

جایگزینی آستاگزانتین جیره ماهی قزل آلی رنگین کمان با پودر هویج: اثرات بر میزان کاروتنوئید کل در پوست، گوشت و خون ماهی

علی بیگی کلشتری، سیدولی حسینی*، مهرداد فرهنگی، غلامرضا رفیعی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*نویسنده مسئول: hosseinisv@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۵

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی اثر جایگزینی پودر هویج (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) به جای آستاگزانتین بر تغییرات میزان کاروتنوئید کل پوست، فیله و خون ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بود. از این رو آزمایشی کاملاً تصادفی با ۶ تیمار (هر کدام با ۳ تکرار طراحی شد). ۳۰۰ عدد ماهی قزل آلی رنگین کمان با میانگین وزن اولیه $50/00 \pm 0/30$ گرم در ۱۸ حوضچه فایبرگلاس آزمایشی تقسیم شدند. طول دوره پرورش ۶۰ روز بود. نتایج نشان داد که اضافه نمودن پودر هویج به غذای ماهی‌ها، اثر معنی داری بر تغییرات میزان کاروتنوئید کل پوست، فیله و خون ماهیان و در نتیجه ایجاد رنگ قرمز داشت. غلظت کاروتنوئید کل پوست و فیله با اضافه نمودن پودر هویج در جیره، به صورت معنی داری افزایش یافت ($P < 0/05$). اضافه نمودن ۵۰ و ۷۵ درصد پودر هویج به عنوان یک رنگدانه طبیعی به ترتیب سبب بیشترین میزان ذخیره کاروتنوئید در بافت فیله و پوست ($0/40413 \pm 0/009$ و $0/2240 \pm 0/01$ میلی گرم در کیلوگرم) شد و دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارها بود ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد پودر هویج، کاروتنوئید کل خون ماهیان به صورت معنی داری بالاتر از سایر تیمارها ($P < 0/05$) بود و کمترین میزان کاروتنوئید ($0/0269 \pm 0/004$ میلی گرم کیلوگرم) در گروه شاهد دیده شد.

واژگان کلیدی: پودر هویج، کاروتنوئید کل، رنگ، گوشت.

مقدمه

قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از مهمترین گونه‌های تجاری آزاد ماهیان است که به طور گسترده در بسیاری از کشورهای جهان پرورش داده می‌شود. در حال حاضر این ماهی سهم با ارزشی در تأمین غذای انسان دارد. رشد سریع، گوشت خوب، وجود اطلاعات کافی و امکان تکثیر و پرورش آن، قابلیت دسترسی به بچه ماهی در تمام فصول، سهولت تأمین خوراک و غیره از مزایای پرورش آن محسوب می‌شود. امروزه، ماهی قزل آلی رنگین کمان به دلیل بازارپسندی زیاد و گوشت لذیذ، معمول‌ترین ماهی پرورشی آب شیرین محسوب می‌شود (Faramarzi et al., 2011). رنگ بدن موجودات تابع دو عامل ژنتیکی و تغذیه‌ای است و رنگ قرمز تا صورتی گوشت ماهی آزاد به عنوان شاخصی مهم در کیفیت محصول محسوب می‌شود. در حال حاضر در پرورش برخی انواع موجودات آبی از انواع رنگدانه استفاده می‌شود و برنامه‌های تغذیه با رنگدانه به یک تکنیک مهم مدیریتی برای بازاریابی آزاد ماهیان پرورشی

تبدیل شده است (Bjerkeng, 2000).

چهار گروه عمده از رنگدانه‌ها شامل ملانین، پتریدیوم، پورین و کاروتنوئیدها، رنگ در پوست و بافت حیوانات و گیاهان را به وجود می‌آورند (Kop and Durmaz, 2008). تنها گیاهان و تک یاخته‌ای-ها قادر به سنتز کاروتنوئید بوده و ماهی قادر به بیوسنتز آن نمی‌باشد. اگر این رنگدانه‌ها به میزان کافی در جیره موجود باشند، مسئول ایجاد رنگ پوست و گوشت در بعضی از ماهیان پرورشی و سخت پوستانی مانند میگو هستند (Tejera et al., 2007). در طبیعت منبع کاروتنوئیدها، طعمه‌ها هستند در حالی که در سیستم‌های متراکم پرورشی از مکمل‌هایی مانند آستاگزانتین و کانتاگزانتین استفاده می‌شود (Choubert et al., 2009). هضم پذیری پایین و افزایش هزینه‌ها در کنار نگرانی‌های کلی که برای استفاده از منابع مصنوعی وجود دارد، سبب شده است که جستجو برای یافتن منابع طبیعی جایگزین آغاز شود. همچنین رنگ نقش مهمی در ارزیابی کیفیت ماهی در هنگام خرید ایفا می‌کند (Diler

سیفی ریشه‌دار یا غده‌ای خوراکی است که می‌توان آن را خام یا خردشده یا رنده‌شده به کاربرد دارد. مهمترین کاروتنوئید در هویج بتاکاروتن است که به فراوانی در آن یافت می‌شود و رنگ نارنجی خاص این گیاه نیز به همین خاطر است.

