



University of Guilan

University of Guilan with collaboration of Iranian
Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 3, 2021, pages: 27-37



Interaction of light and diets containing carotenoids on growth rate and coloration of green swordtail, *Xiphophorus helleri* Heckel 1848

Babak Tizkar^{1*}, Afshar Zoughi Shalmani¹, Mohsen Abedi², Mohammad Rahanandeh¹

1- Aquatics and Fisheries Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Guilan, Iran.

2- Institute of Agricultural Education and Extension, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received 08 May 2021

Revised 15 September 2021

Accepted 22 September 2021

KEYWORDS

Swordtail

(*Xiphophorus helleri*)

Astaxanthin

β -carotene

Light

Growth

Coloration

ABSTRACT

This study was performed to investigate the interaction effects of astaxanthin and beta-carotene pigments in white and red lights on growth performance and coloration of swordtail, *Xiphophorus helleri*. A total of 180 swordtail with an average weight of 1.4 ± 0.1 g with three diets containing 150 mg/kg astaxanthin, 150 mg/kg beta-carotene and a diet without additive pigment and treatments in contrast to white and red lights with light intensity of 1200 lux was fed in 6 treatments and 3 replications for 8 weeks. Finally, growth indices including body weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio and survival rate were determined. In order to determine the number of changes in color intensity and sharpness, Hue and Chroma coefficients were determined after shooting and analyzing the obtained colors using coefficients a and b with Photoshop software in the fourth and eighth weeks. The results revealed that there was no interaction between diets and ambient light, but fish raised in white light were superior in terms of all growth and survival indices ($p < 0.05$). These results also exhibited that the effects of color sharpness (Hue) and red color index (Chroma) were greater in diets containing pigments exposed to white light.

*Corresponding author: btizkar@yahoo.com



"مقاله پژوهشی"

اثر متقابل نور و جیره‌های حاوی کاروتنوئید بر میزان رشد و رنگ‌پذیری ماهی دم شمشیری (*Xiphophorus helleri*)

بابک تیزکار^{۱*}، افشار ذوقی شلمانی^۱، محسن عابدی^۲، محمد رهاننده^۱

۱- بخش شیلات، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران

۲- مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

کلمات کلیدی

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثرات متقابل رنگ‌دانه‌های آستازانتین و بتاکاروتن در نورهای سفید و قرمز بر عملکرد رشد و رنگ‌پذیری ماهی دم شمشیری انجام شد. تعداد ۱۸۰ ماهی دم شمشیری با میانگین وزن $0.1 \pm 1/4$ گرم به مدت ۸ هفته با سه جیره حاوی 150 mg/kg آستازانتین، 150 mg/kg بتاکاروتن و جیره فاقد رنگ‌دانه افزودنی و در تقابل با دو نور سفید و قرمز با شدت نور 1200 lux در ۶ تیمار و ۳ تکرار تغذیه شدند. در پایان، شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نرخ ماندگاری تعیین شد. به‌منظور تعیین میزان تغییرات شدت و وضوح رنگ، ضرایب Hue و Chroma پس از عکس‌برداری و سنجش رنگ‌های به‌دست‌آمده به کمک ضرایب a و b با نرم‌افزار فتوشاپ در هفته چهارم و هشتم، تعیین شدند. نتایج، نشان‌دهنده عدم وجود اثر متقابل بین جیره‌های مصرفی و نور محیط بود، ولی ماهیانی که در نور سفید پرورش‌یافته بودند به لحاظ کلیه شاخص‌های رشد و بقا وضعیت برتری داشتند ($p < 0.05$). همچنین، این نتایج نشان داد که اثر شدت وضوح رنگ (Hue) و شاخص ایجاد رنگ قرمز (Chroma) در جیره‌های حاوی رنگ‌دانه‌ای که در معرض نور سفید بودند، بیشتر شد.

مقدمه

تولید و فروش آبزیان زینتی یکی از مشاغل پردرآمد در حوزه آبرزی‌پروری محسوب می‌شود (FAO, 2014). رنگ بدن ماهیان زینتی یکی از اصلی‌ترین شاخص‌های قیمت در این ماهیان است (Erdogan et al. 2012; Li et al. 2014). رنگ‌دانه‌ها عامل اصلی ایجاد و شدت رنگ در ماهیان و بسیاری از موجودات زنده محسوب می‌شوند (Tizkar et al. 2015). کارتنوئیدها به عنوان عمده رنگ‌دانه تأثیرگذار بر رنگ بدن ماهیان، مسئول ایجاد رنگ‌های نارنجی و قرمز پوست و گوشت ماهیان هستند (Rochmawaty, 2010). این رنگ‌دانه‌ها به علت پایه گیاهی‌شان حتماً باید در جیره غذایی موجودات زنده قرار گیرند تا عملکرد مخصوص و متنوع‌شان شکل گیرد (Tizkar et al. 2015). رنگ بدن ماهیان تابع عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، تغذیه، قرار گرفتن در شرایط تولیدمثلی و نور محیط است (Pham et al. 2014). وجود یا عدم وجود رنگ‌دانه‌های مؤثر در هر گونه، به‌شدت در رنگ‌پذیری ماهیان زینتی تأثیرگذار است (Sornsupharph et al. 2015); لذا بسیاری از پرورش‌دهندگان ماهیان زینتی ترجیح می‌دهند در چند هفته آخر پرورش، جیره‌های حاوی رنگ‌دانه‌های مصنوعی و یا گیاهی را در جیره ماهیان قرار دهند (Sales and Janssens, 2003). رنگ‌دانه‌های آستازانتین و بتاکاروتن از رنگ‌دانه‌هایی با ساختار شیمیایی متفاوت هستند و اثرگذاری‌شان بر گونه‌های مختلف تفاوت دارد (Bachtiar, 2002).

