

## تأثیر چغندر لبویی (*Beta vulgaris*) بر رنگ گوشت و پوست ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

- محسن فراهانی: گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا
- سیامک یوسفی سیاه کلرودی\*: گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا
- فرهاد فرودی: گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

### چکیده

با هدف بررسی اثر چغندر لبویی (به‌عنوان منبع رنگدانه گیاهی) بر تغییر رنگ گوشت و پوست ماهی قزل‌آلی رنگین کمان آزمایشی با ۴ تیمار و ۳ تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. بدین منظور ۲۴۰ قطعه ماهی (۲۰ قطعه در هر واحد آزمایشی) به مدت ۴۵ روز در شرایط استاندارد پرورش داده شدند. گروه‌های آزمایشی شامل تیمار شاهد (بدون چغندر لبویی) و تیمارهای تغذیه‌ای با ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد چغندر لبویی بودند. برای سنجش میزان تغییرات رنگ گوشت و پوست در روز ۴۵ آزمایش ۲ قطعه ماهی از هر یک از تکرارها به صورت تصادفی انتخاب و کشتار شدند. پس از برش قسمتی از گوشت به همراه پوست در ناحیه جانبی بدن و ۲۴ ساعت سرماگذاری، شاخص‌های رنگ‌سنجی بر اساس سه معیار \*L (روشنایی)، \*a (قرمزی) و \*b (زردی) به وسیله دستگاه رنگ‌سنج MINOLTA CR-۴۰۰ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی از نظر تأثیر بر رنگ گوشت و پوست وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). هرچند که از نظر عددی بالاترین میزان شاخص قرمزی گوشت و پوست مربوط به گروه ۱۰ درصد چغندر لبویی بود و بیش‌ترین مقدار شاخص زردی و روشنایی در گروه بدون چغندر لبویی مشاهده شد. ولی از طریق محاسبه  $\Delta E$  (میزان انحراف رنگ) در پوست، نتایج نشان داد که جیره ۱۰ درصد چغندر لبویی نسبت به گروه‌های دیگر اختلاف معنی‌داری داشته است ( $P < 0/05$ ). هم‌چنین در گوشت در سطح P-value (سطح احتمال) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ).

**کلمات کلیدی:** چغندر لبویی (*Beta vulgaris*)، رنگ‌سنجی، ماهی قزل‌آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*).

## مقدمه

در هرم نیازهای انسان، غذا نخستین جایگاه را به خود اختصاص داده است. راهکارهای مختلفی برای تولید غذا در جهان وجود دارد، اما آنچه که می‌تواند امنیت غذایی (Food Security) را با اهمیت‌تر نشان دهد، پروتئین مورد نیاز یا به بیان دیگر تأمین اسیدهای آمینه ضروری برای بدن انسان است که معمولاً به مقدار بیش‌تری در غذاهای با منشأ جانوری یافت می‌شود. در میان اقلام خوراکی گوشت قرمز و گوشت سفید (مرغ، ماهی و آبزیان) دارای اهمیت ویژه‌ای در تأمین امنیت غذایی هستند. امنیت غذایی به تدریج به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل کشاورزی و منابع طبیعی درآمده، بنابراین نیازمند توجه بیش‌تری به بخش کشاورزی است تا بتوان محصولات کشاورزی پایدار و دائمی تولید نمود (گلیان و سالارمعینی، ۱۳۸۸). آبی‌پروری عملاً توانسته در کشورهای در حال توسعه به تأمین غذا به‌ویژه پروتئین مورد نیاز اقشار مختلف مردم بپردازد. ماهی به‌عنوان یک منبع بزرگ تأمین غذا بوده و دارای پروتئین‌های ضروری حیوانی به‌شمار می‌رود. آبزیان توانسته‌اند عملاً بیش از ۲۵ درصد پروتئین حیوانی جهان را تأمین کنند و جمعیتی در حدود یک میلیارد و ۲۵۰ میلیون نفر در ۳۹ کشور جهان تنها با استفاده از غذای آبزیان زنده هستند. ماهی به‌عنوان مهم‌ترین منبع تأمین غذا شامل ترکیبات غذایی از قبیل پروتئین با کیفیت بسیار بالا و اسیدهای آمینه ضروری برای بدن انسان و انواع ویتامین‌ها و عناصر فلزی است. پرورش آبزیان می‌تواند نزدیک به ۵۰ درصد افزایش مصرف جهانی را پوشش دهد و این افزایش می‌تواند ۶۰ درصد تا سال ۲۰۲۰ ادامه یابد. ماهی دارای قیمت مناسبی بوده و در بازاریابی با قیمت کم عرضه می‌شود (غیاثوند و شاپوری، ۱۳۸۸).

