# بررسی اثر آرد پوست انار بر تغییر رنگ پوست، گوشت و خون در ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

**امین آوازه*[1]، حسین عمادی[2]، حسین نگارستان[3] و خسرو جانی خلیلی[4]**

۱، ۲ و ۳- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۴- گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاوری و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۱۰/۱۸

**چکیده**

**هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر جیره‌های حاوی ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد آرد پوست انار بر تغییرات میزان کاروتنوئید رنگ پوست، فیله و خون ماهی قزل آلای رنگین کمان *(Oncorhynchus mykiss)* در مقایسه با گروه شاهد بود. از این رو آزمایشی کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و یک گروه شاهد، هر کدام با ۳ تکرار طراحی شد. ۴۵۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزن اولیه ۵ ± ۴۵ گرم در ۱۵ حوضچه سیمانی آزمایشی تقسیم شدند. طول دوره پرورش ۶۰ روز بود. نتایج نشان داد که اضافه نمودن آرد پوست انار به غذای ماهی‌ها، اثر معنی‌داری بر تغییرات میزان کاروتنوئید پوست، فیله و خون ماهیان و در نتیجه ایجاد رنگ قرمز داشت. غلظت کاروتنوئید پوست و فیله با اضافه نمودن آرد پوست انار در جیره، به صورت معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). اضافه نمودن ۱ و ۳ درصد آرد پوست انار به عنوان یک رنگدانه طبیعی به ترتیب سبب بیشترین میزان ذخیره کاروتنوئید در بافت فیله و پوست (۰/۰۱± ۳/۳۳ و ۰/۰۷± ۳/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم) شد و دارای اختلاف معنی داری با سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد که در تیمارهای ۱ و ۳ درصد آرد پوست انار، کاروتنوئید خون ماهیان به صورت معنی داری بالاتر از سایر تیمارها (P<۰/۰۵) بود و کم‌ترین میزان کارتنوئید (۰/۰۱± ۰/۳۴ میلی گرم در لیتر) در گروه شاهد دیده شد.**

**واژگان کلیدی**: آرد پوست انار، رنگ، کاروتنوئید، قزل آلای رنگین کمان

* **نگارنده پاسخگو:** amin.avazah@yahoo.com

**مقدمه**

ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با نام علمی (*Oncorhynchus mykiss*) یکی 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. پرورش ماهیان آب شیرین در ایران، در اواخر دهه ۱۹۶۰ با واردات تخم قزل‌آلای رنگین‌کمان ( *Oncorhynchus mykiss*) از اروپا آغاز شد. امروزه، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به دلیل بازارپسندی زیاد و گوشت لذیذ، معمول‌ترین ماهی پرورشی آب‌شیرین 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 آبزی 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 & Durmaz, 2008). تنها گیاهان و تک‌یاخته‌ای‌ها 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 وکانتاگزانتین استفاده می‌شود (Choubert *et al*., 2009). هضم‌پذیری 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 & Gokoglu, 2004). در سال ۲۰۰۶،Wang و همکاران اثر جلبک دونالی یلا را بر روی فاکتورهای رنگ پوست و گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بررسی کردند و نتیجه این آزمایش نشان داد که بتا کاروتن، باعث افزایش رنگدانه در پوست و گوشت ماهی می‌شود. همچنین امانی نژاد (۱۳۸۸)، تأثیر جلبک دونالی یلا را بر تغییرات رنگ پوست در ماهی قزل آلای رنگین کمان بررسی کردند.

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانواده Punicaceae است. انار درخت یا درختچه‌ای است که در اقلیم‌های نیمه گرمسیری و مدیترانه‌ای پراکنش دارد و به عنوان یک میوه، ارزش غذایی زیادی دارد (ارفعیان، ۱۳۸۱). کاروتنوئیدها علاوه بر افزایش رنگ ماهی، می‌توانند موجب بهبود عملکرد سیستم ایمنی و همچنین افزایش رشد شوند. امروزه به خوبی مشخص شده است که رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سایر مشتقات آن، سبب آسیب به بافت‌ها می‌شود، بنابر این علاقه زیادی برای استفاده از مکمل‌های غذایی آنتی اکسیدان به وجود آمده است. کاروتنوئیدها به عنوان یک آنتی اکسیدان 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 می‌باشد. کاروتنوئیدها که محلول در چربی هستند، باعث ایجاد رنگ‌های زرد تا قرمز در ماهیان آزاد می‌شوند (Kop & Durmaz, 2008).

