# اثر آستاگزانتین بر شاخص‌های رشد و رنگ پذیری لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

**مهدی عرب مارکده[۱]، فردین شالوئی*[۲]، مهرداد فتح‌اللهی[۲]، اسماعیل پیرعلی[۲]**

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، صندوق پستی: ۱۱۵

۲-گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، صندوق پستی: ۱۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۱

## چکیده

در این تحقیق تأثیر استفاده از غلظت‌های متفاوت آستاگزانتین بر شاخص‌های رشد و رنگ‌پذیری لاشه در ماهی قزل‌آلای‌رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب یک طرح تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در هشت هفته غذادهی انجام شد و در هر مخزن پرورشی تعداد ۴۰ عدد ماهی با وزن تقریبی ۱۰۰ گرمی مورد تغذیه آزمایشی با ۲٪ وزن زی‌توده قرار گرفتند. تیمارها شامل غلظت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین در هر کیلوگرم خوراک قزل‌آلا و تیمار شاهد بدون افزودن رنگدانه آستاگزانتین بود. در پایان دوره آزمایش از هر تکرار چهار قطعه ماهی به صورت انتخابی صید شد. برای ارزیابی میزان تغییر رنگ ایجادشده در لاشه ماهی از سیستم رنگ سنجی L*a*b استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد غلظت‌های مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری در میزان تلفات و ضریب تبدیل غذایی نداشته اند. رنگ‌سنجی لاشه ماهی بر اساس سیستم رنگ‌سنجی L*a*b نشان داد رنگ‌پذیری در تیمارهای ۶۰ و ۹۰ در پارامتر a (پارامتر قرمزی) دارای اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نسبت به تیمار شاهد و تیمار دیگر است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که غلظت ۶۰ میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین، بهترین دوز مورد استفاده در ایجاد رنگ از نظر اقتصادی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** آستاگزانتین، لاشه، رنگ، قزل‌آلای‌رنگین کمان، رشد.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). fardin.shaluei@gmail.com

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

## مقدمه

یکی از مهم‌ترین جذابیت‌های بصری موجودات آبزی میزان زیبایی رنگ آن‌ها است که در ماهی عمدتاً به دلیل حضور کروماتوفورهای محتوی رنگدانه می‌باشد. ماهیان جهت دستیابی به رنگ مورد نظر بایستی از غذاهایی تغذیه شوند که رنگ مورد نظر مطلوب را در آن‌ها ایجاد نماید (Kop and Durmaz, 2008). در ماهیان زینتی رنگ یکی از مهم‌ترین فاکتورهای ارزش‌گذاری می‌باشد (حسنی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵) ولی در ماهیان خوراکی و تجاری عمدتاً رنگ فیله ماهی نشانه کیفیت می‌باشد و در بازارپسندی ماهی مؤثر است (Torrissen *et al.*, 1996). رنگدانه‌های کارتنوئیدی در ایجاد رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز در گوشت و اسکلت خارجی حیوانات آبزی مشارکت دارند (Page and Davies, 2006). از بین انواع رنگدانه‌های کاروتنوئیدی مهم‌ترین کاروتنوئید برای افزایش رنگ ماهیان آستاگزانتین می‌باشد که تأثیر بسیار زیادی در افزایش رنگ روی اکثر گونه‌های ماهیان داشته است (Shahidi *et al.*, 1998). در محیط طبیعی، آستاگزانتین به وسیله ریزجلبک‌ها یا فیتوپلانکتون‌ها تولید و در زنجیره غذایی توسط زئوپلانکتون‌ها، حشرات یا سخت‌پوستان قرار می‌گیرند. این رنگدانه در بافت‌های بدن این موجودات ذخیره می‌شود تا در نهایت به مصرف ماهی برسد (Guerin *et al.*, 2003; Faghani *et al.*, 2013). آستاگزانتین تجاری به طور عمده از قارچ *Phaffia*، جلبک *Haematococcus* و از طریق سنتزهای شیمیایی به دست می‌آید (Rango Rao *et al.*, 2010).

خانواده آزادماهیان قادر هستند آستاگزانتین و کانتاگزانتین را در عضلات، پوست و غدد جنسی خود ذخیره نمایند (Torrissen and Naevdal, 1988). میزان رنگ‌پذیری آن‌ها اساساً به مقدار، مدت مصرف رنگدانه، میزان غذای مصرفی و ضریب تبدیل غذایی بستگی دارد؛ اگرچه مسلم است که عوامل محیطی و ژنتیک نیز در این امر تأثیر بسزایی دارند (Kop and Durmaz, 2008). کیفیت رنگ ماهی اهمیت زیادی از نظر تجاری دارد و به طور مستقیم بر قیمت، پذیرش مشتری و میزان فروش در ارتباط است (Supamattara *et al.*, 2005). در برخی از ماهیان خوراکی مثل آزادماهیان، رنگ ماهی (پوست و عضله) در بازارپسندی ماهی نقش مهمی دارد، به طوری که علی‌رقم قیمت بالای آستاگزانتین، اکثر تولیدکنندگان آزادماهی در اروپا از این ماده جهت ایجاد طیف‌های رنگ نارنجی و حتی قرمز در ماهی استفاده می‌کنند (Toyomizu *et al.*, 1981).