در ایران میزان مصرف سرانه آبزیان به تدریج در حال افزایش است به طوری که براساس آمارهای رسمی سازمان شیلات ایران در سال ۱۳۸۰ در ازای هر نفر ایرانی در سال پنج کیلوگرم بوده است اما در سال ۱۳۹۰ به ۹/۱ کیلوگرم در ازای هر نفر ایرانی رسیده است. به طوری که میزان گرم پروتئین مصرفی آبزیان در روز برای هر نفر ایرانی در سال ۱۳۸۰، ۲/۳ گرم بوده اما در سال ۱۳۹۰ این میزان به ۴/۴۶ گرم پروتئین در روز برای هر نفر رسیده است. البته این میزان تنها برای آبی‌پروری نیست و کل تولیدات آبزیان را شامل می‌شود (مهدوی و زنجیریان، ۱۳۸۱). گسترش صنعت آبی‌پروری در جهان و بالا رفتن میزان تولید و عرضه، رقابت‌هایی را برای تولیدکنندگان به وجود آورده

است. در نتیجه تولیدکنندگان برای بازبایی و نگهداری آن مجبور به اقداماتی شده‌اند و این اقدامات بیش‌تر در جهت ارضای خواسته‌های مصرف‌کنندگان می‌باشد. بازاریابی شامل جنبه‌های مختلفی می‌شود که بعضی در جهت تزئینات، بسته‌بندی، سهولت حمل و نقل و بعضی در جهت بالا بردن کیفیت تولید استوار شده است (وئوقی‌نورشاهی، ۱۳۷۳). رنگ لاشه نیز فاکتوری مهم در بازاریابی ماهیان در تمام دنیا به‌شمار می‌رود به طوری که قرمز بودن رنگ لاشه بیش‌تر خواهان دارد و بازار پسندتر است حتی قیمت این، ماهی‌ها نسبت به ماهی‌هایی که گوشت سفید یا روشن‌تر دارند بیش‌تر است (Castaneda, ۲۰۰۵؛ Quart و همکاران، ۱۹۹۸؛ Bunell و Bauernfeind, ۱۹۶۲). زرد یا قرمز شدن گوشت ماهیان، به‌وسیله رنگدانه‌ها ایجاد می‌شود. یک خانواده بزرگ از رنگدانه‌های طبیعی، کاروتنوئیدها، رنگدانه‌های زیستی محلول در چربی هستند و دارای دامنه رنگی وسیعی از زرد تا قرمز می‌باشد (Choubert, ۲۰۰۱). تنها گیاهان و پروتئین‌ها (باکتری، جلبک و قارچ) می‌توانند کاروتنوئیدها را بسازند (احمدی، ۱۳۸۶؛ Gentles و Hard, ۱۹۹۱). طیور و ماهیان به‌مانند بسیاری از جانوران قادر به ساخت این رنگدانه‌ها نیستند لذا برای ایجاد رنگ در گوشت باید منابع رنگدانه‌ای را به خوراک آن‌ها اضافه کرد (پوررضا و همکاران، ۱۳۸۷).