معمولاً کاروتنوئیدهای مصنوعی مورد استفاده در تغذیه ماهی شامل آستاگزانتین، کانتاگزانتین و لوتئین

هستند که گران می‌باشند و به عنوان مثال آستاگزانتین حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل هزینه غذا و ۶ تا ۸ درصد از کل هزینه تولید را تشکیل می‌دهد (Forsberg & Guttormsen, 2006). بعضی از محققان پیشنهاد می‌کنند که استفاده از رنگدانه های 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 & Durmaz, 2008). پوست انار باعث افزایش هضم غذا و همچنین افزایش پروتئین می‌شود که در نهایت افزایش رشد را در پی خواهد داشت. لذا، این تحقیق به منظور بررسی کاربرد جیره‌های غذایی حاوی آردپوست انار بر تغییرات میزان کاروتنوئید رنگ زای موجود در پوست، فیله و خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

این بررسی در زمستان سال ۱۳۹۲ و در مرکز تحقیقات خجیر واقع در شرق تهران انجام گرفته است. ماهی قزل‌آلای رنگین کمان از مرکز تکثیر و پرورش ماهی واقع در نمرود از توابع شهرستان فیروزکوه خریداری شد و توسط خودرو مخصوص حمل ماهی و مجهز به سیستم هوادهی به مرکز تحقیقات منتقل شد. در زمان تخلیه، به مدت ۱ ساعت عملیات هم دمایی در ماهیان صورت گرفت. چهار صد و پنجاه عدد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن ۵ ± ۴۵ گرم، در پنج تیمار و هر تیمار در سه تکرار در پانزده حوضچه سیمانی با ابعاد ۷۰×۱۰۰×۲۵۰ سانتی‌متر (۳۰ ماهی در هر حوضچه) به صورت کاملاً تصادفی ریخته شد. ماهی‌ها در طی دوره سازگاری و پیش از آغاز تغذیه با جیره‌های آزمایشی، به مدت هفت روز با غذای معمولی قزل‌آلا غذا دهی شدند. سپس با ۵ جیره آزمایشی در یک دوره ۶۰ روزه، ۳ بار در روز (ساعت‌های ۹، ۱۲ و ۱۷) و ۷ روز هفته به طور دستی غذادهی شدند. میزان غذا برای هر تیمار روزانه بر مبنای جدول غذادهی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان محاسبه و توزین شده و در اختیار ماهی‌ها قرار می‌گرفت (لیت ریتز و لوئیز، ۱۹۸۰). در این تحقیق آرد پوست انار تهیه شده از منطقه‌ی شیراز مورد استفاده قرار گرفت. میزان آرد پوست انار مورد نیاز برای هرکیلوگرم غذا در تیمارهای مشخص شده ۱، ۲، ۳ و ۴ درصد و گروه شاهد بدون پوست انار بود، لذا در هر کیلوگرم مواد اولیه غذا به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم آرد پوست انار، جایگزین آرد سویا گردید. مواد اولیه جیره و نسبت‌های استفاده شده در جدول (۱) ارائه شده است. برای این منظور مواد اولیه خشک با نسبت‌های مورد نیاز با هم ترکیب و سپس روغن کلزا اضافه شد و پس از مخلوط کردن، مقداری آب به آن افزوده شد تا ترکیب حالت خمیری به خود گیرد. در نهایت ویتامین C به آن اضافه شد. خمیر حاصله از چرخ گوشت با اندازه چشمه خروجی ۴ میلی‌متر عبور داده شد. رشته‌های عبور یافته از چرخ گوشت در جای مناسبی پهن و پس از خشک شدن کامل، به طور یکنواخت و تا حد زیادی هم اندازه خرد گردید.

## نمونه برداری

در پایان دوره ۶۰ روزه پرورش، به منظور نمونه برداری از پوست، گوشت و خون ماهی به طور تصادفی، ۵ عدد ماهی از هر تیمار انتخاب گردید. ابتدا ماهیان توسط آرد گل میخک (۱۰۰ میلی گرم در لیتر) بیهوش شدند و خون‌گیری از طریق قطع ساقه‌ی 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 شدند و درون یخ خشک به آزمایشگاه دانشکده شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل گردیدند.