بنابراین این تحقیق به منظور بررسی کاربرد جیره های غذایی حاوی پودر هویج بر تغییرات میزان کاروتنوئید رنگ زای موجود در پوست، فیله و خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در زمستان ۱۳۹۷ و در محل دانشکده منابع طبیعی گروه شیلات دانشگاه تهران انجام گرفت. ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از مرکز پرورش ماهی برغان واقع در روستای برغان از توابع شهرستان کرج خریداری و توسط خودرو مخصوص حمل ماهی مجهز به سیستم هوادهی منتقل شد. در زمان تخلیه، به مدت ۱ ساعت عملیات هم دمایی در ماهیان صورت گرفت. ۳۰۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن 50 ± 0.30 گرم، در شش تیمار و هر تیمار در سه تکرار در ۱۸ حوضچه به صورت کاملاً تصادفی معرفی شد.

ماهی‌ها در طی دوره سازگاری و پیش از آغاز تغذیه با جیره‌های آزمایشی، به مدت ده روز با غذای معمولی قزل‌آلای غذادهی شدند. سپس با ۶ جیره آزمایشی در یک دوره ۶۰ روزه، ۳ بار در روز (در ساعت‌های ۱۰، ۱۴ و ۱۸) و ۷ روز هفته به‌طور دستی غذادهی شدند. میزان غذا برای هر تیمار روزانه بر مبنای جدول غذادهی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان محاسبه و توزین شده و در اختیار ماهی‌ها قرار گرفت. در این تحقیق پودر هویج از هویج‌های منطقه دزفول تهیه گردید (پودر هویج از خشک کردن هویج های رنده شده به مدت ۴۸ ساعت آون گذاری در دمای ۶۰ درجه تهیه شد). میزان پودر هویج مورد نیاز برای هر کیلوگرم غذا به میزان ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم غذا محاسبه و جایگزین آستاگزانتین سنتتیک گردید و گروه شاهد بدون هرگونه مواد افزودنی در جیره بود.

مواد اولیه جیره و نسبت‌های استفاده شده در جدول ۱ ارائه شده است. برای این منظور مواد اولیه

Wang (and Gokoglu, 2004) و همکاران (۲۰۰۶) اثر جلبک دونالیلا را بر روی فاکتورهای رنگ پوست و گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند و نتیجه آن‌ها نشان داد که بتاکاروتن، باعث افزایش رنگدانه در پوست و گوشت ماهی می‌شود. همچنین امانی‌نژاد (۱۳۸۸)، تأثیر جلبک دونالیلا را بر تغییرات رنگ پوست در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند.

کاروتنوئیدها علاوه بر افزایش رنگ ماهی، می‌توانند موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی و همچنین افزایش رشد شوند. امروزه به‌خوبی مشخص شده است که رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر مشتقات آن، سبب آسیب به بافت‌ها می‌شود، بنابراین علاقه زیادی برای استفاده از مکمل‌های غذایی آنتی‌اکسیدان به وجود آمده است. کاروتنوئیدها به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند که موجب می‌شوند سلول‌ها و بافت‌ها از آسیب ناشی از رادیکال‌های آزاد حفظ شوند. ماهی همانند سایر حیوانات قادر به ساختن کاروتنوئید نبوده و برای به دست آوردن این رنگدانه کاملاً به جیره غذایی متکی می‌باشند.

کاروتنوئیدها که محلول در چربی هستند، باعث ایجاد رنگ‌های زرد تا قرمز در ماهیان آزاد می‌شوند (Kop and Durmaz, 2008). معمولاً کاروتنوئیدهای مصنوعی مورد استفاده در تغذیه ماهی شامل آستاگزانتین، کانتاگزانتین و لوتئین هستند که گران قیمت می‌باشند و به‌عنوان مثال آستاگزانتین حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل هزینه غذا و ۶ تا ۸ درصد از کل هزینه تولید را تشکیل می‌دهد (Forsberg and Guttormsen, 2006). بعضی از محققان پیشنهاد می‌کنند که استفاده از رنگدانه‌های طبیعی می‌تواند تأثیر بهتری نسبت به رنگدانه‌های مصنوعی داشته باشد (Lee et al., 1999). کاروتنوئیدها علاوه بر افزایش رنگ ماهی، می‌تواند سبب بهبود عملکرد سیستم ایمنی و همچنین افزایش رشد شوند (Kop and Durmaz, 2008) از جمله این غذاهای طبیعی هویج است که باعث افزایش هضم غذا و همچنین افزایش پروتئین می‌شود که در نهایت افزایش رشد را در پی خواهد داشت. هویج *Daucus carota* یا گَزَر یا زردک، گیاهی خوراکی و دوساله از خانواده چتریان است. هویج یک

جدول ۱ - مواد اولیه به کار رفته برای ساخت غذا و نسبت‌های آن‌ها.