اثر رنگ‌دانه‌ها بر مراحل رشد ماهیان، مختلف است. در بعضی از گزارش‌های تحقیقاتی این مواد باعث افزایش رشد ماهیانی مثل ماهی آزاد (*Salmo salar*) (Torrissen et al. 1995) و اسکار ببری (*Astronotus ocellatus*) (Hamrang Omshi et al. 2019) شده و در بعضی از ماهیان مثل گلد فیش (*Carassius auratus*)، کارتنوئیدها اثر معنی‌داری بر رشد ماهی نداشته‌اند (Tizkar et al. 2015).

تحقیقات گذشته نشان داده است که نور با طیف‌های مشخص ممکن است اثرات مثبتی بر روی رشد (Biswas et al. 2005; Luchiari and Freire, 2009)، تغذیه

(Luchiari and Pirhonen, 2008)، تولیدمثل (Leonardi, Volpato and Duarte, 2004)، استرس (and Klempau, 2003; Karakatsouli et al. 2007; Yunisari et al. 2008) و بقا (Karakatsouli et al. 2008) داشته باشد. با توجه به این‌که رشد نشان‌دهنده ایجاد تعادل بین انرژی دریافت شده و انرژی مورد نیاز بدن است (Volpato et al. 2004; Villamizar et al. 2011)، در این تحقیق فرض شده است که نور ممکن است با طیف‌های مختلف، اثرات متفاوتی بر رشد و متعاقب آن بر رنگ ماهی داشته باشد. Lisney و همکاران (۲۰۱۰)، میزان تغذیه و رشد ماهی تیلایپایی نیل (*Oreochromis niloticus*) را در نورهای سفید، آبی، زرد، قرمز و سبز بررسی کردند و به نتایج مثبتی رسیدند. هدف از این تحقیق، تعیین میزان اثرگذاری جیره‌های مختلف حاوی رنگ‌دانه در شرایط نوری متفاوت است.

مواد و روش‌ها

از رنگ‌دانه‌های شیمیایی آستازانتین قرمز (شرکت BASF آلمان) با فرمول شیمیایی Astaxanthin.3,3-dihydroxy- β -caroten-4-4-dione و بتاکاروتن (4-dioxo- β -caroten) برای ایجاد رنگ در ماهی دم شمشیری استفاده شد (شرکت Basf سوئیس). همچنین، برای ایجاد نورهای سفید و قرمز از لامپ‌های نوری سفید و قرمز با شدت نور ۱۲۰۰ lux استفاده شد.

برای بررسی اثر متقابل نور و رنگ‌دانه موجود در غذا از تعداد ۱۸ عدد آکواریوم با ابعاد ۳۰ × ۳۰ × ۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. تعداد ۲۲۰ قطعه بچه‌ماهی دم شمشیری با میانگین وزنی ۰/۱ ± ۱/۲ گرم از کارگاه پرورش ماهی کاسپی در استان گیلان تهیه و تا زمان شروع آزمایش در حوضچه فایبرگلاس در داخل آزمایشگاه نگهداری و با غذای شاهد به مدت دو هفته تغذیه شدند. در زمان شروع آزمایش، وزن متوسط بچه ماهیان به ۰/۲ ± ۱/۴ گرم رسید. برای به حداقل رساندن خطای ناشی از ژنتیک ماهیان، تمام بچه‌ماهیان مورد آزمایش از ۶ جفت مولد نر و ماده تهیه شد. در پایان دو هفته ابتدایی تعداد ۱۸۰ قطعه بچه ماهی انتخاب و به آکواریوم‌های از قبل آماده شده منتقل شدند. تعداد ۶ لامپ سفید و ۶ لامپ

اندازه‌گیری شدت رنگ ماهیان در پایان هفته چهارم و هشتم پس از بیهوشی ماهیان در پودر گل میخک با غلظت mg/L ۵۰ با عکس‌برداری دقیق به کمک دوربین ۳۲ مگاپیکسل از فاصله ۴۰ سانتی‌متری و در یک محیط یکنواخت نوری و با سرعت شاتل و دیافراگم ثابت انجام شد. برای عکس‌برداری از هر آکواریوم تعداد ۵ قطعه ماهی انتخاب که پس از بیهوشی و عکس‌برداری از دو ناحیه بالای سر و زیر باله پشتی مجدداً به آکواریوم‌های مربوطه برگشت داده شدند. ضرایب a^* ، b^* توسط دستگاه رنگ‌سنج Chroma meter CR-200، Minolta, Osaka, Japon تعیین شد که b^* بیان‌گر شدت و ضعف رنگ زرد و a^* بیان‌گر شدت و ضعف رنگ قرمز بود (Promya and Chitmant, 2011).

