تأثیر رنگدانه آستاگزانتین بر شاخص‌های رشد، رسیدگی جنسی و بقاء لاروهای ماهی فایتر (*Betta splendens*)

- **حمیده ذکریائی:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: **49138-15739**
- **محمد سوداگر*:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: **49138-15739**
- **محمد مازندرانی:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: **49138-15739**
- **سیدعباس حسینی:** گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: **49138-15739**

تاریخ دریافت: تیر 1392 تاریخ پذیرش: مهر 1393

چکیده

در تحقیق حاضر تأثیر رنگدانه آستاگزانتین بر میزان رشد، رسیدگی جنسی مولدین و بقاء لاروها در ماهی فایتر (*splendens Betta*) مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، 48 قطعه ماهی 2 ماهه فایترتهیه گردید. سپس ماهی‌ها (با نسبت جنسی 1: 1 و متوسط وزن 0/2 گرم) در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تیمار و 3 تکرار به میزان 0(گروه 1 یا شاهد)، 50 (گروه 2)، 100(گروه 3) و 150(گروه 4) میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین در کیلوگرم جیره به‌مدت 2 ماه مورد تغذیه قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین، هرچند ضریب تبدیل غذایی در پایین‌ترین میزان خود قرار داشت؛ اما میزان رشد در گروه تیمار و شاهد در سطح ($P>0/05$) معنی‌دار نبود. با این وجود رسیدگی جنسی در گروه تیمار زودتر رخ داد ($P<0/05$). همچنین در گروه شاهد، رسیدگی جنسی و تخم‌ریزی صورت نگرفت. درحالی‌که ماهیانی که با جیره غذایی حاوی این رنگدانه تغذیه شدند؛ در بازه زمانی دو ماهه تخم‌ریزی کردند. ماهیان گروه 4 در سطح ($P<0/05$) دارای حداکثر بقاء لاروی بودند. در مجموع با توجه به خواص تغذیه‌ای رنگدانه آستاگزانتین، رسیدگی جنسی و بقاء لاروهای حاصله، استفاده از این رنگدانه در رژیم غذایی لاروهای این ماهی باحداقل میزان 50 میلی‌گرم رنگدانه در کیلوگرم غذا توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: رنگدانه آستاگزانتین، رسیدگی جنسی، بقاء لارو، ماهی فایتر(*Betta splendens*)

مقدمه

کارتنوئیدها مولکول‌های رنگدانه‌ای هستند که به‌وسیله گیاهان، قارچ‌ها و تنها برخی از باکتری‌ها تولید می‌شوند (Demmig-Adams و همکاران، 1996) که در این موجودات مرکز جمع‌آوری نور و انتقال انرژی می‌باشند (تیزکار و همکاران، 1391). این رنگدانه در فتوسنتز بسیار حائز اهمیت بوده و عملکرد آن به‌خوبی شناخته شده است (Kerfeld و همکاران، 2003). با این‌حال، این مولکول‌ها در بدن ماهی‌ها ساخته نمی‌شوند بلکه ممکن است از شکلی به شکل دیگر تبدیل شوند (Matsuno و همکاران، 2001؛ Liaaen-Jensen، 1999). کارتنوئیدها دارای مسؤلیت و عملکردهای اختصاصی حتی در گیاهان می‌باشند (Kerfeld و همکاران، 2003) و به‌دلیل خاصیت آبگریز بودن، می‌توانند به‌راحتی با سایر مولکول‌های اصلی بدن جانوران و گیاهان ترکیب و در سراسر بدن پراکنده

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: sudagar_m@yahoo.com

شوند (تیزکار و همکاران، 1391). عملکرد کارتنوئیدها تابع ساختار مولکولی و تنوع ترکیبات جانبی است که با سایر مولکول‌های بدن جانداران می‌سازند (Demmig-Adams و همکاران، 1996).