توانایی جذب کاروتنوئیدها به توانایی ذخیره شدن آن‌ها در بافت وابسته است و این توانایی به عواملی مثل در دسترس بودن کاروتنوئیدها در اجزای جیره غذایی و قابلیت هضم آن‌ها، غلظت آن‌ها در جیره، مدت زمان تهیه و تمایل موجود به تغییر شکل و یا ته‌نشین کردن رنگدانه‌ها در بافت‌ها بستگی دارد (Choubert, ۲۰۰۱). علاوه بر این، منابع طبیعی، رنگدانه‌های سنتتیک هم می‌توانند در ایجاد تغییر رنگ به‌کار روند. از این دسته رنگدانه‌ها می‌توان به آستازانتین، کانتازانتین و سیترازانانتین اشاره نمود، که طی بررسی‌های انجام شده استفاده از منابع سنتتیک هم به‌دلیل گرانی نسبت به منابع طبیعی و هم به‌دلیل تأثیر کم‌تر در رنگ‌دهی نسبت به منابع طبیعی بهینه نیستند (Castaneda و همکاران، ۲۰۰۵). کاروتنوئیدها علاوه بر دارا بودن وظایف بیولوژیکی، رنگ مشخص و جذابی به بسیاری از حیوانات پرورشی می‌بخشند و تأثیرات مثبتی بر مرغوبیت فراورده‌های حاصله و افزایش بازاریابی آن‌ها می‌گذارند که معمولاً هزینه قابل توجهی را برای پرورش دهندگان دربر دارند. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای و دامنه‌داری در زمینه به‌کارگیری و استفاده از منابع ارزان قیمت کاروتنوئیدها صورت

براساس نیازمندی‌های ماهیان مورد آزمایش که در کاتالوگ تغذیه‌ای NRC آمده است (NRC، ۲۰۱۱)، براساس وزن ماهی و درجه حرارت آب، پایه‌ریزی و با استفاده از نرم‌افزار جیره نویسی UFFDA انجام شد (جدول ۱). گروه‌های آزمایشی شامل تیمار شاهد، تیمار ۵ درصد چغندر لبویی، تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی و تیمار ۱۵ درصد چغندر لبویی بودند. هر گروه آزمایشی دارای ۳ تکرار و هر تکرار ۲۰ قطعه انجام گردید. چغندر لبویی بعد از خرد شدن در دمای ۳۹ درجه سانتی‌گراد در معرض نور خورشید خشک و در نهایت با میکسر قوی به صورت پودر درآمد. در روز ۴۵، از هر تکرار ۲ ماهی به صورت تصادفی کشتار و قسمتی از گوشت بین باله پشتی تا باله سینه‌ای به همراه پوست بریده شد و نمونه‌ها ۲۴ ساعت فریز شدند.

گرفته است تا از این ترکیبات به شکل مقرون به صرفه در صنایع غذایی، صنعت پرورش طیور و آبزیان و صنایع دارویی و ... استفاده شود (واعظ، ۱۳۷۸).

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق در ایستگاه تحقیقات ماهیان سرد آبی خجیر واقع در پارچین تهران و طی ماه‌های خرداد تا مرداد ۱۳۹۲ انجام شد و برای این منظور از ۲۴۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در محدوده وزنی  $10 \pm 230$  گرم استفاده گردید. پارامترهای مدیریتی از قبیل درجه حرارت آب و محیط، تغذیه و ضدعفونی کردن زوک‌ها و آب و نور در دوره پرورش برای تمام گروه‌های آزمایشی کاملاً یکسان بود. این شرایط برای تمام گروه‌های آزمایشی کاملاً یکسان و براساس اصول استاندارد پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. جیره مورد استفاده،