مطالعات انجام گرفته در خصوص اضافه نمودن آستاگزانتین به جیره غذایی در لاروهای تازه به تغذیه رسیده آزادماهی اطلس (*Salmo salar* L) (Christiansen *et al.*, 1995)، میگوی پاسفید غربی (*Litopeneaus vannamei*) (Ahmadi *et al.*, 2008) و ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus* *Linnaeus*, 1758) (ریگی قزاق و همکاران، ۱۳۹۶) افزایش رشد را گزارش کرده‌اند. در حالی که مطالعات انجام شده روی گربه ماهی زرد (*Pleteobagrus fulvidraco*) (Liu *et al.*, 2016)، فیل ماهی (*Huso huso*) (Faghani *et al.*, 2013) و ماهی زینتی کاراسین (*Hyphessobrycon collistus*) (Wang *et al.*, 2006) نشان می‌دهند که این رنگدانه اثر بارزی بر میزان رشد در این گونه‌ها نداشته است. Shimidzu و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که رنگدانه آستاگزانتین

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

فعالیت آنتی اکسیدانتی ۱۰ برابر بتاکاروتن و ۱۰۰ برابر آلفاتوکوفرول دارد و فاکتورهای ایمنی ماهی قزل‌آلای تغذیه شده با رنگدانه آستاگزانتین در مقایسه با تیمارهای شاهد به طور معنی‌داری افزایش می یابد. فداکار و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند که سطوح باقی مانده کاراتنوئیدها در مراحل مختلف رشد جنینی تاس‌ماهی استرلیاد متفاوت بوده و افزودن آستاگزانتین به میزان ۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره سبب بهبود سیستم ایمنی این ماهی در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد. Kalinowski و همکاران (۲۰۰۵) اثر سطوح مختلف کاروتنوئید در رژیم غذایی ماهی گوپی (*Pagrus pagrus*) بر میزان رشد و تغییرات رنگ پوست را بررسی کردند. ماهیان در سه گروه با سه تکرار شامل گروه شاهد (رژیم غذایی بدون کاروتنوئید)، گروه دوم (رژیم حاوی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آستاگزانتین پوست میگو) تغذیه شدند. در پایان آزمایش مشاهده شد که ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آستاگزانتین و پوست میگو رنگ بهتری را نسبت به دو گروه نشان دادند. نتایج مطالعه صورت گرفته در مورد بررسی تأثیر رنگدانه‌های غذایی شامل آستاگزانتین (*Lucantin pink*) بتالائین و آفتوسیانین را بر رنگ پوست، رشد و رفتار گورامی کوتون قرمز (*Colisa lalia*) توسط Baron و همکاران (۲۰۰۸) در طی یک دوره ۱۲ هفته‌ای، نشان داد که افزون آستاگزانتین سنتتیک به جیره، رنگ قرمز ماهی را به صورت معناداری افزایش داد در حالی که دو رنگدانه دیگر اثر چندانی بر رنگ پوست نداشت.

از رنگدانه به جز استفاده در جیره‌های ماهیان مولد، جهت افزایش کیفیت تفریخ و بازماندگی تخم (بازیار و همکاران، ۱۳۸۴) در ایجاد رنگ در لاشه ماهیان پرواری نیز استفاده می‌شود. عمده رنگدانه مورد استفاده در این جیره‌ها رنگدانه آستاگزانتین است که تمام نیاز کشور به این رنگدانه از طریق واردات تأمین می‌شود. از طرفی اقتصادی‌ترین و بهینه‌ترین میزان استفاده از این رنگدانه به طوری که علاوه بر بیش‌ترین میزان رنگ‌دهی در لاشه کم‌ترین میزان اثرات منفی بر سلامت ماهیان را داشته باشد نیز حائز اهمیت است چراکه این رنگدانه قیمت بالایی دارد و لازم است تا بهترین میزان استفاده از آن در جیره تعیین گردد.

## مواد و روش‌ها

### مکان و زمان انجام آزمایش

مراحل آماده سازی خوراک موردنیاز جهت تغذیه ماهیان در کارخانه شرکت خوراک آماده دام، طیور و آبزیان فرادانه واقع در استان چهارمحال و بختیاری، شهرک صنعتی شهرکرد با استفاده از خط تولید خوراک اکسترود دو شفت شرکت MYUANG و تزریق رنگدانه‌های آستاگزانتین به میزان ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در هر کیلو از خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان صورت پذیرفت. خوراک‌ها به همراه تیمار شاهد با استفاده از خشک‌کن ۴ لایه شرکت MYUANG خشک گردید. محل انجام آزمایش در شرکت دشت آبی واقع در چشمه سرداب رستم‌آباد از توابع شهرستان اردل استان چهارمحال و بختیاری بود.

### کنترل پارامترهای فیزیکو شیمیایی محیط آزمایش

ویژگی‌های آب شامل درجه حرارت و اکسیژن محلول به صورت روزانه و pH به صورت هفتگی اندازه‌گیری و اطلاعات آن‌ها ثبت گردید. برای

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

اندازه‌گیری این فاکتورها از دستگاه اکسیژن متر، pH متر و دماسنج میله‌ای و دیجیتال قابل حمل (d HACH, HQ۴۰) استفاده شد. دما بر حسب درجه سانتی‌گراد و اکسیژن محلول بر اساس میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نتایج میانگین فاکتورهای کیفی آب

| | دما (درجه سانتی‌گراد) | اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر) | pH |
|---|---|---|---|
| خوراک تیمار شاهد | ۱۰/۹۵ | ۹/۶۱ | ۶/۸۱ |
| خوراک تیمار ۳۰ | ۱۰/۹۳ | ۹/۶۰ | ۶/۸۲ |
| خوراک تیمار ۶۰ | ۱۰/۹۴ | ۹/۶۱ | ۶/۸۱ |
| خوراک تیمار ۹۰ | ۱۰/۹۳ | ۹/۶۰ | ۶/۸۱ |