ردیف	اقلام غذایی	غذای شاهد (درصد)	تیمارهای دارای پودر هویج (درصد)				تیمار دارای آستاگزانتین سنتتیک (درصد)
			۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	
۱	پودر ماهی	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	
۲	کنجاله سویا	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	
۳	آرد گندم	۱۷	۱۴/۶	۱۲/۳	۹/۹	۱۷	
۴	روغن سویا	۶	۶	۶	۶	۶	
۵	روغن ماهی	۳	۳	۳	۳	۳	
۶	گلوتن ذرت	۴	۴	۴	۴	۴	
۷	گلوتن گندم	۵	۵	۵	۵	۵	
۸	پودر گوشت	۹	۹	۹	۹	۹	
۹	همبند	۱	۱	۱	۱	۱	
۱۰	پودر هویج	۰	۲/۴	۴/۷	۷/۱	۹/۵	
۱۱	مکمل ویتامینی	۲	۲	۲	۲	۲	
۱۲	مکمل معدنی	۲	۲	۲	۲	۲	
	جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	

خاموشی ۲۵۰۰ برای محاسبه میزان کاروتنوئید استفاده شد. برای اندازه‌گیری کاروتنوئید ۲۰ گرم از فیله به خوبی آسیاب شد و نمونه ۱ گرمی از آن جدا و مورد آزمایش قرار گرفت.

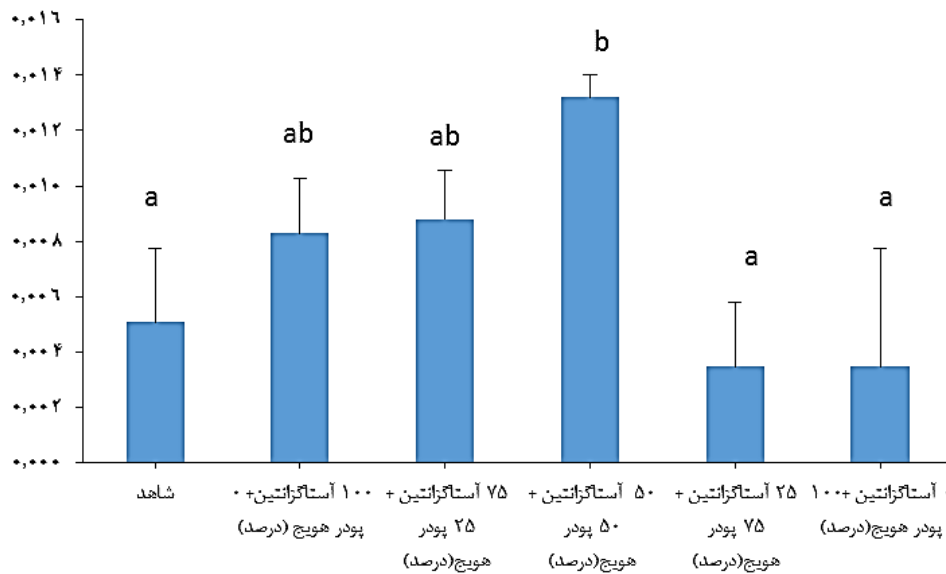
اندازه‌گیری کاروتنوئید خون: برای اندازه‌گیری کاروتنوئید خون از روش Barbosa و همکاران (۱۹۹۹) استفاده شد. برای این منظور، ۲۰۰ میکرولیتر سرم با ۴۰۰ میکرولیتر اتانول (۹۵ درصد) به خوبی مخلوط شده و سپس ۱ میلی‌لیتر هگزان به آن اضافه و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. هگزان به وسیله سانتریفوژ (دور ۴۵۰۰ rpm و به مدت ۱۰ دقیقه) جداسازی شد. میزان جذب کاروتنوئید در هگزان و با طول موج ۴۵۰ نانومتر خوانش شد.

