو *Phallocryptus spinosa* و آرتمیا *Artemia urmiana* بر مقدار رنگدانه‌های کارتنوئیدی پوست ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*). مجله علمی شیلات ایران. سال ۲۴، شماره ۱، صفحات ۱۳ تا ۲۴.

۴. **عظیمی، آ.؛ تقی‌زاده، و. و ایمان‌پور، م.، ۱۳۹۲.** تاثیر رنگدانه‌های طبیعی (پودر فلفل دلمه و گوجه فرنگی) در تغییرپذیری رنگ ماهی فلاور هورن (*Cichlasoma* sp.). مجله پژوهش علوم و فنون دریایی. سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۹ تا ۲۴.

۵. **عقدا، م.؛ وثوقی، ع. و متین‌فر، ع.، ۱۳۹۵.** بررسی اثر پوست سبز گردو بر رنگ‌پذیری ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*). مجله پژوهش علوم و فنون دریایی. سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۱.

۶. **مشعل‌چی، م.؛ علیشاهی، م.؛ جواهری‌بابلی، م. و حجازی، م.، ۱۳۸۹.** مقایسه اثر آستاگزانتین و جلبک دونالیلا *Dunaliella salina* بر رنگ پوست ماهی اسکار سفید (*Astronotus ocellatus*). مجله بیولوژی دریا. سال ۲، شماره ۶، صفحات ۷۵ تا ۸۳.

۷. **Akdemir, F.; Orhan, C.; Tuzcu, M.; Sahin, N.; Juturu, V. and Sahin, K., 2016.** The efficacy of dietary curcumin on growth performance, lipid peroxidation and hepatic transcription factors in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under different stocking densities. Aquaculture Research. (In press)

۸. **Behera T.; Swain, P.; Sahoo, S.K.; Mohapatra, D. and Das, B.K., 2011.** Immunostimulatory effects of curcumin in fish (*Labeo rohita*). Indian Journal of Natural Products and Resources. Vol. 2, No. 2, pp: 184-188.

۹. **Bekcan, S.; Dogankaya, L. and Cakirogollari, G.C., 2006.** Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis*) fed diet containing different percentages of protein. The Israeli Journal of the Aquaculture- Bamidgeh. Vol. 58, pp: 137-142.

۱۰. **Bellio, P.; Brisdelli, F.; Perilli, M.; Sabatini, A.; Bottoni, C.; Segatore, B.; Setacci, D.; Amicosante, G. and Celenza, G., 2014.** Curcumin inhibits the SOS response induced by levofloxacin in *Escherichia coli*. Phytomedicine.Vol. 21, No. 4, pp: 430-434.

۱۱. **Boonla, O.; Kukongviriyapan, U.; Pakdeechote, P.; Kukongviriyapan, V.; Pannangpetch, P.; Prachaney, P. and Greenwald, S.E., 2014.** Curcumin improves endothelial dysfunction and vascular remodeling in 2K-1C hypertensive rats by raising nitric oxide availability and reducing oxidative stress. Nitric Oxide. Vol. 42, pp: 44-53.

۱۲. **Bureau, D.P.; Hua, K. and Cho, C.Y., 2006.** Effect of feeding level on growth and nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) growing from 150 to 600 g. Aquaculture Research. Vol. 37, No. 11, pp: 1090-1098.

۱۳. **Cleary, K. and Mcfeeters, R.F., 2006.** Effects of oxygen and turmeric on the formation of oxidative aldehydes in fresh-pack dill pickles. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 54, No. 9, pp: 3421-3427.

۱۴. **Cui, H.; Liu, B.; Ge, X.P.; Xie, J.; Xu, P. and Zhou, Q., 2013.** Effects of dietary curcumin on growth performance, biochemical parameters, HSP70 gene expression and resistance to Streptococcus iniae of juvenile Gift Tilapia, (*Oreochromis niloticus*). The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh. Vol. 66, pp: 986-996.

۱۵. **Farhangi, B.; Alizadeh, A.M.; Khodayari, H.; Khodayari, S.; Dehghan, M.J.; Khori, V.; Heidarzadeh, A.; Khaniki, M.; Sadeghiezadeh, M. and Najafi, F., 2015.** Protective effects of dendrosomal curcumin on an animal metastatic breast tumor. European Journal of Pharmacology. Vol. 758, pp: 188-196.

۱۶. **Francis, G.; Makkar, H.P.S. and Becker, K., 2001.** Effects of Quillaja saponins on growth, metabolism, egg production

and muscle cholesterol in individually reared Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. Vol. 129, No. 2, pp: 105-114.