مهم‌ترین منابع رنگدانه‌های کارتنوئیدی مصنوعی مورد استفاده در آبزی‌پروری، رنگدانه‌های آستاگزانتین و کانتاگزانتین می‌باشندکه رنگدانه آستاگزانتین به‌طور طبیعی در مخمر قرمز *(Xanthophyllomycese hodorhous)* و جلبک هماتوکوکوس *(Haematococcus plavialis)* تولید می‌شود (Bjerkeng، 2008). رنگدانه آستاگزانتین دارای عملکردهای متفاوتی از قبیل: تجمع در بافت خون، ایجاد رنگ در محصول، بهبود در عملکرد زیستی، ثبات در غشای سلولی ، بهبود سلامتی و ایمنی از طریق حذف رادیکال‌های آزاد، مقاومت در برابر استرس‌های محیطی مانند: استرس دمایی، اسمزی و کاهش اکسیژن محلول آب می‌باشد (Darachai و همکاران، 1998؛ Latscha، 1989).

یکی از عملکردهای زیستی مهم در مورد آستاگزانتین، نقشی است که مانند یک هورمون باعث باروری تخمک شده که می‌تواند باعث افزایش قابلیت لقاح تخمک (افزایش درصد لقاح) توسط تحریک و جذب اسپرماتوزوآ گردد (Hartman و همکاران، 1947). مطالعاتی که روی قزل‌آلای رنگین‌کمان *(Oncorhinchus mykiss)* انجام شد، نقش این رنگدانه را در افزایش درصد لقاح به‌خوبی تأیید می‌کند (Deufel، 1975). هم‌چنین افزودن آستاگزانتین خالص به جیره غذایی ماهی باس دریایی قرمز، باعث بهبود درصد شناوری و افزایش درصد تفریخ تخم‌ها شده و درصد لاروهای سالم را افزایش داد (Watanabe و Miki، 1995). به‌علاوه، با استفاده از جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین در گاوماهی *(Gubius culusfiarescens)* ثابت شد که تعداد تخم در این گونه افزایش یافته و لاروهای تولیدی نسبت به گروه شاهد، از سلامت بیشتری برخوردار بودند (Mikulin، 2003). با توجه به این‌که ماهی فایتر *(Betta splendens)* یکی از محبوبترین گونه‌های آب شیرین بوده که تکثیر و پرورش آن در بیشتر نقاط جهان با اهداف تجاری و اقتصادی انجام می‌پذیرد، به‌طوری‌که در سال‌های اخیر، تکثیر و پرورش اغلب ماهیان آکواریومی از جمله این ماهی در ایران در حال رشد می‌باشد، پیدا نمودن راه‌کارهایی که به تولید هر چه بهتر و افزایش بازماندگی لاروها کمک کند، در این راستا ارزشمند می‌باشد. با توجه به مطالب بیان شده، یکی از این راهکارها، افزودن رنگدانه آستاگزانتین به جیره غذایی ماهی فایتر می‌باشد. لذا در این بررسی، اثرات جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین در شاخص‌های رشد، رسیدگی جنسی و بازماندگی لاروهای حاصله ماهی فایتر، مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه بچه ماهیان و شرایط نگه‌داری آن‌ها: در این پژوهش، رژیم غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین (Lucanthin Pink, 10% Astaxanthin, Basf, Germany) و رژیم غذایی فاقد این رنگدانه (گروه شاهد) در ماهی فایتر مورد ارزیابی قرار گرفت. لاروهای 2 ماهه ماهی فایتر با متوسط وزن 0/2 گرم از کارگاه خصوصی ماهیان زینتی واقع در شهرستان گرگان خریداری شد. این لاروها در قالب طرح کاملاً تصادفی و تحت 4 تیمار رنگدانه آستاگزانتین با سطوح 0(گروه شاهد)، 50، 100، 150میلی‌گرم رنگدانه به ازای هرکیلوگرم غذا و 3 تکرار در طی یک دوره 2 ماهه مورد پرورش قرارگرفتند. در این آزمایش مراحل مولدسازی، تغذیه و کلیه عملیات تکثیرشامل: تخم‌ریزی و جمع‌آوری لاروهای حاصله از اوایل آبان ماه 1392 لغایت 30 آذر 1392 در سالن آبزی‌پروری شهید ناصر فضلی دانشکده شیلات در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به انجام رسید. برای انجام این