اندازه‌گیری کاروتنوئید کل هویج: برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها از روش (Arnon, 1967) استفاده گردید. مقدار نیم گرم از پودر هویج تهیه شده در هاون چینی ریخته شد، سپس خرد گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. مقدار جذب عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفوژ، در طول موج-های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر خوانش شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های ۱ تا ۳ میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن

خشک با نسبت‌های مورد نیاز با هم ترکیب و سپس روغن سویا به آن اضافه شد و پس از مخلوط کردن، مقداری آب به آن افزوده شد تا ترکیب حالت خمیری به خود گیرد. خمیر حاصله با استفاده از دستگاه پلت زنی (پلیت سرد) با اندازه چشمه خروجی ۴ میلی‌متر به غذای ماهی بدل شد و پس از خشک شدن در دمای ۶۰ درجه آن (تا رسیدن به سطح رطوبت کمتر از ۱۲ درصد) و خنک شدن در دمای محیط در بسته‌های مجزا بسته‌بندی شد.

نمونه‌برداری: در پایان دوره ۶۰ روزه پرورش، به منظور نمونه‌برداری از پوست، گوشت و خون ماهی، ۵ عدد ماهی از هر تیمار به‌طور تصادفی انتخاب گردید. بدین طریق که ابتدا ماهیان توسط پودر گل میخک (۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش و خون‌گیری از طریق قطع ساقه دمی صورت گرفت. نمونه‌های خون در لوله‌های آزمایش غیر هپارینه ریخته شد. ماهی‌ها در ورقه‌های آلومینیومی و سپس در کیسه‌های پلی اتیلنی قرار داده شده و علامت‌گذاری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

اندازه‌گیری کاروتنوئید پوست و فیله: برای اندازه‌گیری کاروتنوئید پوست، حدود ۱ گرم نمونه پوست به دقت از اطراف خط جانبی ماهی جدا شد. نمونه‌ها در ۱۰ میلی‌لیتر استون (۹۸ درصد) به همراه ۳ گرم سدیم سولفات بی آب و با دور rpm ۳۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شدند. میزان جذب فاز مایع در طول موج ۴۵۰ نانومتر اندازه‌گیری و از ضریب



شکل ۱ - میزان کاروتنوئید فیله (میلی‌گرم در کیلوگرم) در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی پودر هویج و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

تر و تقریباً سفید بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطح پودر هویج در جیره، پارامترهای قرمزی و زردی پوست افزایش می‌یابد.

کاروتنوئید کل فیله: نتایج پارامترهای رنگی فیله ماهیانی که از جیره‌های آزمایشی تغذیه نمودند، در شکل ۱ نشان داده شده است. میزان کاروتنوئید کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) فیله با افزودن پودر هویج در جیره به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$). بالاترین میزان ذخیره کاروتنوئید در ماهیانی که از ۵۰٪ پودر هویج تغذیه نموده بودند، به‌دست آمد. در حالی که پنج و شش پایین‌ترین میزان ذخیره کاروتنوئید را به خود اختصاص داد.

کاروتنوئید کل پوست: میزان کاروتنوئید کل (میلی‌گرم در کیلوگرم) در پوست با افزودن پودر هویج در جیره افزایش یافت و در ماهیانی که از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد پودر هویج ($P < 0.05$) تغذیه نمودند، بالاترین میزان ذخیره کاروتنوئید یافت شد. همچنین میزان کاروتنوئید در پوست گروه شاهد نسبت به سایر تیمارها به‌صورت معنی‌داری کمتر بود (شکل ۲).

میزان کاروتنوئید خون: نتایج کاروتنوئید در خون (میلی‌گرم در لیتر) نشان داد که کاروتنوئید خون در تیمار شماره دو بیشترین بود ولی تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد به‌صورت معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار شاهد به‌دست آمد (شکل ۳).

نمونه محاسبه گردید.

$$a \text{ کلروفیل} = (A_{663} - 0.186 * A_{645}) * 19/3 * v/100w \quad (1)$$

$$b \text{ کلروفیل} = (A_{663} - 3/0.6 * A_{645}) * 19/3 * v/100w \quad (2)$$

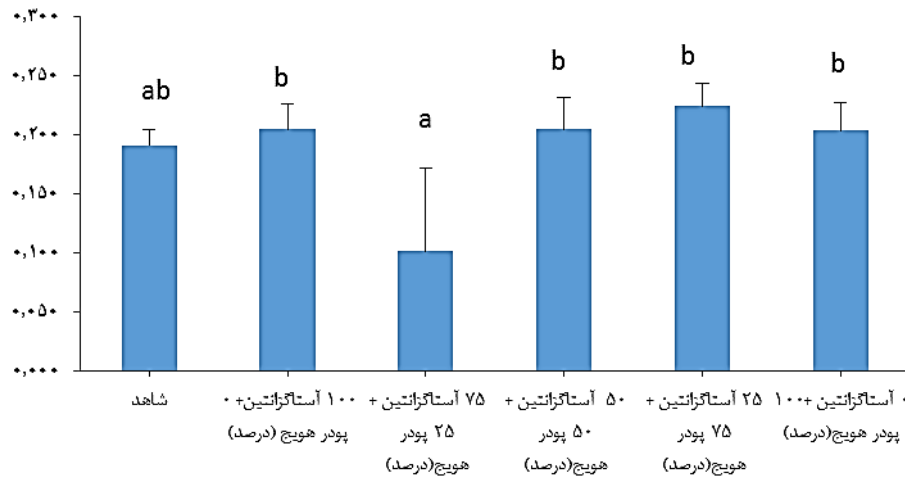
$$\text{کاروتنوئید} = (100 * A_{470}) - 3/27 \text{ (mg chl. a)} - 104 \text{ (mg chl. b)} / 227 \quad (3)$$