## تیماربندی ماهی‌ها

در خردادماه سال ۱۳۹۵، تعداد ۴۸۰ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۸ ± ۱۰۰ گرم از استخرهای پرورش ماهی مرکز تکثیر و پرورش ماهی قزل آلای شرکت دشت آبی صید و در ۱۲ عدد مخزن ۱۰۰ لیتری به تعداد ۴۰ عدد قطعه ماهی در هر مخزن توزیع شدند. پس از ۷ روز آداپتاسیون ماهی در وان‌ها نسبت به شرایط مخزن تغذیه با سه نوبت در روز و معادل ۲٪ وزن بدنی ماهیان در ساعات ۸، ۱۲ و ۱۶ انجام شد. انتخاب ماهیان کاملاً تصادفی بود و به مدت ۸ هفته آزمایش ادامه پیدا کرد. واحدهای آزمایشی تیمارهای چهارگانه در سه تکرار در آزمایشگاه تعبیه گردیدند.

تیمار بندی آزمایش در چهار تیمار به صورت زیر انجام شد.

تیمار ۱: تیمار شاهد بدون افزودن آستاگزانتین.

تیمار ۲: تغذیه شده با خوراک حاوی ۳۰ میلی‌گرم آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلا

تیمار ۳: تغذیه شده با خوراک حاوی ۶۰ میلی‌گرم آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلا

تیمار ۴: تغذیه شده با خوراک حاوی ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلا

برای هر تیمار ۴۰ عدد قطعه ماهی قزل‌آلا در نظر گرفته شد و در هر تیمار ۳ تکرار قرار داده شد. در ابتدای آزمایش و قبل از شروع غذادهی زیست‌سنجی ماهیان شامل اندازه‌گیری طول و وزن ماهیان انجام و اطلاعات به دست آمده ثبت گردید.

## رنگ سنجی ماهیان

رنگ سنجی ماهیان توسط دستگاه Color Meter مدل ES135 از سه قسمت خلفی، میانی و قدامی پس از برش لاشه ماهی صید شده به تصادف از ستون فقرات به سمت حفره شکمی بر اساس پارامترهای *L (۰= روشنایی و ۱۰۰= تیرگی)، *a (مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز) و *b (مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی) صورت پذیرفت (GIE, 1976). به منظور رقمی کردن مشاهدات رنگ در لاشه ماهیان با استفاده از نوار خط استاندارد Salmo fan شرکت BASF که از شماره ۲۰ تا ۳۴ مدرج گردیده است، اقدام به مشاهده لاشه ماهی در سه بخش قدامی، میانی و خلفی

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

برش لاشه توسط ۳ نفر در نور طبیعی گردید و میانگین هر یک از این اعداد قرائت‌شده برای هر ماهی درج می شد.

## بررسی پارامترهای رشد

در پایان آزمایش تمام ماهیان تیمارها صید شده و شاخص‌های رشد شامل درصد بازماندگی (SVR) ، نرخ رشد روزانه (DGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR= میزان غذایی مصرف شده بر میزان افزایش وزن) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

۱- نرخ رشد روزانه (Kissil *et al*. 2001)

$$DGR== Wt_2 - Wt_1/ t_2- t_1$$

گرم وزن اولیه ماهی = $Wt_1$ گرم وزن نهایی ماهی= $Wt_2$

طول دوره آزمایش (روز)= $t_2- t_1$

۲- درصد بقاء (Bilton and Rabins, 1973)

$$SVR= (N_t / N_0) \times 100$$

تعداد ماهیان در ابتدای دوره آزمایش = $N_0$

تعداد ماهیان در انتهای دوره آزمایش = N1

## آنالیز داده‌ها

قبل از آنالیز، داده‌ها از لحاظ نرمال بودن با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنوف بررسی و در صورت نیاز به توزیع نرمال تبدیل شدند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS17 و رسم نمودارها نیز با نرم افزار Excel انجام شد.

# نتایج

## نتایج آنالیز خوراک تیمارها

آنالیز ترکیب شیمیایی رژیم‌های غذایی مورد آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. نتایج حاصل تأثیر غلظت‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ میلی گرم رنگدانه آستاگزانتین در کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلا بر شاخص‌های رشد، ضریب تبدیل و بقای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آزمایش نشان می‌دهد تیمارهای مورد آزمایش در میانگین رشد روزانه بیشتر و درتیمارهای ۳۰ و ۹۰ نسبت به شاهد دارای اختلافی معنی‌دار می‌باشند ( جدول ۳).