برای تعیین شاخص‌های رنگی از ضرایب Hue (H_{ab}) و Chroma (C_{ab}) استفاده شد. ضریب Hue نشان‌دهنده درجه‌ای از ایجاد رنگ‌های قرمز، آبی و زرد بوده که اعداد آن بین صفر درجه (شدت رنگ قرمز) ۹۰ درجه، رنگ زرد، ۱۸۰ درجه، رنگ سبز و ۲۷۰ درجه، رنگ آبی را نشان می‌دهد و ضریب Chroma نشان‌دهنده شدت وضوح رنگ به دست آمده است (Promya and Chitmant, 2011).

$$H_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$$

$$C_{ab} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

برای تعیین میزان عملکرد رشد ماهیان در تیمارهای مختلف، در ابتدا و انتهای دوره آزمایش میانگین وزن انفرادی نمونه‌های هر تیمار اندازه‌گیری (۰/۰۱ گرم) و ثبت شد و شاخص‌های افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و نرخ ماندگاری بر اساس روابط زیر محاسبه شد:

افزایش وزن بدن (گرم) = وزن اولیه بدن (گرم) - وزن نهایی بدن (گرم) (Hung et al. 1989)

نرخ رشد ویژه (درصد/روز) = $100 \times$ (تعداد روزهای پرورش) / لگاریتم طبیعی وزن اولیه (گرم) - لگاریتم طبیعی وزن نهایی (گرم) (Tacon, 1990)

ضریب تبدیل غذایی (درصد) = $100 \times$ (میانگین زی توده اولیه (گرم) - میانگین زی توده نهایی (گرم)) / مقدار غذای خورده شده (Ronyai et al. 1990)

نرخ ماندگاری = $100 \times$ (تعداد اولیه / تعداد نهایی) (Mazurkiewicz et al. 2008)

محلول (mg/L)، pH، نیتريت (mg/L) و آمونیاک غیر یونیزه (mg/L) به ترتیب برابر ۷/۲، ۷/۹، ۰/۰۲ و ۰/۰۸ بود.

قرمز (lux ۱۲۰۰) برای تولید نور در فاصله ۴۰ سانتی‌متری در بالای آکواریوم‌ها قرار داده شد (Biswas et al. 2005). برای عدم تداخل نورهای تابیده شده به هر آکواریوم از حفاظ‌های پلاستیکی تیره بر روی هر آکواریوم استفاده شد. برای تغذیه ماهیان از دو جیره حاوی رنگ‌دانه‌های آستازانتین به میزان ۱۵۰ mg/kg جیره (A150) و بتاکاروتن به میزان ۱۵۰ mg/kg جیره (B150) و یک جیره بدون افزودنی استفاده شد. غذای پایه استفاده شده جیره غذایی SFT₀ قزل‌آلا از شرکت فرادانه بود. رنگ‌دانه‌های مورد استفاده پس از توزین و حل شدن در آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد بر روی غذاهای هر تیمار افشانه شد و پس از خشک‌شدن در آن با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، در ظروف تیره در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جیره پایه شامل ۵۴٪ پروتئین، ۱۸٪ چربی، ۱۰٪ سلولز، ۱۰٪ خاکستر و ۱/۶٪ فسفر کل بود. مقدار غذای روزانه بر حسب ۴٪ وزن زی توده هر آکواریوم و دو وعده در شبانه‌روز به مدت ۸ هفته به ماهیان خوراندن شد (Tacon, 1990). ماهیان در ۶ تیمار و ۳ تکرار مختلف به صورت تصادفی به شرح زیر قرار گرفتند:

تیمار یک: آستازانتین × نور سفید

تیمار دو: بتاکاروتن × نور سفید

تیمار سه: شاهد × نور سفید

تیمار چهار: آستازانتین × نور قرمز

تیمار پنج: بتاکاروتن × نور قرمز

تیمار شش: شاهد × نور قرمز

در طی دوره آزمایش شرایط هوادهی آکواریوم‌ها ثابت بود. مقدار روشنایی و تاریکی بر اساس ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. میانگین غلظت اکسیژن

سنجش آماری

این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون آنالیز واریانس دوطرفه سنجش شد. سنجش داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و برای تعیین یکنواختی واریانس‌ها از آزمون لون استفاده شد. برای مقایسه داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. داده‌ها به صورت میانگین و انحراف معیار گزارش شد.

نتایج

در پایان هفته هشتم ماهیانی که در معرض تابش نور سفید قرار گرفته بودند، افزایش وزن بیشتری را نشان دادند ($p < 0.05$). در طی این آزمایش اثر متقابلی بین جیره‌های

استفاده شده و نور تابیده شده برای رشد ماهیان دیده شد ($p > 0.05$). میانگین افزایش وزن ماهیان در تیمار نور سفید 0.11 ± 2.78 گرم و در نور قرمز 0.26 ± 1.93 گرم بود (جدول ۱). به همین نسبت، نرخ رشد ویژه ماهیان در نور سفید نسبت به قرمز بیشتر بود ($p < 0.05$; جدول ۱). نتایج اثر متقابلی بین جیره‌های مصرف‌شده و نورهای تابیده‌شده برای نرخ رشد ویژه نشان نداد ($p > 0.05$). نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ضریب تبدیل غذایی ماهیان در نور سفید (0.23 ± 3.16) و قرمز (0.16 ± 5.27) وجود دارد ($p < 0.05$). اثر جیره‌ها و نور تابیده‌شده در طی آزمایش برای ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار نبود ($p > 0.05$). میانگین نرخ بازماندگی ماهیان در ماهیانی که در معرض نور سفید قرار داشتند، در مقایسه با نور قرمز بیشتر بود ($p < 0.05$; جدول ۱).