که در آن‌ها $V =$ حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، $A =$ جذب نور در طول موج‌های ۶۴۵، ۴۷۰ و ۶۶۳ نانومتر و $W =$ وزن تر نمونه بر حسب گرم است.

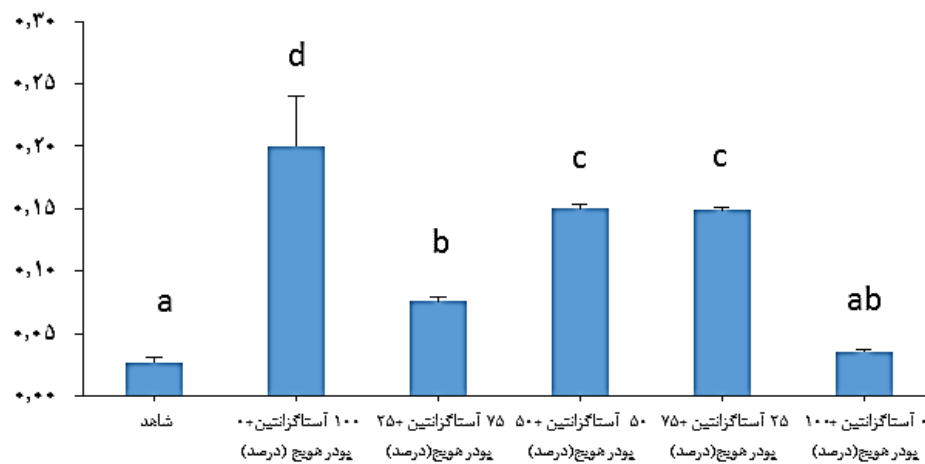
تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۵ صورت گرفت و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با خطای ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

نتایج نشان داد که غلظت کاروتنوئید کل در پوست، فیله و خون ماهی‌های تغذیه شده با پودر هویج افزایش یافت. همچنین ماهیانی که از پودر هویج تغذیه کرده بودند، پوست و فیله آن‌ها در بازه‌ی رنگی زرد تا قرمز بود. در مقابل گروه شاهد بسیار کم‌رنگ-



شکل ۲ - میزان کاروتنوئید پوست (میلی گرم در کیلوگرم) در قزل آلی رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی پودر هویج و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.



شکل ۳ - میزان کاروتنوئید خون (میلی گرم در لیتر) در قزل آلی رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی پودر هویج و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

بحث

آستاگزانتین کارایی ذخیره بیشتری نسبت به سایر کاروتنوئیدها دارد و پس از آن به ترتیب کانتاگزانتین، زیزانتین، لوتئین و در نهایت بتاکاروتن قرار دارند. معمولاً مشکلی که در استفاده از رنگدانه‌های طبیعی وجود دارد، هضم‌پذیری کم و همچنین وجود فاکتورهای ضد تغذیه‌ای در آن‌ها است. به عنوان نمونه در بررسی Yanar و همکاران (۲۰۰۷) بهترین سطح یونجه برای افزایش رنگ ماهی طلایی ۳۶ درصد جیره تعیین شد اما با این وجود، اضافه نمودن بیش از ۲۵ درصد یونجه در جیره موجب کاهش رشد در پایان دوره آزمایش شد. در مطالعه حاضر، افزودن پودر هویج در جیره، علاوه بر ایجاد رنگ مطلوب در فیله، پارامترهای رشدی را نیز کاهش نداد. فاکتورهای بیولوژیک متعددی سطح رنگ‌پذیری گوشت را تحت

با توجه به خواص بالقوه برخی گیاهان دارویی، احتمال آن‌که بتوان از آن‌ها در آبی‌پروری بهره برد، وجود دارد، به طوری که احتمال افزایش کیفیت گوشت ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی آن‌ها چندان بعید نمی‌تواند باشد (Alvarez et al., 2012).