آزمایش لاروهای اولیه که به منظور مولدسازی مورد نگه‌داری قرار گرفتند؛ پس از تفکیک جنسیت، در ظروف یکبار مصرف به ارتفاع 12 سانتی‌متر و قطر 14 سانتی‌متر و حجم تقریبی 1/8 لیتر به‌مدت یک ماه با غذای بیومار با سایز 0/5 میلی-مترتغذیه شدند. در آغاز چهارمین ماه زندگی، که از حالت لارو به پیش مولد تغییر یافتند، اندازه غذای بیومار از 0/5 به 0/8 میلی-متر افزایش یافت. لاروها روزانه به میزان 5 درصد وزن بدن 6 بار (8 صبح، 10 صبح، 12 ظهر، 2 بعد از ظهر، 4 عصر و 6 غروب) و ماهیان مولد، روزانه به‌میزان 3 درصد وزن بدن با جیره غذایی غنی شده با رنگدانه آستاگزانتین طی 3 وعده غذایی (8 صبح، 2 بعدازظهر و 6 غروب) تغذیه شدند. جهت تمیز نگه-داشتن آکواریوم مواد غذایی خورده نشده و مدفوع ماهیان توسط شیلنگ-های آکواریوم سیفون گردید. عملیات تعویض 90 درصد آب، هر 3 روز یکبار صورت می‌گرفت. 24 عدد آکواریوم با ابعاد 25×25×30 سانتی‌متر برای عملیات تکثیر مولدین تهیه گردید. هر آکواریوم تا ارتفاع 18 سانتی-متر از آب تمیز با pH در حد خنثی و دمای 28 درجه سانتی‌گراد پرگردید.

پس از دو ماه پرورش و بروز اولین نشانه‌های تولیدمثلی مانند ساخت حباب‌های هوا در سطح ظروف یکبار مصرف توسط ماهی نر و حالت متورم محوطه شکمی ماهی ماده، ابتدا ماهی‌های نر به آکواریوم‌های تکثیر منتقل شدند. به‌منظور راحتی ساخت حباب توسط ماهی نر و هم‌چنین مشاهده بهتر و شمارش تعداد لاروها درون هر آکواریوم قطعه‌ای پلاستیک کوچک به طول 7 و عرض 3 سانتی‌متر به یکی از دیواره‌های آکواریوم به‌وسیله چسب متصل گردید. پس از ساخت حباب‌های هوا توسط ماهی نر، ماهی‌های ماده به آکواریوم‌های تکثیر منتقل شدند (مولدین نر و ماده بانسبت جنسی 1:1 مورد استفاده قرارگرفتند). پس از طی مراحل جفت‌گیری ماهی ماده از آکواریوم خارج و برای جبران انرژی از دست‌رفته حاصل از عملیات تکثیر، روزانه 4 درصد وزن بدن، طی 4 وعده غذایی تغذیه شد. فاصله بین هر جفت‌گیری برای هر جفت از ماهیان 2 هفته، به‌عنوان مرحله استراحت در نظر گرفته شد. در این آزمایش از 48 عدد ماهی (با نسبت جنسی 1:1) استفاده شد.

تهیه جیره غذایی:

چهارجیره غذایی شامل مقادیر صفر (شاهد)، 50، 100، 150 میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین در کیلوگرم غذا تهیه و آماده گردید (Page و Davies، 2003). رنگدانه آستاگزانتین پس از حل شدن در آب 35 درجه به جیره غذایی (بیومار) اضافه گردید. عملیات تهیه غذا با افزایش اندازه دهان ماهی (از 0/5 به 0/8میلی‌متر) هر یک ماه و برای 50 گرم غذای بیومار انجام شد. غذای آماده شده به‌دلیل حساسیت بالای رنگدانه آستاگزانتین به دما و نور، درون ظروفی با جداره مشکی و فاقد هرگونه منفذ به‌منظور جلوگیری از نفوذ نور، در یخچال و در دمای 4 درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد. مقدار رنگدانه آستاگزانتین برای هر ماه، طبق جدول زیر محاسبه گردید:

جدول 1: میزان رنگدانه مصرفی به ازای هر50 گرم غذا برای جیره غذایی مورد نیاز برای یک ماه

تیمار	میزان غذا (گرم)	رنگدانه مصرفی (میلی‌گرم)
گروه شاهد	50	0
A50	50	2/5
A100	50	5
A150	50	7/5

ترکیب جیره غذایی بیومار:

ترکیبات غذای تجاری بیومار شامل 55% پروتئین، 21% کربوهیدرات، 12% چربی%، 8% خاکستر و 4% رطوبت بود که با توجه به اطلاعات بسته‌های غذایی ثبت گردید.

تغذیه لاروهای تولید شده: لاروهای حاصل از هر سه تیمار (50، 100 و 150میلی‌گرم رنگدانه به ازای هر کیلوگرم غذا) 2 تا 3 روز اولیه تولد دارای کیسه زرده بوده و از اندوخته غذایی خود استفاده می‌نمایند. در روز سوم و چهارم با اتمام ذخیره غذایی، برای تغذیه آن‌ها از آب سبز (اینفوزوئر) با تراکم 10000 عدد در هر سی‌سی استفاده شد. لاروها روزانه 1 سی‌سی طی دو وعده و به‌مدت یک هفته با آب سبز تغذیه شدند. لاروها از دهمین روز تولد با ناپلی آرتمیا (*Arthemia uromiana*) با تراکم 20عدد در هرسی‌سی، به‌میزان 1000 سی‌سی در هر روز طی 5 وعده غذایی تا روز چهاردهم، مورد تغذیه قرار گرفتند.

زیست‌سنجی و بررسی شاخص‌های رشد و بازماندگی لاروهای حاصله: زیست‌سنجی در ابتدا و انتهای دوره انجام گردید. اندازه‌گیری وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 گرم و اندازه‌گیری طول با خطکش به دقت 1 میلی‌متر انجام شد. در پایان دوره شاخص‌های افزایش وزن، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی به‌صورت زیر محاسبه شد (Ribeiro و همکاران، 2001):

وزن اولیه (گرم) - وزن ثانویه (گرم) = افزایش وزن بدن (گرم)

وزن اولیه (گرم) / وزن اولیه (گرم) - وزن ثانویه (گرم) × 100 = درصد افزایش وزن بدن

طول دوره پرورش / (لگاریتم طبیعی وزن اولیه – لگاریتم طبیعی وزن ثانویه) × 100 = ضریب رشد ویژه

طول3 (سانتی‌متر) / وزن (گرم) × 100 = فاکتور وضعیت (ضریب چاقی)

میزان زی‌توده تولید شده (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی

همچنین میزان بازماندگی لاروهای حاصل از تیمارهای تغذیه شده با جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین با مقایسه تعداد آن‌ها در انتهای دوره به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS16 از آنالیز واریانس یکطرفه و به‌منظور تعیین اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها، از آزمون تفکیکی دانکن در سطح احتمال $P<0/05$ صورت گرفت. همچنین برای تعیین معنی‌داری فاکتورهای رشد بین دو جنس نر و ماده از آزمون Independent t-test استفاده شد. طبق آزمون Independent t-test شاخص‌های رشد (وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و ضریب تبدیل غذایی) دارای اختلاف معنی‌داری در سطح $P<0/05$ در بین نرها و ماده‌ها بوده، به‌همین دلیل تمامی این فاکتورها برای دو جنس نر و ماده به‌طور جداگانه‌ای محاسبه گردید.