جدول ۱ مقایسه عملکرد رشد در تیمارهای مختلف.

نور	جیره غذایی	وزن اولیه (g)	وزن نهایی (g)	افزایش وزن (g)	نرخ رشد ویژه (%/روز)	ضریب تبدیل غذایی	نرخ بازماندگی (%)
	آستازانتین	1.4 ± 0.3	4.04 ± 0.07	2.59 ± 0.07	1.84 ± 0.02	3.18 ± 0.10	96.67 ± 5.77
	بتاکاروتن	1.4 ± 0.1	4.34 ± 0.19	2.90 ± 0.19	1.97 ± 0.08	3.46 ± 0.22	93.33 ± 5.77
سفید	شاهد	1.4 ± 0.3	4.42 ± 0.07	2.84 ± 0.07	1.95 ± 0.04	3.52 ± 0.09	96.67 ± 5.77
	میانگین	1.4 ± 0.1	4.22 ± 0.11	2.78 ± 0.1^a	1.92 ± 0.05^a	3.61 ± 0.13^b	95.56 ± 5.70^a
	آستازانتین	1.4 ± 0.1	3.59 ± 0.37	2.15 ± 0.37	1.62 ± 0.19	4.74 ± 0.18	90 ± 0.1
	بتاکاروتن	1.4 ± 0.1	3.26 ± 0.01	1.82 ± 0.02	1.45 ± 0.01	5.50 ± 0.05	83.33 ± 5.77
قرمز	شاهد	1.4 ± 0.1	3.25 ± 0.1	1.8 ± 0.1	1.4 ± 0.08	5.6 ± 0.4	90 ± 1
	میانگین	1.4 ± 0.1	3.37 ± 0.17	1.9 ± 0.17^b	1.50 ± 0.09^b	5.27 ± 0.42^a	87.78 ± 5.26^b

*حروف غیر همسان نشانه وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها در سطح ۵٪ است.

چهارم نتایج بیان‌گر آن بود که جیره‌های آستازانتین-نور سفید نسبت به دیگر تیمارها از شدت رنگ قرمز بیشتری برخوردار شده‌اند ($p < 0.05$). لذا در هفته چهارم اثر متقابلی بین نوع جیره و طیف نور تابیده‌شده برای شدت وضوح نور قرمز دیده شد (جدول ۲). این نتایج نشان داد که در هفته چهارم تمامی تیمارهای دارای رنگ‌دانه نسبت به تیمارهای شاهد رنگ قرمز را بیشتر به نمایش در آوردند (جدول ۲).

میانگین مقدار Hue و Chroma در شروع آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$) که این مسئله نشان‌دهنده یکسان بودن میزان رنگ قرمز و شدت وضوح آن در شروع آزمایش بود (جدول ۲). در نمونه‌برداری هفته چهارم مقدار Hue در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($p > 0.05$) و برای این ضریب، اثر متقابلی بین جیره‌های مورد استفاده در شرایط نوری متفاوت دیده نشد ($p > 0.05$). ولی با توجه به تغییرات دیده‌شده در میزان Chroma در هفته

به نحوی که اثر شدت رنگ قرمز ایجاد شده و شدت آن در تیمار آستانانتین-نور سفید به طور معنی داری بیشتر از دیگر تیمارها بود ($p < 0.05$; جدول ۲). نتایج بررسی شاخص ایجاد رنگ قرمز در پایان آزمایش نشان داد که تیمار شاهد-نور سفید به نسبت شاهد-نور قرمز از رنگ قرمز بیشتری برخوردار شده بود ($p < 0.05$; جدول ۲).

در پایان هفته ۸ (پایان آزمایش)، میزان Hue و Chroma در تیمارهای آستانانتین-نور سفید، در مقایسه با دیگر تیمارها به ترتیب در کمینه و بیشینه مقدار خود قرار گرفته و نسبت به تیمارهای دیگر اختلاف معنی دار نشان دادند ($p < 0.05$; جدول ۲). این نتایج بیانگر آن بود که اثر متقابل معنی داری بین اثر جیره و نور تابیده شده برای شدت ایجاد رنگ قرمز (Chroma) و شاخص رنگ ایجاد شده دیده می شود؛

جدول ۲ میانگین میزان Hue و Chroma در طی مراحل آزمایش.