جدول ۱: ترکیب مواد خوراکی و مواد مغذی در جیره‌های آزمایشی

جیره‌های آزمایشی، حاوی سطوح گوناگون چغندر لبویی (درصد)				مواد خوراکی (درصد):	
۱۵	۱۰	۵	۰ (شاهد)		
۳۹/۵	۳۹/۵	۳۹/۵	۳۹/۵	پودر ماهی	
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	کنجاله سویا	
۷	۷	۷	۷	آرد گندم	
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	روغن	
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	گلو تن ذرت	
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	مکمل معدنی ۱	
۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	مکمل ویتامینی ۲	
۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	ملاس	
۰	۵	۱۰	۱۵	سبوس	
۱۵	۱۰	۵	۰	چغندر لبویی	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	مجموع مواد خوراکی	
مواد مغذی (محاسبه شده):				انرژی قابل سوخت و ساز (کیلوکالری/کیلوگرم)	
۳۳۳۰	۳۳۳۰	۳۳۳۰	۳۳۹۰		
۳۹/۴۹	۳۸/۹۶	۳۸/۹۶	۳۷/۳۳		پروتئین خام (درصد)
۱۰/۷۵	۱۰/۸۰	۱۰/۸۰	۱۱/۲۰		چربی خام (درصد)
۴/۱۰	۴/۱۰	۴/۱۰	۳/۸۵		الیاف خام (درصد)
۹۵/۲۶	۹۵/۰۲	۹۵/۰۲	۹۴/۹۳		ماده خشک (درصد)
۱۱/۸۰	۱۲/۰۰	۱۲/۰۰	۱۱/۰۰		خاکستر (درصد)
۴/۷۴	۴/۹۸	۴/۹۸	۵/۰۷	رطوبت (درصد)	

۱- ترکیب مکمل ویتامینی (IU/کیلوگرم غذا): ویتامین A ۱۶۰۰۰۰۰، ویتامین D3 ۴۰۰۰۰۰۰، کولین کلراید ۱۲۰۰۰، نیاسین ۴۰۰۰، ریبوفلاوین ۸۰۰۰، پیریدوکسین ۴۰۰۰، فولیک اسید ۲۰۰۰، ویتامین B12 ۸۰۰۰، اینوزیتول ۲۰۰۰۰، ویتامین C ۶۰۰۰۰، ویتامین B2 ۸۰۰۰، ویتامین K3 ۲۰۰۰، ویتامین E ۴۰۰۰۰.

۲- ترکیب مکمل معدنی (گرم/کیلوگرم غذا): روی ۱۲/۵، آهن ۲۶، منگنز ۱۵/۸، مس ۴/۲، کبالت ۰/۴۸، سلنیوم ۰/۲، ید ۱.



داده‌های حاصل از پژوهش از رویه GLM نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) استفاده گردید و در مواردی که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد، مقایسه میانگین تیمارها به کمک دستور LSMEANS، گزاره PDIF و آزمون Tukey در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

## نتایج

پس از انجام آزمایش رنگ‌سنجی با دستگاه MINOLTA از دو بخش پوست و گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نتایج آن پس از آنالیز در جدول ۲ آورده شده است.

پس از آن براساس سه شاخص \*L (روشنایی)، \*a (قرمزی) و \*b (زردی) به‌وسیله دستگاه رنگ‌سنج MINOLTA CR-400 مورد ارزیابی قرار گرفتند. میزان انحراف رنگ از طریق فرمول زیر به‌دست آمد:

$$\Delta E = [(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)]^{1/2}$$

$\Delta E$ : میزان انحراف رنگ

$\Delta L$ : میزان انحراف روشنایی

$\Delta a$ : میزان انحراف قرمزی

$\Delta b$ : میزان انحراف زردی

داده‌های این آزمایش براساس طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از تنظیم داده‌ها و انجام محاسبات اولیه در نرم‌افزار Microsoft Excel (۲۰۱۰) جهت تحلیل آماری

جدول ۲: اثر سطوح مختلف چغندر لبویی بر شاخص‌های رنگ‌سنجی گوشت و پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