نتایج

بررسی شاخص‌های رشد در مولدین-شاخص‌های رشد در جنس نر: نرخ رشد ویژه (SGR) در نرها با افزایش میزان رنگدانه آستاگزانتین در بین سه تیمارتغذیه شده با جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین افزایش یافت اما این تغییرات نسبت به شاهد و یکدیگر معنی‌دار نبود ($P>0/05$). همچنین ضریب تبدیل غذایی(FCR) در بین سه تیمار، در تیمار حاوی 50 میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین در کیلوگرم غذا، در بالاترین میزان خود قرار داشت، هرچند این مقدار در گروه شاهد نسبت به تیمارهای A100 و A150 بالاتر بود، اما معنی‌دار نبود ($P>0/05$). اگرچه در ظاهر در تیمار

تغذیه شده با 100 میلی گرم رنگدانه میزان CF در کم‌ترین و گروه شاهد در بیش‌ترین مقدار قرار داشت ولی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (P>0/05). میزان رشد در بین سه تیمار حاوی رنگدانه آستاگزانتین، در تیمار 1 با 50 میلی‌گرم رنگدانه آستاگزانتین کاهش یافت، با این-حال بین گروه شاهد و سه گروه تغذیه شده با جیره غذایی حاوی رنگدانه تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (P>0/05) (جدول 2).

جدول2: مقایسه برخی از شاخص‌های رشد جنس نر در ماهی فایتر با سطوح مختلف رنگدانه آستاگزانتین

شاخص‌های رشد	شاهد	A50	A100	A150
افزایش وزن بدن (گرم)	1/0±07/11[a]	0/94±0/24[a]	1/05 ±0/11[a]	0/93±0/08[a]
شاخص وضعیت (گرم بر سانتی-مترمکعب)	1/51±0/49[a]	1/34±0/15[a]	1/06±0/41[a]	1/27±0/22[a]
ضریب تبدیل غذایی	1/14±0/14[a]	1/35±0/16[a]	1/21±0/12[a]	1/27±0/16[a]
درصد افزایش وزن بدن (درصد)	375/57±149/29[a]	286/74±88/33[a]	347/32±118/07[a]	425/87±183/08[a]
نرخ رشد ویژه (درصد)	2/63±0/51[a]	2/29±0/49[a]	2/54±0/44[a]	2/79±0/56[a]
میانگین وزن اولیه (گرم)	±0/0757 0/3067	± 0/025 0/3333	0/32 ± 0/07	0/24±0/07
میانگین وزن ثانویه (گرم)	1/38±0/0458	1/2767±0/232	1/3768±0/071	1/1767±0/043

حروف انگلیسی مشابه نمایانگر عدم اختلاف در معنی‌داری می‌باشد.

شاخص‌های رشد در جنس ماده:
در گروه‌های تغذیه شده با رنگدانه افزایش وزن مشاهده نشد حتی تیمار 50 میلی گرم وزن کم‌تری داشت در رابطه با شاخص وضعیت (CF) نیز اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف و شاهد مشاهده نشد ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمارها به‌جز تیمار 100 کاهش یافت اما درصد افزایش وزن (WGP) در تیمارها افزایش نداشت حتی در تیمار 50 کم‌تر از شاهد بود در مجموع تأثیری مثبت بر روی رشد مشاهده نشد (جدول 3). هم‌چنین در شاخص نرخ رشد ویژه (SGR) بین تیمارها با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و تیمار 50 کم‌تر شده است (جدول 3).

جدول3: مقایسه برخی از شاخص‌های رشد جنس ماده در ماهی فایتر با سطوح مختلف رنگدانه آستاگزانتین

شاخص‌های رشد	شاهد	A50	A100	A150
افزایش وزن بدن (گرم)	0/24±0/41[b]	0/17±0/02[b]	0/34±0/04[a]	0/38±0/05[a]
شاخص وضعیت (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	1/4±0/59[a]	1/52±0/46[a]	2/13±0/49[a]	1/78±0/63[a]
ضریب تبدیل غذایی	2/04±0/21[a]	1/64±0/2[b]	1/81±0/13[ab]	1/56±0/25[b]
درصد افزایش وزن بدن (درصد)	141/98±23/95[a]	66/99±21/43[b]	174/34±92/23[a]	162/78±19/46[a]
نرخ رشد ویژه (درصد)	1/51±0/17[b]	0/87±0/22[a]	1/73±0/14[b]	1/87±0/12[b]