جدول۱- مواد اولیه به کار رفته برای ساخت غذا و نسبت‌های آن‌ها

| مواد | درصد مواد | وزن مواد (کیلوگرم) |
|---|---|---|
| آرد ماهی کیلکا | ۳۵ | ۲۴/۵ |
| آرد سویا | ۲۸ | ۱۹/۶ |
| آرد جوانه گندم | ۱۷/۵ | ۱۲/۲۵ |
| آرد گندم | ۷ | ۴/۹ |
| مخلوط مواد معدنی کمیاب | ۰/۱ | ۰/۰۷ |
| مخلوط ویتامین | ۰/۴ | ۰/۲۸ |
| اسید اسکوربیک | ۰/۰۷۵ | ۰/۰۵۲۵ |
| کربوکسیل متیل سلولز | ۲ | ۱/۴ |
| کولین کلراید | ۰/۱۷ | ۰/۱۱۹ |
| روغن کلزا | ۱۰ | ۷ |
| آرد پوست انار | ۱، ۲، ۳ و ۴ | ۱/۲۵۰ |

**روش‌های اندازه گیری رنگ**

برای اندازه‌گیری رنگ از روش شیمیای (Torrissen & Naevdal, 1984) استفاده شد. در این روش غلظت رنگدانه بافت به روش اسپکتروفتومتری اندازه گیری شد.

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

**اندازه گیری 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 میلی لیتر هگزان به آن اضافه و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. هگزان به وسیله سانتریفوژ (دور rpm ۴۵۰۰ و به مدت ۱۰ دقیقه) جداسازی شد. میزان جذب کاروتنوئید در هگزان و با طول موج ۴۵۰ نانومتر قرائت گردید.

**اندازه گیری کاروتنوئید پوست انار**

برای اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها از روش (Arnon, 1967) استفاده گردید. مقدار نیم گرم از ماده‌تر گیاهی در هاون چینی ریخته شد، سپس با استفاده از نیتروژن مایع خرد و له گردید. سپس ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد به نمونه اضافه و با سرعت۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. مقدار جذب عصاره جدا شده فوقانی حاصل از سانتریفیوژ، در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های (۱ الی ۳) میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی گرم در گرم وزن‌تر نمونه به دست آمد:

فرمول (۱) کلروفیل a=(۱۹/۳ * A۶۶۳ - ۰/۸۶ * A۶۴۵) v/۱۰۰w

فرمول (۲) کلروفیل b=(۱۹/۳ * A۶۴۵- ۳/۶* A۶۶۳) v/۱۰۰w

فرمول (۳) کاروتنوئید =۱۰۰(A۴۷۰)- ۳,۲۷(mg chl. a) – ۱۰۴(mg chl. b)/ ۲۲۷

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)

A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر

W= وزن‌تر نمونه بر حسب گرم

## تجزیه و تحلیل آماری

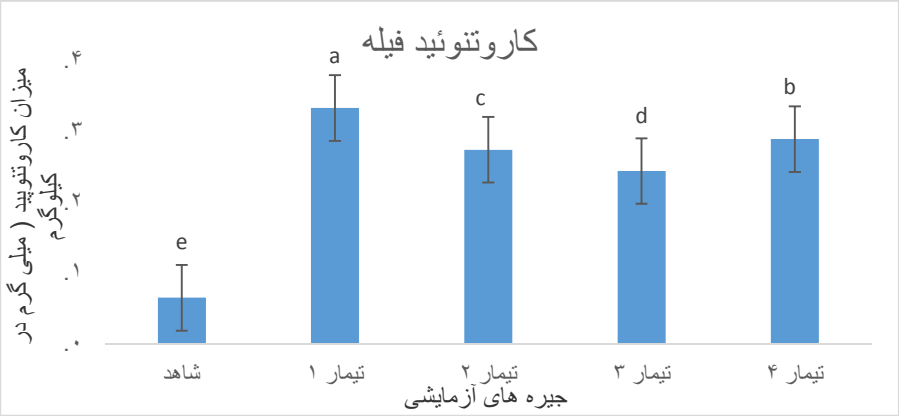
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 صورت گرفت و برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با خطای ۵ درصد استفاده گردید.