مطالعات نشان داده است که آستاگزانتین موثرترین رنگدانه برای بهبود رنگ در آزاد ماهیان است (Chien and Shiau, 2005) با وجود این‌که مهمترین رنگدانه هویج بتاکاروتن می‌باشد، نتایج این مطالعه نشان داد که تغذیه با پودر هویج نیز موجب افزایش رنگ فیله قزل آلی رنگین کمان می‌شود. Schiedt و همکاران (۱۹۸۵) مشاهده نمودند که

بوده که می‌تواند سبب تنوع در تعداد مکان‌های باند شونده با کاروتنوئید در فیله شود. این موضوع می‌تواند دلیلی بر تفاوت غلظت کاروتنوئید در بخش‌های مختلف فیله باشد. در طول رسیدگی جنسی نیز مقدار قابل توجهی از کاروتنوئیدها به تخم قزل‌آلای رنگین کمان منتقل می‌شود به‌طور مثال ۱۸ درصد از کل کاروتنوئیدهای بدن ممکن است در تخم‌ها حضور داشته باشند و این بخش، ترکیبی مشابه کاروتنوئیدهای گوشت دارد. در این مطالعه رنگ فیله ماهیانی که از ۵۰ درصد پودر هویج تغذیه کردند به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود.

این نتیجه به‌واسطه افزایش کاروتنوئید جیره در مقایسه با سایر تیمارها است. در مقابل، کمترین میزان ذخیره کاروتنوئید در فیله ماهیان گروه شاهد بود. اما نتایج این بررسی نشان داد که تغذیه با پودر و عصاره هویج ممکن است سبب افزایش دسترسی زیستی به کاروتنوئید شود. خرد کردن پودر هویج و تبدیل به عصاره نمودن آن به ذرات بسیار ریزتر ممکن است توجیهی در ذخیره کاروتنوئید در فیله ماهیانی باشد که از این جیره استفاده کردند. همان‌طور که مشاهده شد، رنگ فیله و غلظت کاروتنوئید موجود در آن به هم وابسته بوده و با افزایش کاروتنوئید فیله، رنگ آن نیز افزایش می‌یابد. این نتایج با مطالعات Wathne و همکاران (۱۹۹۸)، Bjerkg (۱۹۹۸)، Mora و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت نشان می‌دهد. در این پژوهش‌ها تاکید شده است که معمولاً پارامترهای قرمزی و زردی، بهترین همبستگی را با افزایش کاروتنوئید نشان می‌دهند، در حالی که پارامترهای روشنی معمولاً همبستگی معنی‌داری با محتوی چربی گوشت دارد. بنابراین، رنگ پوست ماهیانی که از ۷۵ درصد پودر هویج تغذیه نمودند از لحاظ پارامترهای قرمزی و زردی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایش داشت. همچنین کمترین تغییرات رنگ پوست در تیمار شاهد مشاهده شد. در تحقیق دیگری باقری (۱۳۸۸) اثر جلبک *Dunaliella salina* را بر روی تغییر رنگ گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بررسی کرد و نشان داد که با افزایش میزان جلبک در جیره غذایی، میانگین میزان رنگدانه کاروتنوئیدی (بتاکاروتن) در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین نیز افزایش می‌یابد که با

تأثیر قرار می‌دهند که شامل سن و اندازه ماهی، رسیدگی جنسی و ژنتیک ماهی می‌باشد. مشاهده شده است که قزل‌آلای رنگین کمان با افزایش اندازه، قابلیت بیشتری در ذخیره کاروتنوئید دارد. به نظر می‌رسد که در این ماهیان با افزایش اندازه، نرخ جذب و ذخیره کاروتنوئید افزایش یافته و یا کاتابولیسم آن کاهش می‌یابد (Torrissen and Naevdalm, 1988).

Rehulka (۲۰۰۰) عنوان کرد که ماهیان قزل‌آلای رنگین کمانی که وزن کمتر از ۹۰ گرم دارند در مقایسه با ماهیان سنگین‌تر، مقدار نسبتاً کمی از کاروتنوئید را در بدن ذخیره می‌کنند. با وجود رابطه‌ای که بین اندازه ماهی و سطح رنگدانه یافت شده است، اما ممکن است در داخل یک گروه وزنی و ماهیانی که با یک سطح رنگدانه تغذیه و در یک تانک نگهداری می‌شوند، اختلاف فردی نیز مشاهده شود. در کنار پارامترهای بیولوژیک، رنگ‌پذیری آزاد ماهیان تحت تأثیر منبع رنگدانه جیره، غلظت رنگدانه، طول مدت غذادهی و ترکیب جیره نیز قرار دارد (Bjerkg, 2000). معمولاً ماهیان کوچک به غلظت‌های بالاتری از رنگدانه نیاز دارند. علاوه بر این غلظت‌های بالاتر رنگدانه در غذا می‌تواند سبب افزایش رنگ قرمز گوشت شود ولی با این وجود معمولاً این دامنه بین ۲۰ تا ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا است (Forsberg and Guttormsen, 2006).