میانگین وزن اولیه (گرم)	± 0/0306 0/173	0/27 ±0/025	0/1967±0/021	±0/035 0/2367
میانگین وزن ثانویه (گرم)	±0/0306 0/4167	0/4433 ±0/025	±0/058 0/5383	0/62±0/87

حروف انگلیسی متفاوت نمایانگر وجود معنی‌داری می‌باشد.

بررسی رسیدگی جنسی در مولدین: تیمارهای تغذیه شده با جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین، تیمارهایی که از غلظت آستاگزانتین بیشتری برخوردار بودند، به‌مراتب نسبت به تیمارهای با غلظت پایین‌تر دارای لاروهای بیشتر و بازماندگی بالاتری بودند و در گروه شاهد در این مدت زمانی تخم‌ریزی مشاهده نگردید، اگر چه از نظر ظاهری علائم رسیدگی جنسی در آن‌ها دیده شد (جدول4).

جدول 4: میانگین تعداد لارو در دو تخم‌ریزی متوالی درماهی فایتر در غلظت‌های متفاوت رنگدانه آستاگزانتین

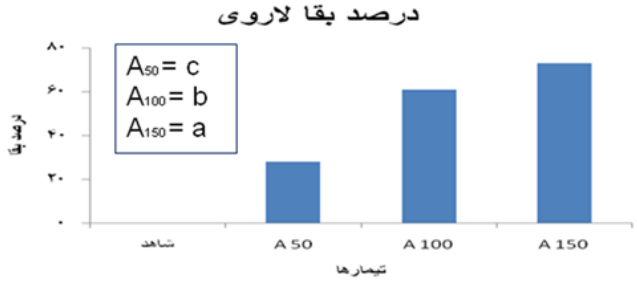
	شاهد	A50	A100	A150
تعداد لاروها در اولین تخم‌ریزی	0	34±20/37^{c}	145±29/82^{c}	281±13/41^{a}
تعداد لاروها در دومین تخم‌ریزی	0	37±20/03^{c}	142±26/31^{b}	266±9/19^{a}

تغییر در حروف لاتین نشان دهنده تغییر در معنی‌داری می‌باشد.

جدول 5: زمان دو تخم‌ریزی متوالی در ماهی فایتر برحسب روز

	شاهد	A50	100 A	150 A
زمان اولین تخم‌ریزی	مشاهده نگردید	120	127	120
زمان دومین تخم‌ریزی	مشاهده نگردید	144	142	134

بقاء در تیمارهای مورد آزمایش: تأثیر رنگدانه آستاگزانتین در جیره غذایی مولدین بر شاخص‌های بقای لارو ماهی فایتر در دو تفریخ متوالی نشان داده می‌شود که اختلاف کاملاً معنی‌داری در شاخص لاروهای بازمانده بین تیمارهای مختلف دیده می‌شود که تیمار 3 بیشترین میزان بقاء را بین تیمارها دارد (شکل 1). این تیمار هم‌چنین به‌صورت معنی‌داری کم‌ترین میزان تلفات را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد.



شکل1: مقایسه بقاء لاروها در بین سه جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین و گروه شاهد