به کارگیری غلظت‌های مختلف رنگدانه آستاگزانتین در خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در این آزمایش بر درصد بقای و ضریب تبدیل غذا تأثیر معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲: ترکیب شیمیایی رژیم‌های غذایی مورد آزمایش

| | درصد رطوبت | درصد چربی خام | درصد خاکستر کل | درصد پروتئین خام | میانگین ازت آزاد در صد گرم نمونه |
|---|---|---|---|---|---|
| خوراک تیمار شاهد | ۳/۸۵ | ۱۷/۰۵ | ۸/۸۲ | ۴۱/۵۸ | ۵۴/۱ |
| خوراک تیمار ۳۰ | ۳/۶۳ | ۱۶/۷۹ | ۸/۹۸ | ۴۱/۷۴ | ۵۳/۹۰ |
| خوراک تیمار ۶۰ | ۳/۷۱ | ۱۵/۷۸ | ۸/۷۵ | ۴۱/۸۳ | ۵۴/۴۰ |
| خوراک تیمار ۹۰ | ۳/۷۵ | ۱۵/۱۷ | ۸/۷۴ | ۴۱/۳۲ | ۵۴/۱۰ |

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

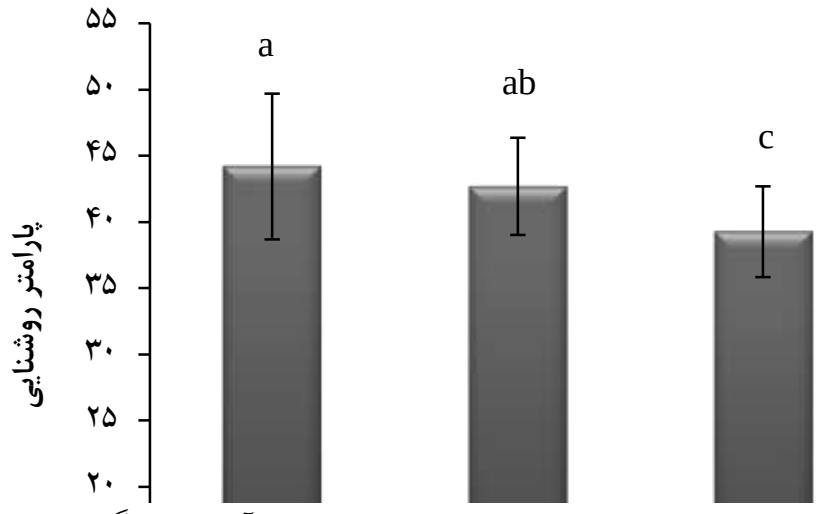
جدول شماره ۳: تاثیر سطوح مختلف رنگدانه بر رشد روزانه، بقاء و ضریب تبدیل خوراک

| تیمار | رشد روزانه | ضریب تبدیل | بقاء |
|---|---|---|---|
| | گرم بر هر قطعه ماهی در روز | | ٪ |
| شاهد | ۱/۷۹۴$^{b}$ | ۰/۸۱۶$^{a}$ | ۹۴/۴۴$^{a}$ |
| آستاگزانتین ۳۰ | ۲/۰۱۴ .$^{a}$ | ۰/۷۵۰$^{a}$ | ۸۸/۸۸$^{a}$ |
| آستاگزانتین ۶۰ | ۱/۹۴۰$^{ab}$ | ۰/۸۴۹$^{a}$ | ۹۲/۵۹$^{a}$ |
| آستاگزانتین ۹۰ | ۲/۰۰۱$^{a}$ | ۰/۷۶۹$^{a}$ | ۸۷/۹۸$^{a}$ |
| سطح معنی‌داری | ۰/۰۵۰۰ | ۰/۸۴۷ | ۰/۱۳۵۸ |

مقادیری در یک ستون که با حروف یکسان مشخص شده اند نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار است (P>۰/۰۵).

## نتایج رنگ سنجی

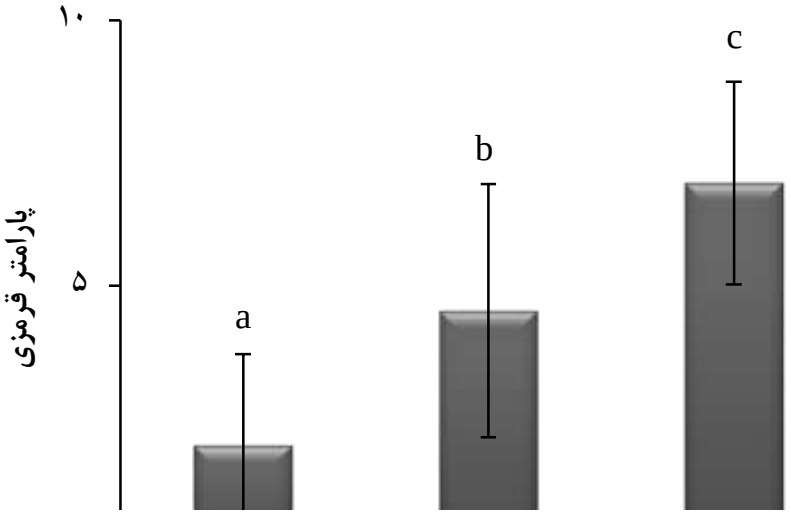
مقایسه میانگین پارامتر L (پارامتر روشنایی) درتیمارهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های ۶۰، ۳۰ و ۹۰ در مقایسه با تیمار شاهد بدون اضافه کردن رنگدانه آستاگزانتین نشان می‌دهد، پارامتر L (پارامتر روشنایی) در رنگ گوشت تیمارهای ۶۰ و ۹۰ به طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد است (شکل ۱).




شکل ۱: مقایسه میانگین پارامتر L (پارامتر روشنایی) در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در رنگ سنجی سنجش شده با دستگاه کالرمتر (میانگین±انحراف معیار) . حروف غیر یکسان بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون توکی می باشد.