پوست				گوشت				گروه‌های آزمایشی
$\Delta E$	*L	*b	*a	$\Delta E$	*L	*b	*a	
-	۶۸/۰	۱۱/۷	-۲/۰	-	۶۳/۲	۲۱/۰	۵/۰	۰٪ چغندر لبویی (شاهد)
۱۱/۱۲ b	۶۶/۸	۸/۲	-۲/۳	۶/۶۲ ab	۶۰/۳	۱۹/۸	۷/۵	۵٪ چغندر لبویی
۲۵/۲۵ a	۵۴/۰	۱۱/۵	-۱/۸	۸/۰۹ a	۵۹/۲	۱۸/۰	۸/۵	۱۰٪ چغندر لبویی
۸/۴۴ b	۶۵/۳	۵/۷	-۲/۲	۴/۲۶ b	۵۹/۷	۱۹/۳	۷/۳	۱۵٪ چغندر لبویی
۰/۰۲۵	۰/۴۶۰	۰/۶۶۴	۰/۹۹۸	۰/۰۸۶	۰/۵۸۰	۰/۶۵۷	۰/۱۸۶۹	P-Value
۳/۳۶	۶/۶۱	۳/۹۰	۱/۸۵	۰/۹۹۳	۲/۱۴	۱/۶۶	۳/۰۵	SEM

\*L: روشنایی؛ \*a: قرمزی؛ \*b: زردی

در هر ستون میانگین‌های با حروف انگلیسی غیرمشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( $P \leq 0.05$ ) و میانگین‌های بدون حروف انگلیسی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. P-value: سطح احتمال (سطح معنی‌داری)، SEM: اشتباه معیار میانگین

سطح ۵ درصد معنی‌دار نبوده است ( $P > 0.05$ ) ولی با به‌کارگیری آزمون کم‌ترین تفاوت معنی‌دار (LSD)، مشخص گردید که تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی نسبت به تیمارهای دیگر، اختلاف معنی‌داری در میزان شاخص  $\Delta E$  (میزان انحراف رنگ) در رنگ پوست داشته است.

## بحث

هدف از انتخاب منبع رنگدانه در این پژوهش، ایجاد رنگ در پوست و گوشت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بود، که پس از استفاده آن در خوراک و بررسی نتایج، مشخص شد که از نظر عددی شاخص قرمزی رنگ گوشت به‌ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰، ۵، ۱۵ و شاهد می‌باشد. هم‌چنین شاخص زردی و روشنایی رنگ گوشت به‌ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد، ۵، ۱۵ و ۱۰

نتایج آنالیز نشان داد که بیش‌ترین شاخص قرمزی گوشت مربوط به تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی بوده و بیش‌ترین شاخص زردی و روشنایی گوشت مربوط به تیمار شاهد بوده است، هر چند که تفاوت بین همه تیمارها در شاخص‌های مورد مطالعه مذکور اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند ( $P > 0.05$ ). مقدار سطح احتمال خطای آزمایشی از عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها حکایت داشت، اما استفاده از آزمون t (کم‌ترین تفاوت معنی‌دار) نشان داد که تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی در مقایسه با سایر تیمارها سبب افزایش معنی‌دار در مقدار شاخص  $\Delta E$  در رنگ گوشت شده است.

هم‌چنین بیش‌ترین شاخص قرمزی پوست مربوط به تیمار ۱۰ درصدی چغندر لبویی بوده و بیش‌ترین شاخص زردی و روشنایی پوست مربوط به تیمار شاهد بوده است. هر چند که تفاوت بین همه تیمارها در شاخص‌های مورد مطالعه مذکور در