تغییر در حروف انگلیسی بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد

بحث

با توجه به این‌که نقش مثبت کارتنوئیدها درمتابولیسم آبزیان شناخته شده است که می‌تواند سبب افزایش استفاده از مواد مغذی شود که نتیجه آن بهبود رشد است (Amar و همکاران، 2001؛ Segner و همکاران، 1989)، به‌طوری‌که طبق تحقیقات Petit و همکاران (1997) جیره غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین باعث کاهش چرخه پوست‌اندازی در میگوی کروما (*Penaeus japonicus*) شده که نتیجه آن افزایش رشد بوده است. هم‌چنین ثابت شده که رشد میگوهای تغذیه شده با جیره غذایی آستاگزانتین نسبت به گروه شاهد بیشتر بوده است (Thongrod و همکاران، 1995). به‌علاوه Merchie و همکاران (1998) دریافتند که در پست لاروهای میگوی ببری سیاه (*Penaeus monodon*) با رژیم غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین و ویتامین C در سطوح متفاوت، گروهی که کم‌ترین میزان رنگدانه آستاگزانتین و ویتامین C را دریافت کردند دارای کم‌ترین مقدار رشد و بازماندگی نسبت به سایر گروه‌ها می‌باشند (Merchie و همکاران، 1998). هم‌چنین گزارش شد کارتنوئیدها باعث بهبود رشد و بازماندگی لاروها در صدف آبالون (*Haliotis discus*) می‌شوند (Tsushima و Matsuno، 1998)، از طرفی دیگر تیزکار و همکاران (1391) با بررسی اثر جیره غذایی حاوی رنگدانه آستازانتین در ماهی طلایی به این نتیجه رسیدند که در طی مراحل نمونه‌برداری میانگین وزن و طول ماهیان اختلاف معنی‌داری را با یکدیگر نشان نداد. این نتیجه در مطالعات انجام شده توسط برخی محققان نیز تأیید شده است. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کارتنوئیدهای موجود در جیره تأثیری در رشد ماهی طلایی نداشته‌اند. در پژوهش حاضر، براساس آمار، رنگدانه بر روی فاکتورهای رشد تاثیر چندانی نداشت و بیشترین اثر را بر روی فاکتورهای جنسی و تخم‌ریزی و بقاء لاروها داشت که با مطالعات سایر محققین بر روی سایر گونه‌های ماهی هم‌خوانی دارد. با توجه به نقش هورمونی رنگدانه آستاگزانتین در فرآیند لقاح از سال‌ها پیش (Hartman و همکاران، 1947)، ثابت شد که جیره‌های غذایی حاوی کارتنوئیدها از جمله این رنگدانه می‌توانند باعث افزایش نرخ لقاح، رسیدگی جنسی و افزایش نرخ بقاء تخم‌ها پس از لقاح، در ماهیان شوند (Huang و همکاران، 2008؛ Mikulin، 2003؛ Georgiev، 1971؛ Deufel، 1965؛ Hubbs و Stavenbagen، 1958؛ Hubhs و Strawn، 1957). در بسیاری از یافته‌های محققان، عملکرد کارتنوئیدها برای رسیدگی جنسی بهتر مولدین ماهی قزل‌آلا (Swingle، 1981)، میگو (Harrison، 1997؛ Dall، 1995؛ Harrison، 1990؛ Quinitio و همکاران، 1990) و لابستر ماده (Merchie وهمکاران، 1998) به اثبات رسیده است، مطالعات نشان داد هرچه‌قدر غلظت آستاگزانتین در جیره مولدین بیشتر باشد تجمع آستاگزانتین در کبد و در نتیجه تخمدان بیشتر می‌شود (Ribeiro و همکاران، 2001؛ Pangantihon-Ku-hlmann و همکاران، 1998). محققان بسیاری این امر را مورد تأیید قرار داده‌اند و در نتایج خود بیان داشته‌اند که افزایش میزان کارتنوئیدها در طی مراحل رسیدگی جنسی مولدین باعث بهبود فرایند زرده‌سازی و رسیدگی جنسی در مولدین می‌شود (Ahmadi و همکاران، 2006؛ Wyban و همکاران، 1997؛ Watanabe و Miki، 1995؛ Watanabe و همکاران، 1984) و از آن‌جایی‌که کبد پایگاه اولیه متابولیسم کارتنوئیدها جهت انتقال به تخم‌هاست (Metusalach و همکاران، 1996؛ Hardy و همکاران، 1990)، در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ثابت شده است که سطوح مختلف آستاگزانتین در طی رسیدگی جنسی باعث افزایش سطح گلیکوژن کبد شده و این امر باعث بهبود ساختار کبد و عملکرد بهتر سایر مواد مغذی در تبدیل به مواد حد واسط می‌شود (Page و همکاران،