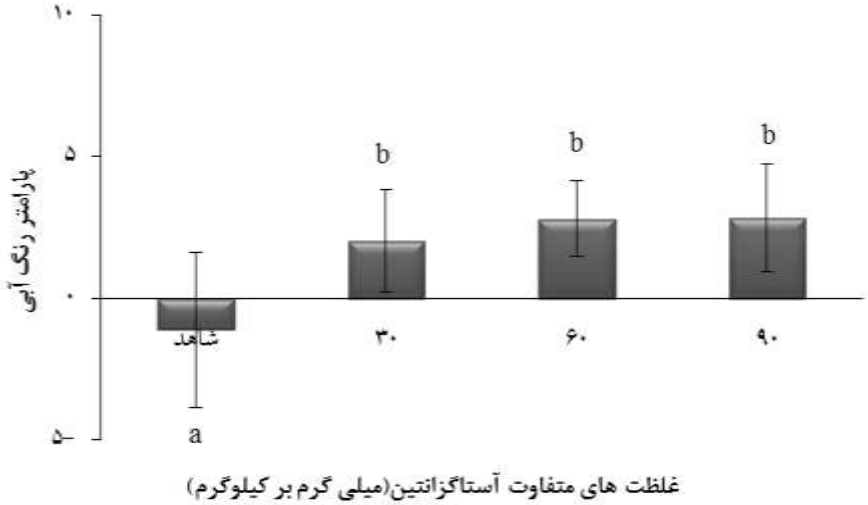
مقایسه میانگین پارامتر a* (پارامتر قرمزی) در تیمارهای تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های ۶۰،۳۰ و ۹۰ در مقایسه با تیمار شاهد بدون اضافه کردن رنگدانه آستاگزانتین نشان می‌دهد پارامتر a* (پارامتر قرمزی) در تیمارهای ۶۰،۳۰ و ۹۰ بعد از دوره تغذیه آزمایشی دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد می‌باشد. تیمارهای ۹۰ و ۶۰ نیز دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار ۳۰ بودند (شکل ۲).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]




شکل ۲ مقایسه میانگین پارامتر a (پارامتر قرمزی) در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در رنگ سنجی سنجش شده با دستگاه کالرمتر (میانگین±انحراف معیار) (حروف غیر یکسان بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون توکی می‌باشد).

مقایسه میانگین پارامتر *b (پارامتر رنگ آبی به سمت زرد) در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی حاوی غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ در مقایسه با تیمار شاهد بدون اضافه کردن رنگدانه آستاگزانتین نشان می‌دهد پارامتر *b (پارامتر رنگ آبی به سمت زرد) در تیمارهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دارای اختلاف معنی-داری با تیمار شاهد می‌باشند و تیمارها در پارامتر *b اختلاف معنی‌داری با هم ندارند (شکل ۳).



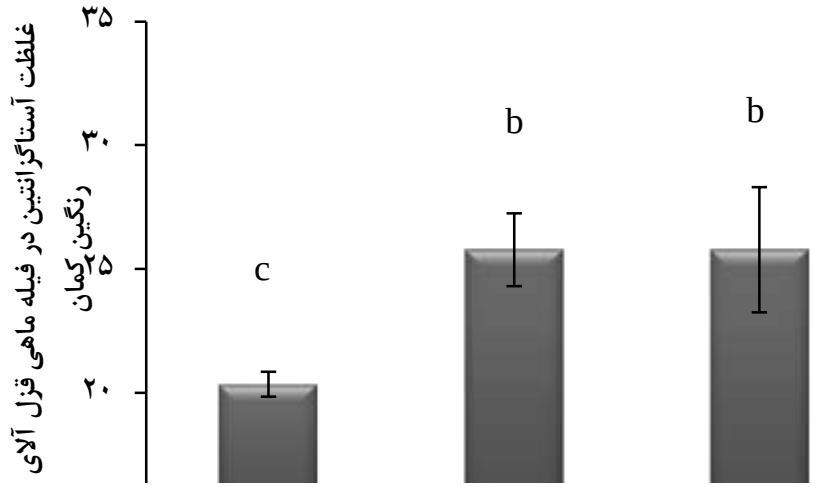

شکل۳: مقایسه میانگین پارامترb (پارامتر رنگ آبی به سمت زرد) در تیمارهای تغذیه شده به جیره‌های آزمایشی در رنگ سنجی سنجش شده با دستگاه کالرمتر (میانگین±انحراف معیار)(حروف غیر یکسان بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون توکی می باشد).

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

## رنگ سنجی حسی

مقایسه میانگین اعداد قرائت شده پنلیستی بر اساس عدد مندرج در خط کش استاندارد Salmofan نشان می‌دهد میزان رنگ‌پذیری در تیمارهای تغذیه شده با غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلا در مقایسه با تیمار شاهد بر اساس میانگین قرائت‌های پنلیستی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد دارند. در بین تیمارها نیز تیمار ۹۰ دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار ۳۰ و ۶۰ می‌باشد (شکل ۴).




شکل ۴: مقایسه میانگین اعداد قرائت‌شده حسی رنگ نارنجی گوشت در تیمارهای تغذیه‌شده با جیره‌های آزمایشی (میانگین±انحراف معیار) (حروف غیر یکسان بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون توکی می‌باشد).

## بحث

نتایج آزمایش انجام شده پس از دو ماه تغذیه ماهیان با جیره‌های مختلف در سه تیمار ۳۰،۶۰ و ۹۰ میلی گرم رنگدانه آستاگزانتین در هر کیلوگرم خوراک تفاوت میان رنگ لاشه ماهیان تانک‌های پرورشی تیمار و شاهد را از نظر مطلوبیت و میزان رنگ قرمز برای مشاهده‌کنندگان را نشان داد.