## منابع

۱. غیاثوند، ز. و شاپوری، م.، ۱۳۸۸. تاثیر رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی و مقایسه اثر آن‌ها بر ماهی اسکار سفید. مجله بیولوژی دریا. سال ۲، شماره ۳، صفحات ۷۵ تا ۸۳.
۲. مهدوی، ح. و زنجیریان، ا.، ۱۳۸۱. بررسی وضعیت و امکان‌سنجی بازیابی و تولید مواد با ارزش از ضایعات کشاورزی و صنایع تبدیلی وابسته. کنفرانس ملی پیشگیری از اتلاف سایر منابع ملی. صفحات ۴۹۷ تا ۵۰۸.
۳. احمدی، س.، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر سطوح مختلف رنگدانه آستاگزانتین بر برخی شاخص‌های زیستی میگوی جوان پا سفید غربی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته شیلات، دانشگاه تهران. صفحات ۲۵ تا ۳۲.
۴. پوررضا، ج.؛ قربانعلی، ص. و مهروی، م.، ۱۳۸۷. تغذیه مرغ اسکات. انتشارات ارکان دانش. چاپ سوم. صفحات ۱۷۲ تا ۱۹۰.
۵. گلپان، ا.؛ سالارمعینی، م. و مظهری، م.، ۱۳۸۸. تغذیه طیور، واحد آموزش و پژوهش معاونت کشاورزی سازمان اقتصادی کوثر. چاپ چهارم. صفحات ۲۸۹ تا ۳۶۷.
۶. واعظ، م.، ۱۳۷۸. جداسازی و شناسایی مخمرهای تولیدکننده کاروتنوئید و کاربرد آن‌ها در صنعت. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد شیلات، دانشگاه اصفهان. صفحات ۱۲ تا ۳۲.
۷. وثوق‌نورشاهی، ب.، ۱۳۷۳. بررسی اثر رنگدانه‌های تثبیت شده بر روی رنگ زرده تخم‌مرغ. پایان‌نامه دکتری دانشگاه تهران. صفحات ۱۸ تا ۲۸.
8. Buyukapar, H.K.; Yanar, M. and Yanar, Y., 2007. Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carotenoids from marigold flower (*Tagetes erecta*) and red pepper (*Capsicum annum*). Turk. J. Vet. Anim. Sci. Vol. 311, pp: 7-12.
9. Castaneda, M.P.; Hirschler, E.M. and Sams, A.S., 2005. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments, international journal of poultry science. Vol. B4, pp: 143-147.
10. Chatzifotis, S.; Pavlidis, M.; Jimeno, C.D.; Vardans, G.; Sterioti, A. and Divanach, P., 2005. The effect of different carotenoid sources on skin coloration of cultured red porgy (*pagrus pagrus*), Hellenic center for marine research. Institute of aquaculture, heraklion, Crete, Greece. 290 p.
11. Diler, I. and Gokoglu, N., 2000. Investigation of the sensory properties of the flesh of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with astaxanthin, shrimp waste meal and red pepper meal. Turk. V.H.D. Vol. 24, No. 4, pp: 393-402.
12. Gupta, S.K.; Jha, A.K.; Pal, A.K. and Venkateshwarlu, G., 2007. Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. Natural product radiance. Vol. b, No.1, pp: 46-49.
13. Kop, A. and Durmaz, Y., 2007. The effect of synthetic and natural pigments on the color of cichlid (*Cichlasoma*

درصد بوده است. البته محاسبه میزان انحراف رنگ نشان داد که تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشته است. نتایج به‌دست آمده در تحقیق اخیر با تجربیات Gokoglu و Colak (۲۰۱۲) که با سطوح ۲، ۴ و ۶ درصد پودر گوجه فرنگی به جیره غذایی ماهی طلایی اضافه کرده بودند مطابقت دارد. در پژوهش Diler and Gokoglu (۲۰۰۰) که سطوح ۰، ۲/۵ و ۵ درصد فلفل قرمز را به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین کمان اضافه کرده بودند اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مشاهده شده که باعث رنگ‌پذیری گوشت ماهی شده بود. این نتیجه می‌توان به دلیل تفاوت در منبع رنگدانه‌ای و مدت زمان پرورش و سایر شرایط پرورش باشد.