نور	جیره	شروع آزمایش		هفته چهارم		هفته هشتم	
		Chroma	Hue	Chroma	Hue	Chroma	Hue
سفید	آستانانتین	۱۶/۷۶ ± ۰/۰۹	۱/۳ ± ۰/۰۳	۱۹/۱۴ ± ۰/۰۷ ^c	۰/۹۸ ± ۰/۰۹ ^a	۲۲/۹۰ ± ۰/۷۳ ^d	۰/۹۸ ± ۰/۰۹ ^a
	بتاکاروتن	۱۶/۴۱ ± ۰/۵۲	۱/۳ ± ۰/۰۴	۱۷/۷۶ ± ۰/۱۸ ^b	۱/۲۳ ± ۰/۰۳ ^a	۱۹/۶۴ ± ۰/۹۸ ^{bc}	۱/۲۳ ± ۰/۰۳ ^a
	شاهد	۱۶/۳۳ ± ۰/۳۴	۱/۳ ± ۰/۰۳	۱۶/۸۱ ± ۰/۰۵ ^a	۱/۲۹ ± ۰/۰۲ ^b	۱۶/۵۷ ± ۰/۴۱ ^a	۱/۲۹ ± ۰/۰۲ ^b
قرمز	آستانانتین	۱۶/۵۵ ± ۰/۴۲	۱/۳ ± ۰/۰۲	۱۵/۴۴ ± ۰/۵۳ ^d	۱/۲۶ ± ۰/۰۲ ^a	۲۰/۵۴ ± ۰/۴۴ ^c	۱/۲۶ ± ۰/۰۲ ^a
	بتاکاروتن	۱۶/۰۸ ± ۰/۲۵	۱/۳ ± ۰/۰۳	۱۶/۸۳ ± ۰/۱۳ ^c	۱/۲۹ ± ۰/۰۲ ^a	۱۹/۲۳ ± ۰/۵۳ ^c	۱/۲۹ ± ۰/۰۲ ^a
	شاهد	۱۶/۱۵ ± ۰/۴۳	۱/۳ ± ۰/۰۲	۱۵/۹۵ ± ۰/۵۷ ^d	۱/۲۷ ± ۰/۰۵ ^a	۱۸/۱۸ ± ۰/۴۷ ^b	۱/۲۷ ± ۰/۰۵ ^a

*حروف غیر همسان نشانه وجود اختلاف معنی دار در تیمارها در سطح ۵٪ است.

قرمز نسبت به تیمارهای شاهد و بتاکاروتن-نور قرمز بیشتر بود ($p < 0.05$; جدول ۳). بیشترین میزان افزایش ایجاد رنگ قرمز (Chroma) نیز در تیمار آستانانتین-نور سفید دیده شد ($p < 0.05$; جدول ۳).

بیشترین درصد کاهش میزان Hue در پایان دوره آزمایش در تیمار آستانانتین-نور سفید دیده شد ($25/93 \pm 7/51$ درصد) که این میزان، اختلاف معنی داری نسبت به دیگر تیمارها داشت ($p < 0.05$; جدول ۳). میزان کاهش Hue در این مرحله در تیمارهای بتاکاروتن-نور سفید و آستانانتین-نور

جدول ۳ درصد کاهش و افزایش ضرایب Hue و Chroma در پایان دوره آزمایش.

نور	جیره	Hue (%)	Chroma (%)
سفید	آستانانتین	-۲۵/۹۳ ± ۷/۵۱ ^c	+۳۶/۶۶ ± ۳/۶۵ ^c
	بتاکاروتن	-۵/۸۷ ± ۲ ^b	+۱۹/۶۱ ± ۳/۱۹ ^b
	شاهد	-۰/۷۸ ± ۱/۷ ^a	+۱/۴۳ ± ۱/۸۲ ^a
قرمز	آستانانتین	-۳/۰۵ ± ۰/۵۶ ^c	+۲۴/۱۳ ± ۴/۴ ^d
	بتاکاروتن	-۰/۶۴ ± ۰/۴۵ ^c	+۱۹/۵۹ ± ۱/۴ ^b
	شاهد	-۱/۸۰ ± ۴/۸۴ ^b	-۵/۹۵ ± ۴/۱۷ ^b

*حروف غیر همسان نشانه وجود اختلاف معنی دار در تیمارها در سطح ۵٪ است.

بحث

ولی اختلاف معنی‌دار نداشته است. همچنین، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهایی که نور سفید داشتند، کمتر از نور قرمز بود. به عبارت دیگر، میزان عملکرد در نور سفید به مراتب بهتر از نور قرمز بود. این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط Naor و همکاران (۲۰۰۳) بر روی ماهی سیم دریایی مطابقت دارد. آنها دریافتند که نور قرمز نسبت به نور سفید و آبی به علت ایجاد وضعیت استرس‌زایی بالا برای ماهیان، باعث افزایش ضریب تبدیل غذایی می‌شوند. البته گونه‌های مختلف ماهیان نسبت به نورهای متفاوت، رشد یکسانی نشان نمی‌دهند و این امر با توجه به زیستگاه طبیعی‌شان متفاوت است (Naor et al. 2003; Nafiska and Sofronios, 2008).

ماهیانی که در این تحقیق در معرض نور سفید قرار داشتند، از درصد بقای بالاتری نسبت به تیمارهای نور قرمز برخوردار بودند. Head و Malison (۲۰۰۰) نیز چنین نتیجه‌ای را با تعیین میزان عملکرد رشد و بقای سوف زرد (*Perca flavescens*) تحت تأثیر نورهای مختلف تأیید کردند.