۱۷. **Fu, Y.; Gao, R.; Cao, Y.; Guo, M.; Wei, Z.; Zhou, E.; Li, Y.; Yao, M.; Yang, Z. and Zhang, N., 2014.** Curcumin attenuates inflammatory responses by suppressing TLR4 mediated NF-κB signaling pathway in lipopolysaccharide induced mastitis in mice. International Immuno pharmacology. Vol. 20, No. 1, pp: 54-58.

۱۸. **Ghosh, S.; Sinha, A. and Sahu, C., 2008.** Dietary probiotic supplementation in growth and health of live-bearing ornamental fishes. Aquaculture Nutrition. Vol. 14, No. 4, pp: 289-299.

۱۹. **Jiang, J.; Wu, X.Y.; Zhou, X.Q.; Feng, L.; Liu, Y.; Jiang, W.D.; Wu, P. and Zhao, Y., 2016.** Effects of dietary curcumin supplementation on growth performance, intestinal digestive enzyme activities and antioxidant capacity of crucian carp (*Carassius auratus*). Aquaculture. Vol. 463, pp: 174-180.

۲۰. **Kop, A. and Durmaz, Y., 2008.** The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlasoma severum* sp). Aquaculture International. Vol. 16, No. 2, pp: 117-122.

۲۱. **Manju, M.; Akbarsha, M.A. and Oommen, O.V., 2012.** In vivo protective effect of dietary curcumin in fish *Anabas testudineus* (Bloch). Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 38, No. 2, pp: 309-318.

۲۲. **Perrone, D.; Ardito, F.; Giannatempo, G.; Dioguardi, M.; Troiano, G.; Lo Russo, L.; De Lillo, A.; Laino, L. and Lo Muzio, L., 2015.** Biological and therapeutic activities, and anticancer properties of curcumin. Experimental and Therapeutic Medicine. Vol. 10, No. 5, pp: 1615-1623.

۲۳. **Richards, J.G.; Wang, Y.S.; Brauner, C.J.; Gonzalez, R.J.; Patrick, M.L.; Schulte, P.M.; Choppari-Gomes, A.R. and Almeida-Val, V.M., 2007.** Metabolic and ionoregulatory responses of the Amazonian cichlid, *Astronotus ocellatus*, to severe hypoxia. Journal of Comparative Physiology. Vol. 177, No. 3, pp: 361-374.

۲۴. **Ruby, A.J.; Kuttan, G.; Babu, K.D.; Rajasekharan, K.N. and Kuttan, R., 1995.** Anti-tumour and antioxidant activity of natural curcuminoids. Cancer Letters. Vol. 94, No. 1, pp: 79-83.

۲۵. **Shapoori, M.; Ghiasvand, Z. and Jamili, S., 2012.** The study of synthetic and natural pigments on the colour of the Albino Oscar (*Astronotus ocellatus*). International Journal of Marine Science and Engineering. Vol. 2, No. 3, pp: 203-206.

۲۶. **Shi, X.; Zheng, Z.; Li, J.; Xiao, Z.; Qi, W.; Zhang, A.; Wu, Q. and Fang, Y., 2015.** Curcumin inhibits Aβ-induced microglial inflammatory responses in vitro: Involvement of ERK1/2 and p38 signaling pathways. Neuroscience Letters. Vol. 594, pp: 105-110.

۲۷. **Toda, O.; Miyase, T.; Arichi, H.; Tanizawa, H. and Takino, Y., 1985.** Natural antioxidants. III. Antioxidative components isolated from rhizome of (*Curcuma longa*). Chemical and Pharmaceutical Bulletin. Vol. 33, No. 4, pp: 1725-1728.

۲۸. **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 characins (*Hyphessobrycon callistus*). Aquaculture. Vol. 261, No. 2, pp: 641-648.

۲۹. **Wen, Z.P.; Zhou, X.Q.; Feng, L.; Jiang, J. and Liu, Y., 2009.** Effect of dietary pantothenic acid supplement on growth, body composition and intestinal enzyme activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jiang). Aquaculture nutrition. Vol. 15, pp: 470-476.

۳۰. **Xia, S.L.; Ge, X.P.; Liu, B.; Xie, J.; Miao, L.H.; Ren, M.C.; Zhou, Q.L.; Zhang, W.X.; Jiang, X. J.; Chen, R.L. and Pan, L.K., 2015.** Effects of supplemented dietary curcumin on growth and non-specific immune responses in juvenile Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*). The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh. Vol. 67, pp: 1-12.

۳۱. **Zhongze, H.; Jiufeng, Y. and Zhijing, T., 2003.** Effect of curcumin on the growth and activity of digestive enzyme in grass carps (*Ctenopharyngodon idella*). Cereal and Feed Industry. Vol. 51, No. 11, pp: 75-84.