درخصوص تغییر رنگ نتایج نشان داد که از نظر عددی شاخص قرمزی پوست به ترتیب مربوط به تیمارهای ۱۰، ۱۵، ۵ و شاهد می‌باشد. البته به دلیل این که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان دارای پوست سبز رنگ است آزمایش نشان داد که بیش‌ترین سبزی مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مربوط به تیمار ۱۰ درصد چغندر لبویی است. هم‌چنین از نظر عددی شاخص زردی، روشنایی رنگ پوست به ترتیب مربوط به تیمارهای شاهد، ۵، ۱۵ و ۱۰ درصد بوده است. اما به هر حال از نظر آماری هیچ‌گونه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ( $P > 0.05$ ). در تحقیقات غیاثوند و شاهپوری (۱۳۸۸) که به جیره غذایی ماهی اسکار سفید، هویج و فلفل قرمز اضافه کردند اعلام نمودند که تاثیر معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نکردند که با نتایج حاصله از تحقیق اخیر مطابقت دارد.

از طرفی در تحقیقی که توسط Lee و همکاران (۲۰۱۰) انجام گرفت، سطوح ۰، ۸، ۱۶ درصد فلفل به ماهی *Platyplus zacco* داده شد، آزمایشات رنگ‌سنجی نشان داد که با این سطوح اختلاف معنی‌داری روی رنگ پوست ماهی ایجاد می‌شود. این نتیجه با نتایج مطالعه اخیر مغایرت دارد که دلیل آن می‌تواند ناشی از نوع ماهی مورد آزمایش و منبع رنگدانه‌ای و مدت زمان پرورش و سایر شرایط پرورشی باشد.

## تشکر و قدردانی

از زحمات و کمک‌های بی‌دریغ مسئولین ایستگاه تحقیقات ماهیان سردآبی خجیر که در این پژوهش یاری نموده‌اند، تشکر و سپاسگزاری به‌عمل می‌آید.