یکی از اصلی‌ترین اهداف این تحقیق، تعیین میزان اثربخشی جیره‌های حاوی رنگ‌دانه‌های مختلف در حضور نورهای سفید و قرمز بر روی میزان ایجاد رنگ و شدت وضوح آن در ماهی دم شمشیری بود. رنگ‌دانه‌ها وظیفه اصلی بروز رنگ‌های مختلف و ایجاد شدت رنگ را در بسیاری از جانوران از جمله ماهیان دارند (Chatzifotis et al. 2004). رنگ‌دانه‌های کاروتنوئیدی آستازانتین و بتاکاروتن نقش مهمی در ایجاد رنگ‌های طیف نارنجی تا قرمز در ماهیان دارند و اثر آنها در گونه‌های مختلف ماهی متفاوت است (Pham et al. 2014). بعضی از محققان اثرگذاری رنگ‌دانه‌های کاروتنوئیدی را بر پوست و عضله ماهیان گزارش کردند (Sornsupharph et al. 2015).

میانگین مقدار شاخص شدت وضوح رنگ (Hue) و شاخص ایجاد رنگ قرمز (Chroma) در شروع آزمایش در ماهیان یکسان بود. در هفته چهارم، آثار تغییر رنگ ماهیان نسبت به زمان شروع آزمایش مشاهده شد. نتایج به دست آمده، وجود اثر متقابل بین جیره‌های حاوی رنگ‌دانه و نورهای تابیده شده به محل پرورش را نشان دادند. همچنین، این نتایج نشان داد که اثر ایجاد رنگ قرمز (Chroma) در تیمار آستازانتین-نور

مواد کاروتنوئیدی نقش مهمی در فعالیت‌های سوخت و سازی بدن دارند (Tacon, 1981). این مواد می‌توانند با افزایش مواد مغذی بدن در بعضی از گونه‌ها باعث افزایش رشد شوند (Amar et al. 2001). در تحقیق حاضر، مواد کاروتنوئیدی نتوانستند نسبت به گروه شاهد باعث افزایش رشد شوند. این نتایج با تحقیق انجام شده روی بچه‌ماهیان پورگی قرمز (*Pagrus pagrus*) تغذیه شده با منابع آستازانتین به مدت ۷۵ روز (Chebbaki, 2001) مطابقت داشت. این امر توسط Gomes و همکاران (۲۰۰۲) نیز تأیید شد. آن‌ها گزارش کردند که تغذیه ۹ هفته‌ای ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) با منابع کاروتنوئیدی، تأثیر معنی‌داری در رشد آن‌ها نداشته است. با وجود این، Hamrang Omshi و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر لوکانتین قرمز، زرد و آستازانتین بر افزایش رشد اسکار ببری (*Astronotus ocellatus*) انگشت قدی را گزارش کردند. همچنین، مطالعاتی که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) توسط Nickell و Bomage (۱۹۹۸) انجام شد، نشان داد که جیره‌های حاوی آستازانتین بر رشد بچه ماهیان ۶/۵ تا ۴۰۰ گرم مؤثر بوده است. این امر نشان می‌دهد که جیره‌های حاوی آستازانتین در یک دوره طولانی‌تر می‌توانند اثرگذاری بیشتری روی رشد داشته باشند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر متقابلی بین جیره‌های حاوی رنگ‌دانه و نور تابیده شده بر مخازن وجود ندارد، ولی اثر نور بر میزان رشد ماهیان کاملاً واضح بود، به نحوی که میزان افزایش وزن و ضریب رشد ویژه ماهیانی که در معرض نور سفید بودند، نسبت به نور قرمز بیشتر بود. Ruchin و همکاران (۲۰۰۵) نیز چنین نتیجه‌ای را روی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تأیید کردند و به این نتیجه رسیدند که نور قرمز نسبت به نور آبی و سفید عملکرد کمتری در رشد ماهیان داشته است. همچنین، Nafsika و Sofronios (۲۰۰۸) با تحقیقاتی که روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام دادند، گزارش کردند که درازا و وزن ماهیان در محیطی با نور سفید نسبت به نور قرمز بیشتر بوده است. البته فرزتان فر (۱۳۸۸) گزارش کرد که نور قرمز بر عملکرد رشد نوزاد ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) نسبت به نور سفید بیشتر بوده،

عملکرد جیره‌های رنگ‌دانه دار حاوی آستازانتین نسبت به جیره‌های حاوی بتاکاروتن و لوکانتین قرمز بهتر است. به‌علاوه، Kalinowski و همکاران (۲۰۰۵) نیز نتایج مشابهی را برای عملکرد مؤثر جیره‌های حاوی رنگ‌دانه آستازانتین روی میزان Chroma و Hue روی ماهی پورگی قرمز به دست آوردند.

در پایان آزمایش، بیشترین میزان (درصد) کاهش Hue و افزایش Chroma در بین تیمارهای مختلف را تیمار آستازانتین در نور سفید داشت و تیمارهای بتاکاروتن در نور سفید و قرمز و آستازانتین در نور قرمز عملکرد یکسانی نسبت به هم داشتند.