## نتایج

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که غلظت کاروتنوئید در پوست، فیله و خون ماهی‌های تغذیه شده با آرد پوست انار افزایش یافته است. همچنین ماهیانی که از آرد پوست انار تغذیه کرده بودند پوست و فیله آنها در بازه‌ی رنگی زرد تا قرمز بود. در مقابل گروه شاهد بسیار کم رنگ‌تر و تقریباً سفید بود و همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سطح آرد پوست انار در جیره، پارامترهای قرمزی و زردی پوست افزایش یافته است.

### رنگ‌پذیری فیله

نتایج حاصل از پارامترهای رنگی فیله ماهیانی که از جیره‌های آزمایشی تغذیه نمودند، در شکل (۱) نشان داده شده است. میزان کاروتنوئید (میلی‌گرم در کیلوگرم) فیله با افزودن آرد پوست انار در جیره به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). بالاترین میزان ذخیره کاروتنوئید در ماهیانی که از ۱ درصد آرد پوست انار تغذیه نموده بودند، به دست آمد. درحالی که گروه شاهد پایین‌ترین میزان ذخیره کاروتنوئید را به خود اختصاص داد.




شکل۱- میزان کاروتنوئید فیله (میلی گرم در کیلوگرم) در قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی آرد پوست انار و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

**رنگ‌پذیری پوست**

میزان کاروتنوئید (میلی گرم در گرم) در پوست با افزودن آرد پوست انار در جیره افزایش یافت ($P<۰/۰۵$) و در ماهیانی که از ۳ درصد آرد پوست انار تغذیه نمودند، بالاترین میزان ذخیره کاروتنوئید یافت شد. همچنین میزان کاروتنوئید در پوست گروه شاهد نسبت به سایر تیمارها به صورت معنی‌داری کمتر بود ($P<۰/۰۵$) (شکل ۲).

شکل۲- میزان کاروتنوئید پوست (میلی گرم در کیلوگرم) در قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی آرد پوست انار و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

**میزان کاروتنوئید خون**

نتایج حاصل از اندازه‌گیری کاروتنوئید در خون (میلی‌گرم در لیتر) نشان داد که کاروتنوئید خون تیمارهای ۱ و ۳ درصد به صورت معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$) و کم‌ترین آن در گروه شاهد به دست آمد (شکل ۳).

شکل۳- میزان کاروتنوئید خون (میلی گرم در لیتر) در قزل آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی آرد پوست انار و گروه شاهد. حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

**تجزیه آرد پوست انار**

نتایج به دست آمده (برحسب درصد) از آنالیز آرد پوست انار در جدول شماره (۲) نشان داده شده است

جدول۲- آنالیز مواد اصلی موجود در پوست انار

| ترکیب | درصد |
|---|---|
| چربی | ۲/۳۵ |
| خاکستر | ۲/۸۶ |
| رطوبت | ۶/۵۲ |

نمونه آرد پوست انار که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت حاوی ۶/۴ میلی‌گرم کاروتنوئید در صد گرم آرد پوست انار بود.

## بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به خواص بالقوه برخی گیاهان دارویی، احتمال آنکه بتوان از آن‌ها در صنایع تولیدی همچون آبزی‌پروری بهره‌ای چند منظوره برد وجود دارد، به طوری که احتمال افزایش کیفیت گوشت ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی آن‌ها چندان بعید نمی‌تواند باشد (Álvarez *et al*., 2012).

آزمایش‌های انجام شده نشان داده‌اند که آستاگزانتین موثرترین رنگدانه برای بهبود رنگ در آزاد ماهیان است (Chien & Shiau, 2005). با وجود این‌که مهم‌ترین رنگدانه پوست انار بتاکاروتن می‌باشد، نتایج این مطالعه نشان داد که تغذیه با آرد پوست انار نیز موجب افزایش رنگ فیله قزل‌آلای رنگین کمان می‌شود.

Schiedt و همکاران (۱۹۸۵) مشاهده نمودند که 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 رنگدانه های 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 آرد پوست انار در جیره، علاوه بر ایجاد رنگ مطلوب در فیله، پارامترهای رشدی را نیز کاهش نداد. فاکتورهای بیولوژیک متعددی سطح رنگ‌پذیری گوشت را تحت 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 & Naevdal, 1988).