میزان بقای بسیار بالا، رشد مناسب ماهیان و عدم تأثیر سوء تیمارها بر شاخص‌های عملکرد رشد، در تحقیق حاضر نشان دهنده عدم تأثیر منفی رنگدانه آستاگزانتین در غلظت‌های مطالعه شده بر روی سلامت ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. بررسی نتایج حاصل از تأثیر غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی گرم رنگدانه آستاگزانتین در کیلوگرم خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر درصد بقاء و ضریب تبدیل غذا و بقا حاکی از آن است که میزان بقا و ضریب تبدیل در این تیمارهای آزمایشی اختلافی با تیمار شاهد نداشته است.

نقش مثبت کاراتنوئیدها در متابولیسم حیوانات آبزی شناخته شده است که می‌تواند کارایی بدن در استفاده از مواد مغذی را افزایش دهد و در نتیجه باعث بهبود عملکرد رشد گردد (Amar *et al.*, 2001). بررسی درصد و تأثیر غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی گرم آستاگزانتین در خوراک ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان می‌دهد که غلظت‌های آزمایشی در این مطالعه، تأثیر معنی‌داری در بهبود یا افزایش میزان تلفات ماهیان و ضریب تبدیل غذایی ندارد. در مطالعاتی مشابه،

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

Talebiو همکاران (۲۰۱۳) اثر رنگدانه فلفل دلمه‌ای قرمز را بر شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از تحقیق آنها تاییدکننده اثر مثبت این رنگدانه بر شاخص‌های رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است. Bejrkeng و همکاران (۱۹۹۲) نیز در مطالعه خود اثر کاراتنوئیدها را در رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موثر اعلام کردند. در ماهیان خوراکی رنگ ماهی که معمولاً گویای رنگ فیله ماهی نیز می‌باشد، در بازارپسندی ماهی موثر است (Torrissen, 1989). بکارگیری کاراتنوئیدها به جهت مزایای مختلف آنها در حیوانات خون‌گرم و آبزیان، از جمله تحریک رشد و ایمنی، افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها و استرس‌ها و نیز ایجاد رنگ مناسب کاربرد زیادی یافته‌اند. آستاگزانتین به طور موثری بر رنگ عضلات و پوست ماهی موثر بوده و بیشترین کاربرد آن در آبزی‌پروری به اثر آن بر رنگ ماهی مربوط می‌شود.

بدیهی است که سنجش رنگ‌ها در بافت‌ها با یک طیف خاص مانند نارنجی یا طیف‌های دیگر به صورت سنجش عصاره می‌تواند یک عامل مهم و قطعی در اعلام نتایج اینگونه آزمایش‌ها باشد. بر اساس مولفه‌های L*a*b یا درخشش – سبز تا قرمزی- آبی تا زرد (شاهقلیان و فتح اللهی، ۱۳۹۵) به محقق این امکان را می‌دهد که کیفیت رنگ‌های ایجاد شده را با توجه به آنچه در واقعیت به چشم می‌آیند را به کمیت عددی تبدیل کرده و گزارش نماید.

نتایج رنگ‌سنجی که پس از بیهوشی و برش بین خط پشتی ماهی به درون حفره شکمی در سه نقطه از لاشه انجام گرفت، نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد است. از نظر مولفه L* (روشنایی) تیمارهای آزمایشی ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین نسبت به گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بودند. با توجه به مولفه a* (میزان رنگ قرمز نسبت به سبز) نیز هر سه تیمار آزمایشی دارای اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد بودند. از نظر مولفه b* (میزان رنگ زرد نسبت به آبی) نیز گروه شاهد نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری میانگین کم‌تری داشت. L* که مولفه روشنایی است و محدوده ۰-۱۰۰ دارد، در تیمار ۶۰ کم‌ترین میانگین را داشته است، که دلیل آن افزایش رنگ قرمز بوده که سبب ایجاد کدورت در رنگ شده و مقدار L* به سمت عدد صفر میل کرده است. مولفه a* نیز که بیانگر افزایش رنگ قرمز می‌باشد، در تیمار ۶۰ نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. Choubert (۱۹۸۹) در تحقیق مشابه با تجویز خوراکی آستاگزانتین مولفه روشنایی L* در عضله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش یافته، در صورتی که a* و b* و $C_{ab}$ (شدت وضوح رنگ قابل مشاهده) افزایش نشان دادند که تغییر رنگ ایجاد شده بر اساس این فاکتورها با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد. جمع‌بندی مولفه‌های رنگ‌سنجی در سیستم L*a*b حاکی از آن است که تغذیه ماهیان در تیمارهای ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش رنگ‌پذیری لاشه می‌گردد و مطابق با نتایج حاصل، این رنگ‌پذیری در تیمار ۶۰ و ۹۰ بهتر صورت پذیرفته است. در این رابطه Diler و همکاران (۲۰۰۵) اثر رنگدانه‌های طبیعی و مصنوعی را بر روی پوست و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند. ماهیان در ۷ گره تغذیه شده با رنگدانه‌های طبیعی شامل فلفل قرمز ppm ۳۰، فلفل قرمز ppm ۶۰، میگو ppm ۳۰، میگو ppm ۶۰ و