در خاتمه، این تحقیق نشان داد که نور سفید به نسبت نور قرمز بر عملکرد رشد ماهیان دم شمشیری تأثیر بیشتری داشته و در این نور، عملکرد جیره‌های دارای رنگ‌دانه برای تولید رنگ قرمز در این ماهی مؤثرتر است.

تشکر و قدردانی

در خاتمه لازم است از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان و همکاران و کارشناسان آزمایشگاه‌های مربوطه تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

فرزان‌فر، ع. ۱۳۸۸. مقایسه شدت و دوره نوری رنگ نور قرمز بر عملکرد رشد لارو ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مرکز تحقیقات ماهیان سردابی کشور، چکیده مقالات همایش ملی ماهیان سردابی تنکابن، ۲۲ تا ۲۴ اردیبهشت.

سفید نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بوده و عملکرد این جیره در نور سفید اختلاف معنی‌داری با جیره آستازانتین در نور قرمز از خود نشان داد. ضمناً، این جیره در نور سفید نسبت به نور قرمز بیشتر توانست رنگ قرمز را در ماهیان ایجاد کند. این نتایج همچنین بیان‌گر آن بود که نسبت ایجاد رنگ قرمز در تیمار بتاکاروتن در نور سفید از تمامی جیره‌هایی که در نور قرمز قرار داشتند، بیشتر بود.

Kalinowski و همکاران (۲۰۰۵) چنین نتیجه‌ای را روی ماهی پورگی قرمز گزارش کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که جیره‌های حاوی آستازانتین در مقایسه با جیره‌های حاوی بتاکاروتن اثرگذاری بیشتری بر ایجاد رنگ ماهیان دارند. در هفته چهارم، میزان شاخص شدت وضوح رنگ (Hue) در تیمارهای مختلف یکسان بود و این مسئله نشان داد که اگرچه تیمارهای حاوی رنگ‌دانه، رنگ قرمز (Chroma) بیشتری نسبت به شاهد ایجاد کرده‌اند، ولی شدت وضوح رنگ در این زمان تغییری نکرده و در همه تیمارها یکسان است. در پایان آزمایش، نتایج بیانگر وجود اثر متقابل معنی‌داری بین نوع جیره و نور تابیده‌شده برای ایجاد رنگ قرمز (Chroma) و شدت وضوح رنگ (Hue) بود. نتایج نشان داد که ایجاد رنگ قرمز (Chroma) در تیمار آستازانتین و نور سفید نسبت به دیگر تیمارها بیشتر بود و هم‌زمان، کمترین مقدار Hue نیز در این تیمار مشاهده شد که این امر نیز بیانگر شدت بیشتر رنگ قرمز در تیمار بالا بود. هم‌زمان با این تیمار، عملکرد ایجاد رنگ قرمز در جیره‌های آستازانتین در نور قرمز و بتاکاروتن در نور سفید نیز در یک سطح بود و این نتیجه نشان داد که عملکرد جیره‌های حاوی رنگ‌دانه در نور سفید بهتر از نور قرمز است. این نتایج با تحقیقاتی که Lili و همکاران (۲۰۲۰) روی ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*) انجام داده بودند، مطابقت داشت. آن‌ها نیز پی بردند که

Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., Watanabe, T. 2001. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defense mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 32: 162-173.
Bachtiar, Y. 2002. Brightens the color of koi. *Agromedia Pustaka*. Jakarta, p. 78.

Biswas, A.K., Seoka, M., Inoue, Y., Takii, K., Kumai, H. 2005. Photoperiod influences the growth, food intake, feed efficiency and digestibility of red sea bream (*Pagrus major*). *Aquaculture* 250: 666-673.
Chatzifotis, S., Pavlidis, M., Donate Jimeno, C., Vardanis, P., Divanach, P. 2004. The effect of carotenoid sources on skin