Rehulka در سال ۲۰۰۰ عنوان کرد که ماهیان قزل آلای 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. این اختلاف نشان دهنده نقش معنی‌دار ژنتیک در رنگ‌پذیری است. در کنار پارامترهای بیولوژیک، رنگ‌پذیری آزاد ماهیان تحت تأثیر منبع رنگدانه جیره، غلظت رنگدانه، طول مدت غذادهی و ترکیب جیره نیز قرار دارد (Bjerkeng, 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 & Guttormsen, 2006).

پس از مرحله اسمولت، ذخیره کاروتنوئید در گوشت افزایش می‌یابد و تجمع کاروتنوئیدها تا رسیدگی

جنسی متوقف نمی‌شود (Bjerkeng, 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 پشتی وجلویی داشته باشد (Bjerkeng, 2000). به هر حال، تعداد و اندازه رشته‌های عضله‌های روشن در قسمت‌های مختلف گوشت آزاد ماهیان متفاوت 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 قزل آلای رنگین‌کمان منتقل می‌شود به طور 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 ۱ درصد آرد پوست انار تغذیه کردند به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. این نتیجه به واسطه افزایش کاروتنوئید جیره در مقایسه با سایر تیمارهاست. در مقابل، کم‌ترین میزان ذخیره کاروتنوئید در فیله ماهیان گروه شاهد بود. اما نتایج این بررسی نشان داد که تغذیه با مکمل آرد پوست انار ممکن است سبب افزایش دسترسی زیستی به کاروتنوئید شود. آرد کردن پوست انار به ذرات بسیار ریزتر ممکن است توجیهی در ذخیره کاروتنوئید در فیله ماهیانی باشد که از این جیره استفاده کردند. همان طور 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)، Bjerkeng (۲۰۰۰)، 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 ۳ درصد آرد پوست انار 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 در سال 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 یافته‌های این تحقیق مطابقت دارند. همچنین امانی‌نژاد (۱۳۸۸) تأثیر جلبک *Dunaliella* را در رنگ پوست ماهی قزل آلای رنگین کمان بررسی کردند و نتایج نشان داد که بتا کاروتن طبیعی این جلبک باعث افزایش رنگدانه در پوست ماهی قزل آلای رنگین کمان می‌شود که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

بر اساس نتایج این بررسی، وجود آرد پوست انار در جیره قزل آلای رنگین کمان اثر مثبتی بر رنگ ماهیان دارد و این امر می‌تواند سبب افزایش بازارپسندی ماهی شود. وجود آرد پوست انار 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 آرد پوست انار به عنوان جایگزین رنگدانه‌های مصنوعی استفاده نمود. به هر حال، به نظر می‌رسد رنگ‌پذیری در پوست و فیله ماهی قزل آلای رنگین کمان به صورت یکسانی صورت نمی‌پذیرد. بر اساس نتایج این پژوهش، می‌توان از سطح کاروتنوئید خون به منظور پیش‌بینی سطح نهایی کاروتنوئید و رنگ ظاهری پوست و فیله استفاده نمود.

**سپاسگزاری**

از مسئولین محترم آزمایشگاه دانشکده شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و آقایان دکتر مطلبی رئیس موسسه تحقیقات شیلات ایران و دکتر متین فر، دکتر عبدالحی، دکتر روحانی و کارکنان مرکز تحقیقات خجیر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

ارفعیان، ع. ۱۳۸۱. پژوهشی در خواص میوه انار. چاپ اول. نشر سینه سرخ. ایران.

امانی نژاد، پ. ۱۳۸۸. بررسی اثر جلبک دو نالی یلا بر تغییرات رنگ پوست و گوشت در ماهی قزل آلای رنگین کمان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

باقری، ک. ۱۳۸۸. بررسی اثر جلبک دونالی یلا بر روی تغییر رنگ گوشت و رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان ۱۰۰ گرمی. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

لیت ریتز، الف. ل. و، ر. س. لوئیز ۱۹۸۰، تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا و آزاد. ترجمه عمادی، ح. نشر آبزیان. تهران.

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 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 Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 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, *Onchorhynchus 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: 117-122.

Lee, S. H., Roh, S. K. & Park, K. H. 1999. Effective extraction of astaxanthin pigment from shrimp using proteolytic enzymes. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 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., &

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.

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., Bjerkeng, 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.