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

کاراتنوئیدهای مصنوعی آستاگزانتین ppm ۳۰ و ppm ۶۰ و یک گروه شاهد بدون رنگدانه تقسیم و به مدت ۶۰ روز پرورش داده شدند. در پایان آزمایش مشخص شد بیشترین تغییر رنگ مربوط به ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ppm ۶۰ آستاگزانتین و کم‌ترین تغییر رنگ مربوط به ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ppm ۳۰ فلفل قرمز بود. مقایسه میانگین اعداد قرائت شده پنلیستی بر اساس عدد مندرج در خط‌کش استاندارد Salmofun (شرکت BASF) نشان می‌دهد رنگ‌پذیری در تیمارهای تغذیه‌شده با غلظت‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم آستاگزانتین بر کیلوگرم خوراک، در قزل‌آلا در مقایسه با تیمار شاهد بر اساس قرائت‌های پنلیستی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد دارند. در بین تیمارها نیز تیمار ۹۰ دارای اختلاف معنی‌داری با تیمارهای ۳۰ و ۶۰ می‌باشد. علت تفاوت نتایج در قرائت پنلیستی با اعداد و آنالیز داده‌های دستگاه رنگ‌سنج می‌تواند به علت بررسی رنگ کلی و نای تصویر حاصل از ترکیب رنگ‌های زرد، قرمز، آبی، سفید توسط چشم انسان با مقایسه نسبی با رنگ‌های نمونه در Salmofun باشد؛ و نه آنالیز واقعی رنگ؛ اما آنچه مهم است تفاوت ایجادشده توسط رنگدانه آستاگزانتین در رنگ لاشه با چشم غیر مسلح قابل مشاهده است، تفاوت‌های آنالیز با تیمار شاهد به طور معنی‌دار وجود دارد.

ترکیبات رنگدانه‌هایی به طور گسترده در تغذیهٔ آزادماهیان مورداستفاده قرار می‌گیرند. هر چند تحقیقات زیادی در مورد جایگزینی رنگدانه آستاگزانتین با سایر ترکیبات گیاهی و طبیعی در حال انجام است اما هنوز آستاگزانتین مهم‌ترین مادهٔ رنگدانه مایی در جهت تغییر رنگ لاشه آزادماهیان است. کشور ما از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جهان می‌باشد. تمام رنگدانه موردنیاز کشور وارداتی می‌باشد. تاکنون هیچ گونه بررسی علمی در زمینه بهینه‌ترین غلظت مورد استفاده رنگدانه آستاگزانتین به عمل نیامده است. نتایج کلی حاکی از این بود که استفاده از غلظت ۶۰ میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین بهترین دوز مورد استفاده رنگدانه و اقتصادی‌ترین آن می‌باشد. پارامتر a (پارامتر رنگ قرمز) در آن دارای بالاترین میانگین جذب در بین تیمارها را دارد. همچنین استفاده از رنگدانه در جیره‌های آزمایشی می‌تواند به بهبود شاخص رشد روزانه کمک نماید. همچنین این مطالعه نشان می‌دهد غلظت‌های مورد آزمایش تأثیر معنی‌داری در میزان تلفات و ضریب تبدیل غذایی نداشته‌اند.

## سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

## منابع

۱. بازیار، ل.، احمدی، م.، مجازی امیری، ب.، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر آستاگزانتین جیره غذایی بر ذخیره آستاگزانتین تخمک و قابلیت لقاح در مولدین قزل آلای رنگین کمان. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸ (۱)، صفحات ۱۲۳-۱۱۳.

۲. حسنی‌نیا، ع.، وهاب‌زاده رودسری، ح.، صادق‌پور، ع.، ۱۳۹۵. تاثیر رنگدانه لکانتین صورتی بر پوست اسکار سفید (*Astronotus ocellatus*). نشریه

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

توسعه آبزی‌پروری. سال دهم، شماره اول، صفحات ۳۱-۲۳.

۳. ریگی قزاق، ح.، آبرومند، ع.، ضیایی‌نژاد، س.، اکبری، پ.، ۱۳۹۶. اثر آستاگزانتین بر رشد، ترکیب شیمیایی بدن و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus Linnaeus*, 1758). مجله علمی شیلات ایران. شماره ۲۶. صفحات ۱۵تا ۲۶.

۴. شاهقلیان، ط.، فتح‌اللهی، م.، ۱۳۹۵. کاربرد کرم‌های خاکی پرورش یافته با غذاهای گیاهی غنی از رنگ‌دانه طبیعی در جیره غذایی به مظور افزایش رنگ ماهی زینتی پرت. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). جلد ۹، شماره ۳، صفحات ۳۰۷-۳۱۷.

۵. فداکار، آ.، بهمنی، م.، یوسفی جوردهی، آ.، ۱۳۹۶. تعیین سطوح باقی مانده کاروتنوئید آستازانتین در مراحل مختلف رشد و نمو جنینی و لارو و تأثیرآن بر برخی شاخص‌های ایمنی در ماهی استرلیاد پرورشی (*Acipenser ruthenus*). نشریه توسعه آبزی‌پروری. ۱۱(۴)، ۸۹-۷۹.