- coloration of red Porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture Europe Conference, Biotechnology for Quality, Barcelona, Spain, 142-167.
- Chebbaki, K. 2001. Efecto de la nutricionsobre la coloracion de lapiel y la calidad del filete en bocinegro, *Pagrus pagrus*. Master Thesis. II International Master in Aquaculture, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Spain, 93 p.
- Torrissen, O.J., Christiansen, R., Struksnæs, G., Esterman, R. 1995. Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), in relation to dietary astaxanthin concentration and period. *Aquaculture Nutrition* 1: 77-84.
- Erdogan, F., Erdogan, M., Gumus, E. 2012. Effect of dietary protein and lipid levels on growth performances of two African Cichlids (*Pseudotropheus socolofi*) and (*Haplochromis ahli*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 453-458.
- FAO. 2014. Food and Agricultural Organization of United Nations (FAO), Rome, Updated 27 May.
- Gomes, E., Dias, J., Silva, P., Valente, L., Empis, J., Gouveia, J.B., Young, A. 2002. Utilization of natural and synthetic sources of carotenoids in the skin pigmentation of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *European Food Research and Technology* 214: 287-293.
- Hamrang Omshi, A., Bahri, A., Khara, H., Mohammadzadeh, F. 2019. The effects of lucantin red, yellow and astaxanthin on growth, hematological, immunological parameters and coloration in the Tiger Oscar (*Astronotus ocellatus* Agassiz, 1831). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 18: 798-811.
- Head, A.D., Malison, J.A. 2000. Effects of lighting spectrum and disturbance level on the growth and stress responses of yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 73-80.
- Lisney, T.J., Studd, E., Hawryshyn, C.W. 2010. Electrophysiological assessment of spectral sensitivity in adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: evidence for violet sensitivity. *Journal of Experimental Biology*. 213:1453-1463.
- Kalinowski, C.T., Robaina, L.E., Fernández-Palacios, H., Schuchardt, D., Izquierdo, M.S. 2005. Effect of different carotenoid sources and their dietary levels on red porgy (*Pagrus pagrus*) growth and skin color. *Aquaculture* 244: 223-231.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Manolios, G. 2007. Combined effects of rearing density and tank colour on the growth and welfare of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. in a recirculating water system. *Aquaculture Research* 38: 1152-1160.
- Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S.E., Panopoulos, G., Papoutsoglou, E.S., Chadio, S. 2008. Effects of light spectrum on growth and stress response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering* 38: 36-42.
- Leonardi, M.O., Klempau, A.E. 2003. Artificial photoperiod influence on the immune system of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Southern Hemisphere. *Aquaculture* 221: 581-591.
- Li, M., Wu, W., Zhou, P., Xie, F., Zhou, Q., Mai, K. 2014. Comparison effect of dietary astaxanthin and *Haematococcus pluvialis* on growth performance, antioxidant status and immune response of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea*. *Aquaculture* 434: 227-232.
- Lili, W., Naufaldy, F., Gumilar, I., Rosidah, I. 2020. Effectiveness of the astaxanthin addition in commercial feed to Oscar (*Astronotus ocellatus*) color intensity. *Global Scientific Journals* 8: 720-727.

- Luchiari, A.C., Freire, F.A.M. 2009. Effects of environmental color on growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), maintained individually or in groups. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 162-167.
- Luchiari, A.C., Pirhonen, J. 2008. Effects of ambient color on color preference and growth of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Biology* 72: 1504-1514.
- Nafsika, K., Sofronios, E. 2008. Effects of light spectrum on growth and stress response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under recirculating system conditions. *Aquacultural Engineering* 38: 36-42.
- Naor, A., Segev, N., Bressler, K., Peduel, A., Hades, E., Ron, B. 2003. The influence of the pineal organ and melatonin on the reproductive system and of light intensity and wave length on melatonin in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 55: 230-236.
- Nickell, D.C., Borage, N.R. 1998. The effect of timing and duration of feeding astaxanthin on the development and variation of fillet colour and efficiency of pigmentation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 169: 233-246.
- Pham, M.A., Byun, H.G., Kim, K.D., Lee, S.M. 2014. Effects of dietary carotenoid source and level on growth, skin pigmentation, antioxidant activity and chemical composition of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture* 431: 65-72.
- Promya, J., Chitmanat, C. 2011. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharp tooth catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of Agriculture and Biology* 13: 77-82.
- Rochmawaty. 2010. Analysis of feasibility of freshwater ornamental fish business development. Fish farm, *Desa Ciluar*, Kecamatan Bogor Utara, Kota Bogor. Institute Pertanian Bogor, p. 107.
- Ronyai, A., Peteri, A., Radics, F. 1990. Cross breeding of sterlet and Lena River sturgeon. *Aquaculture, Hungrica szarwas*, 6: 13-18.
- Ruchin, A.B. 2005. Influence of colored light on growth rate of juveniles of fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 30: 175-178.
- Sales, J., Janssens, G. 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. *Aquatic Living Resources* 16: 533-540.
- Sornsupharp, B., Lomthaisong, K., Dahms, H.U. 2015. Effects of dried fairy shrimp *Streptocephalus sirindhornae* meal on pigmentation and carotenoid deposition in flower horn cichlid; *Amphilophus citrinellus* (Gunther, 1864) & *Cichlasoma trimaculatum* (Gunther, 1867). *Aquaculture Research* 46: 173-184.
- Tacon, A.G.J. 1981. Speculative review of possible carotenoid function in fish. *The Progressive Fish-Culturist* 43: 205-208.
- Tacon, A.G.J. 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. *Feeding Methods*. Agent Laboratories Press, Redmond, Taoka.
- Tizkar, B., Kazemi, R., Alipour, A., Seidavi, A., Naserlavi, G., Ponce-Palafox, J.T. 2015. Effect of dietary supplementation with astaxanthin and β -carotene on the semen quality of goldfish (*Carassius auratus*). *Theriogenology* 84: 1111-1117.
- Villamizar, N., Blanco-Vivez, B., Migaud, H., Davie, A., Carboni S. 2011. Effects of light during early larval development of some aquaculture teleosts: a review. *Aquaculture* 315: 86-94.
- Volpato, G.L., Duarte, C.R.A., Luchiari, A.C. 2004. Environmental color affect Nile tilapia reproduction. *Brazilian Journal of*

- Medical and Biological Research 37: 479-483.
- Yunisari, N., Pamungkas, A., Usman M. T. 2017. The effect of addition of carrot flour (*Daucus carota* L) in feeding to color brightness, growth and survival of molly fish (*Poecilia sphenops*) on recirculation system. Aquaculture Technology, Marine and Fishery Faculty of Fisheries and Marine University of Riau, Riau 42: 529-535.