پس از مرحله اسمولت، ذخیره کاروتنوئید در گوشت افزایش می‌یابد و تجمع کاروتنوئیدها تا رسیدگی جنسی متوقف نمی‌شود (Bjerkg, 2000) حدود ۹۰ درصد کاروتنوئید موجود در بافت‌ها، به شکل آزاد در گوشت یافت می‌شود. البته مقدار زیادی نیز در پوست و تخمدان وجود داد. به نظر می‌رسد که پروتئین‌های باند شونده با کاروتنوئید یا لیپوپروتئین‌های خاصی در عضلات وجود دارد که سبب ذخیره کاروتنوئیدها می‌شوند (Torrissen et al., 1989). محتوی کاروتنوئید فیله در ناحیه دمی بیشتر از ناحیه جلویی است. ناحیه دمی ممکن است ۳۰ تا ۴۰ درصد کاروتنوئید بیشتری نسبت به ناحیه‌ی پستی و جلویی داشته باشد (Bjerkg, 2000) به هر حال، تعداد و اندازه رشته‌های عضله‌های روشن در قسمت‌های مختلف گوشت آزادماهیان متفاوت

- extract on the deterioration of farmed gilthead Sea bream (*Sparus aurata*) during storage on ice. *Food Chemistry* 132, 1395-1405.
- Arnon A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23, 112-121.
- Barbosa M., Morais R., Choubert G. 1999. Effect of carotenoid source and dietary lipid content on blood astaxanthin concentration in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 176, 331-341.
- Bjerkeng B. 2000. Carotenoid pigmentation of salmonid fishes - recent progress. In: Cruz-Suárez L.E., Ricque-Marie D., Tapia-Salazar M., Olvera-Novoa M.A.Y., Civera-Cerecedo R. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuicola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán.
- Chien Y.H., Shiau W.C. 2005. The effects of dietary supplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved oxygen stress resistance of kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicas* Bate. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 318, 201-211.
- Choubert G., Cravedi J.P., Laurentie M. 2009. Effect of alternate distribution of astaxanthin on Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle pigmentation. *Aquaculture* 286, 100-104.
- Diler I., Gokoglu N. 2004. Investigation of the sensory properties of the flesh of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with astaxanthin, shrimp waste meal and red pepper meal. *European Food Research and Technology* 219, 217-222.
- Faramarzi M., Kiaalvandi S., Iranshahi F. 2011. The influence of photoperiod regims on growth performance and survival rate of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 3(4), 314-317.
- Forsberg O.I., Guttormsen A.G. 2006. Modeling optimal dietary pigmentation strategies in farmed Atlantic salmon: Application of mixed-integer non-linear mathematical programming techniques. *Aquaculture* 261, 118-124.
- Kop A., Durmaz Y. 2008. The effect of synthetic and natural pigments on the color of the cichlids (*Cichlasoma severum*, Heckel 1840). *Aquaculture International* 16, 117-12.
- Lee S.H., Roh S.K., Park K.H. 1999. Effective extraction of astaxanthin pigment from shrimp using proteolytic enzymes. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*
- یافته‌های این تحقیق مطابقت دارند. همچنین امانی-نژاد (۱۳۸۸) تأثیر جلبک *Dunaliella* را در رنگ پوست ماهی قزل آلی رنگین کمان بررسی کردند و نتایج نشان داد که بتا کاروتن طبیعی این جلبک باعث افزایش رنگدانه در پوست ماهی قزل آلی رنگین کمان می‌شود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. براساس نتایج این بررسی، وجود پودر هویج در جیره قزل آلی رنگین کمان اثر مثبتی بر رنگ ماهیان دارد و این امر می‌تواند سبب افزایش بازارپسندی ماهی شود. وجود پودر هویج در جیره غذایی موجب افزایش کاروتنوئید گوشت می‌شود و به دنبال آن رنگ ظاهری نیز افزایش می‌یابد. بنابراین میتوان به منظور بهبود رنگ فیله از پودر هویج به-عنوان جایگزین رنگدانه‌های مصنوعی استفاده نمود. به هر حال، به نظر می‌رسد رنگپذیری در پوست و فیله ماهی قزل آلی رنگین کمان به صورت یکسانی صورت نمی‌پذیرد. براساس نتایج این پژوهش، می‌توان از سطح کاروتنوئید خون به منظور پیش بینی سطح نهایی کاروتنوئید و رنگ ظاهری پوست و فیله استفاده نمود.
- ### سیاسگزارى
- از مسئولین محترم آزمایشگاه دانشکده شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی تهران و آقایان دکتر پورباقر و دکتر میرواقفی و آقای مهندس عاشوری تشکر و قدردانی می‌گردد.
- ### منابع
- امانی-نژاد پ. ۱۳۸۸. بررسی اثر جلبک دو نالیلا بر تغییرات رنگ پوست و گوشت در ماهی قزل آلی رنگین کمان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- باقری ک. ۱۳۸۸. بررسی اثر جلبک دونالیلا بر روی تغییر رنگ گوشت و رشد ماهی قزل آلی رنگین کمان ۱۰۰ گرمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- Alvarez A., Garcia Garcia B., Jordan M.J., Martinez-Conesa C., Hernandez M.D. 2012. The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary

- 4, 199-204.
- Mora G.I., Arredondo-Figueroa J., Ponce-Palafox J., Barriga-Soca I.A., Vernon-Carter J. 2006. Comparison of Red chilli (*Capsicum annuum*) oleoresin and astaxanthin on Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet pigmentation. *Aquaculture* 258, 478-495.
- Rehulka J. 2000. Influence of astaxantin on growth rate, condition and some blood indices of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 190, 27-47.
- Schiedt K., Lewenberger F.J., Vecvhi M., Gling E. 1985. Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoid in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure and Applied Chemistry* 57, 685-692.
- Tejera N., Cejas J.R., Rodriguez C., Bjerken, B., Jerez S., Bolanos A., Lorenzo A. 2007. Pigmentation, carotenoids, lipid peroxides and lipid composition of skin of red porgy (*Pagrus pagrus*) fed diets supplemented with different astaxanthin sources. *Aquaculture* 270(1), 218-230.
- Torrissen O.J., Naevdal G. 1984. Pigmentation of salmonids – genetical variation in carotenoid deposition in rainbow trout. *Aquaculture* 38, 59-66.
- Torrissen O.J., Naevdal G. 1988. Pigmentation of salmonids - Variation in flesh carotenoids of Atlantic salmon. *Aquaculture* 68, 305-310.
- Torrissen O., Hardy R., Shearer K. 1989. Pigmentation of salmonids – carotenoid deposition and metabolism. *CRC Critical Reviews in Aquatic Science* 1, 209- 225.
- Wang Y.J., Huchien Y., Hugpan C.H. 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation and antioxidant capacity of characins. *Aquaculture* 261(2), 641-648.
- Wathne E., Bjerkeng B., Storebakken T., Vassvik V., Odland A.B. 1998. Pigmentation of Atlantic salmon (*salmon salar*) fed astaxanthin in all meals or in alternating meals. *Aquaculture* 159, 217-231.
- Yanar M., Erçen Z., Özlüer Hunt A., Büyükçapar H.M. 2008. The use of alfalfa, *Medicago sativa* as a natural carotenoid source in diets of goldfish, *Carassius auratus*. *Aquaculture* 284, 196-200.
- Yanar Y., Büyükçapar H., Yanar M., Göcer, M. 2007. Effect of carotenoids from red pepper and marigold flower and pigmentation, sensory properties and fatty acid composition on Rainbow trout. *Food Chemistry* 100(1), 326-330.

Replacement of Astaxanthin with carrot powder in the Rainbow trout's diet: effects on the carotenoid content of skin, fillets and blood

Ali Beygie Kaleshtari, Seyed Vali Hosseini*, Mehrdad Farhangi, Gholamreza Rafiee

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Corresponding author: mastermaryam@yahoo.com

Received: 2019/5/26

Accepted: 2019/8/16

Abstract

This study investigated effect of the partial and total replacement of astaxanthin with carrot powder (0, 25, 50, 75 and 100%) on the carotenoid content of the skin, fillet and blood of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Therefore, a completely randomized design with 5 treatments and one control group, each with 3 replications, was designed. A total of 300 fish with an average initial weight of 50.00 ± 30 g were divided into 18 experimental fiberglass ponds. The experiment period was 60 days. The results showed that addition of the carrot powder to diet had a significant effect on the carotenoid level of the skin, fillets and blood of fish, resulting in red color. Carotenoid concentration of the skin and fillet increased significantly by adding carrot powder to diet ($P < 0.05$). Addition of 50 and 75% of the carrot powder as a natural pigment resulted in the highest amount of the carotenoid storage in the tissue and skin (0.40413 ± 0.029 and $0.0240-0.001$ mg/kg) and had a significant difference with other treatments ($P < 0.05$). The results showed that Carrot's carotinoids were significantly higher in treatments of 50 and 75% than others ($P < 0.05$) and the lowest level (0.0269 ± 0.30 mg/kg) was observed in the control group.

Keywords: Carotenoids, Carrot powder, Meat, Colour.