6. Ahmadi, S., Farhangi, M., Rafii, G.R. Ghaednia, B., 2008. Effect of different levels of astaxsnthin on growth parameters and survival in *Litopenaeus vannamei*. Journal of Marine Sciences and Technology. Vol. 7, No.1-2, pp. 1-12. [In Persian]
7. Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T., 2001. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research. 32 (Suppl. 1), pp. 162 -163.
8. Baron, M., Davies, S., Alexander, L., Snellgrove, D., Sloman, K.A., 2008. The effect of dietary pigments on the coloration and behavior of flame- red dwarf gourami, *Colisa lalia*. Animal Behavior. Vol. 75, No. 3, pp. 1041- 1051.
9. Bilton, H.T., Robins, G.L., 1973. The facts of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton channel sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). Fisheries Research Board of Canada, Vol. 30, No. 1, pp. 1-5.
10. Bjerkeng, B., 1992; Analysis of carotenoids in salmonids. In: Quality assurance in the fish industry (Huss, H.H. Jakobsen, M. Liston, J. eds), Elsevier, Amesterdam, The Netherlands, pp. 417-425.
11. Choubert, G., Storebakken, T., 1989. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various dietary carotenoids concentrations. Aquaculture, Vol. 81, No. 1, pp. 69-77.
12. Christiansen, R., Lie, Q. Torrissen, J., 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar L*. Aquaculture and Fisheries Management, Vol. 25, No. 9, pp. 903-914.
13. Diler, I., Dilek, K., 2002. Significance of Pigmentation and use in Aquaculture. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 2, pp. 97-99.
14. Faghani, T., Soltani, M., Shamsae, M., Matinfar, A., 2013. The effect of dietary natural Astaxanthin (*Haematococcus pluvialis*) on the grothparameters, carcases and liver chemical composition in juvenil beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758). Journal of Marine Biology. Islamic Azad University. Ahvaz Branch, Vol. 5, No. 19, pp. 69-78. [In Persian].
15. GIE, (Commission internatonal de I Eclairage). 1976. Colorimetry, puplication No 15. Bureau central de LaCIE, Vienna, Austria. 14 pp.
16. Guerin, M., Huntley, M.E., olaizola, M., 2003. Haemtococcus astaxanthin;'applications for human health and Biotechnol, Vol. 21, No. 5, pp. 210-216.
17. Kalinowski, C.T., Robaina, L.E., Ferna´ndez-Palacios, H., Schuchardt, D., Izquierdo, M.S., 2005. Effect of different

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]

carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin colour. Aquaculture, Vol. 244, No. 1-4, pp. 223– 231.
18. Kissil, G.W.M., Lupatsch, I., Elizur, A., Zohar, Y., 2001. Long photoperiod delayed and increased somatic growth in Gilthead Sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture, Vol. 200, No. 3-4, pp. 363-379.
19. Kop, A., Durmaz, Y., 2007. The effect of synthetic and natural pigments on the colour of the cichlids (*Cichlosoma severum sp*). Springer Science, Vol. 16, No.2, pp. 117-122.
20. Liu, F., Shi, H., Guo, Q., Yu, Y., Wang, A., VLy, F., Shen, W., 2016. Effects of astaxanthin and emodin on the growth, stress resistance and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Fish and Shellfish Immunology, Vol. 51, pp. 125-135.
21. Page, G., Davies, S., 2006. Tissue astaxanthin and canthaxanthin distribution in rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Comparative Biochemistry and Physiology, Part: A. Molecular & Integative Physiology,Vol. 143, No.1, pp. 125-132.
22. Rango Rao, A., Raghunath Reddy, R.L., Baskaran, V., Sarada, R., Ravishankar, G.A., 2010. Characterization of microalgal carotenoids by mass spectrometry and their bioavailability and antioxidant properties elucidated in rat model. Journal of Agricaltural and Food Chemistry, Vol. 58, No. 15, pp. 8553-8559.
23. Shahidi, F., Meusalach, J., Brown, J.A., 1998. Carotenoid pigments in sea foods and aquaculture. Critical review in food science. Vol. 38, No. 1, pp. 1-67.
24. Shimidzu, N., Goto, M., Miki, W., 1996. Carotenoids as singlet oxygen quen chers in marine organisms. Fisheries Scince, Vol. 62, No. 1, pp. 134-137.
25. Supamattaya, K., kiriratnikom, S., Boonyaratpalin, M., Borowitzka, L., 2005. Effect of Dunaliella extracton growth performance, health conation immune response and disease resistance in black tiger shrimo (*penaeus monodon*). Aquaculture, Vol. 248, No. 1-4, pp. 207-216.
26. Talebi, M., Khara, H., Zoriehzahra, J., Ghobadi, Sh., Khodabandelo, A., Mirrasooli, E., 2013. Study on Effect of Red Bell Pepper on Growth, Pigmentation and Blood Factors of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). World Journal of Zoology, Vol. 8, No. 1, pp. 17-23.
27. Toyomizu, M., Hanaoka, K., Yamaguchi, K., 1981. Effect of release of free fatty acids by enzymatic hydrolysis of phospholipids on lipid oxidation of fish mascle during strage at- 05 °C. Bulletin of the Japanese Society of scientific fisheries, Vol. 47, No. 5, pp. 605-610.
28. Torrissen, O.J., Naevdal, G., 1988. Pigmantation of Salmonids- Variation in flesh carotenoids of Atlantic salmon. Aquacultur, Vol. 68. No. 4, pp. 305-310.
29. Torrisen, O.J., Hardy, R.W., Shearer, K.D., 1989. Pigmentation of salmonids carotenoid deposition and metabolism Aquatic Sciences, Vol. 1, No. 2, pp. 209–225.
30. Torrissen, O. J., Hardy, R. W., Shearer, K. D., Scott, T. M., Stone, F. E., 1996. Effect of Dietray Lipid on Apparent Digestibility Coefficients for Canthaxanthin in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, Vol. 88, pp 351-362.
31. Wang, Y.J., Chien, Y.H., Pan, C.H., 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, *Hyphessobrycon callistus*. Aquaculture, Vol. 261, pp. 641 -648.

[ Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-06-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.2.8.1 ]