- functions, biosynthesis, and application in food industry, food Rev. Int. Vol. 10, No. 1, pp: 49-70.
30. **Lichtenhaler, H.K., 1987.** Chlorophylls and carotenoids: pigment of photosynthetic biomembranes, method. Enzymol. Vol. 148, pp: 350-382.
  31. **Lorenz, R.T. and Cysewski, G.R., 2000.** Commercial potential for haematocollus microalgae as a natural source of astaxanthin. Trends in biotechnology. Vol. 18, pp: 160-167.
  32. **Lygren, B.; Hamre, K. and Waagboe, R., 1999.** Effects of dietary pro and antioxidants on some protective mechanisms and health parameters in Atlantic salmon. Journal of aquatic animal health. Vol. 11, pp: 211-221.
  33. **Maltby, J.B.; Albright, I.J., Kennedy, C.J. and Higgs, D.A., 2003.** Effect of route of administration and carrier on bioavailability and kinetics of astaxanthin in Atlantic salmon (*salmo salar*). Aquaculture research. Vol. 34, pp: 829-838.
  34. **Miki, W., 1991.** Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure and applied chemistry. Vol. 63, pp: 141-146.
  35. **Sharma, S.K. and Lemaguer, M., 1996.** Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions. Italian journal of food science. Vol. 8, No. 2, pp: 107-113.
  36. **Torrissen, O.J., 1989.** Pigmentation of salmonid: interactions of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in rainbow trout. Aquaculture. Vol. 79, pp: 363-374.
  37. **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, pp: 641-648.
  38. **White, D.A.; Page, G.L.; Swaile, J.; Moody, A.J. and Davies, S.J., 2002.** Effect of esterification on the absorption of astaxanthin in rainbow trout. *Onchorhynchus mykiss* (walbaum). Aquaculture research. Vol. 33, pp: 343.
  39. **Yuan, J.P.; Xian, D.G. and Chen, F., 1997.** Separation and analysis of carotenoids and chlorophylls in *haematococcus lacustris* by high performance liquid chromatography photodiode array detection. Journal of agriculture and food chemistry. Vol. 45, pp: 1952-1956.
  14. **Lee, C.R.; Pham, M.A. and Lee, S.M., 2010.** Effects of Dietary Paprika and Lipid levels on Growth and Skin Pigmentation of Pale Chub (*zacco platypus*). Asian Aust. J. Anim. Sci. Vol. 23, No. 6, pp: 724-732.
  15. **Liu, G.D.; Hou, G.Y.; Wang, D.J.; LV, S.J.; Zhang, X.Y.; Sun, W.P. and Yang, Y., 2008.** Skin pigmentation avaluation in broilers fed different levels of natural okra and synthetic pigaments. Tropical crops genetic resources institute, China. 178 p.
  16. **Manimegalai, M.; Bupesh, G.; Miranalini, M.; Vasanth, S.; Karthikegini, S. and Subramanian, P., 2010.** Color enhancement studies on *etroplusmaculatus* using astaxanthin and  $\beta$ -carotene. International journal of environmental sciences. Vol. 1, No. 3, pp: 403-409.
  17. **Bauernfeind, J.C., 1981.** Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. Academic press NewYork. pp: 1-45
  18. **Bernhard, K. and Krinsky, N.I., 1990.** The route of a carotenoid from synthetic astaxanthin. Reaserch to commercialization in: "carotenoids chemistry and biology". Plenum press, NewYork. pp: 337-363.
  19. **Bjerkeng, B.; Folling, M.; Lagoeki, S.; Storibakken, T.; Oli, J.J. and Alasted, A., 1997.** Bioavailability off all-e- astaxanthin and z-isomers of astaxanthin in rainbow trout (*onchorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 157, pp: 63-82.
  20. **Buttle, L.; Crampton, V. and Williams, P., 2007.** The effect of feed pigment type on flesh pigment deposition and colour in farmed Atlantic salmon (*salmo salar*). Aquaculture research. Vol. 32, pp: 103-111.
  21. **Castañeda, M.P.; Hirschler, E.M. and Sams, A.R., 2005.** Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. Poult. Sci. Vol. 84, pp: 143-147.
  22. **Choubert, G.; Guillaume, J.; Kaushik, S.; Bergot, P. and Metailler, R., 2001.** Carotenoids and pigmentation in nutrition and feeding of fish and crustacean. U.K. 287 p.
  23. **Christiansen, R., Torrissen, O.J., 1997.** Effect of dietary astaxanthin supplementation on fertilization and egg survival in Atlantic salmon (*salmo salar*). Aquaculture. Vol. 153, PP: 57-62.
  24. **Ciapara, L.H.; Valenzuela, L.F. and Goycoolea, F.M., 2006.** Astaxanthin: a review of chemistry and applications. Critical review in food science and nutrition. Vol. 46, pp: 185-196.
  25. **During, A. and Harrisson, E.H., 2004.** Intestinal absorption and metabolism of carotenoids: in sights from cell culture. Archives biochemistry and biophysics. Vol. 430, pp: 77- 88.
  26. **Furr, H.C. and Clark, R.M., 1997.** Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. The journal of nutrition biochemistry. Vol. 8, pp: 364-377.
  27. **Guerlin, M.; Huntley, M.E. and Olaizola, M., 2003.** Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. Trends in biochem, Vol. 21, No. 5, pp: 210-216.
  28. **Hardy, R.W.; Scott, T.M. and Harrell, L.W., 1987.** Replacement of herring oil with menhaden oil, soybean oil, or tallow in the diets of Atlantic salmon raised in marine net-pens. Aquaculture. Vol. 65, pp: 267-277.
  29. **Hari, R.K.; Patel, T.R. and Martin, A.M., 1994.** An over view of pigment production in biological systems: *severum* sp., Heckle 1840). Aquaculture. Vol. 16, pp: 117-122.