2005؛ Swingle و همکاران، 1981). جدول 4 نشان داد که نتایج حاصل، مطابق با یافته‌های سایر محققان در این زمینه می‌باشد. در بسیاری از ماهیان ثابت شده است که تخم‌هایی که نرخ لقاح بالایی داشته باشند در نهایت دارای نرخ تخم گشایی بالاتری بوده و درصد لاروهایی که شروع به تغذیه فعال می‌کنند در آن‌ها بالاتر است (Springate و همکاران، 1984).

هم‌چنین در برخی بررسی‌های نشان داده شده است کارتنوئیدهایی که همراه با ویتلین، وارد تخم ماهیان می‌شوند، علاوه بر بهبود رسیدگی جنسی مولدین باعث افزایش کیفیت لاروها می‌شوند (Harrison، 1990). اگرچه گروهی دیگر معتقدند که جیره‌های حاوی رنگدانه‌های آستاگزانتین و کانتازانتین تاثیری در بهبود نرخ بقاء لاروها نسبت به شاهد ندارند (Choubert و همکاران، 2006)، با این وجود تاثیر مثبت کارتنوئیدها بر میزان رشد و بقاء لاروهای سخت‌پوستان (Linan-Cabello و همکاران، 2004) و هم‌چنین جلوگیری از ناهنجاری ریختی و افزایش نرخ بقاء لاروهای توتیای دریایی *Pseudocenttus depressus* نیز ثابت شده است (Tsushima و Matsuno، 1998) شواهد زیادی مبنی بر ارتباط بین کارتنوئیدهای موجود در تخم و کیفیت لاروها موجود است، چنان‌چه ثابت شد که مقادیر بیشتر کارتنوئیدهای آستاگزانتین در تخم آزادماهیان باعث افزایش نرخ بقاء لاروها در قبل و بعد از جذب کیسه زرده می‌شود (George و همکاران، 2001). به‌علاوه گزارش شد که مکمل‌های آستاگزانتین باعث افزایش سلامت و عملکرد سیستم ایمنی لاروهای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شوند (Pan و همکاران، 2003؛ Christiansen و همکاران، 1995). Bjerkeng و Berge (2000) در یک بررسی در ماهی آزاد نشان دادند که که کارتنوئیدهای موجود در غذا پس از خورده شدن به‌صورت‌های مختلف در کبد ذخیره شده و در طی مراحل جنسی به تخمدان و سپس تخمک منتقل می‌شود. این موضوع در بررسی سایر محققین در میگو نیز به اثبات رسیده است (Linan-Cabello و همکاران، 2004؛ Pan و همکاران، 2003). هم‌چنین در ماهی طلایی ثابت شده است که بتاکاروتن خورده شده توسط مولدین ماده پس از ذخیره شدن درکبد، در اثر متابولیسم‌های کبدی، به ویتامین A_2 تبدیل شده و سپس ویتامین A_2 طی مراحل زرده‌سازی به تخمک‌ها منتقل می‌شود (Benjamin و Del Tito، 1988) و از آن‌جایی‌که ویتامین A و رتینول یکی از اصلی‌ترین مواد برای دید بهتر لاروهای ماهیان آب شیرین می‌باشند، در نتیجه باعث افزایش قدرت دید لاروها می‌شود به‌طوری‌که سبب دریافت بهتر غذا از محیط شده و میزان بقاء لاروها در نتیجه خوردن میزان بیش‌تری ازغذا افزایش می‌یابد (West و همکاران، 1966) که منطبق با نتایج حاصل از تحقیق اخیر می‌باشد (شکل 1).

براساس نتایج تحقیق حاضر رژیم‌های غذایی حاوی رنگدانه آستاگزانتین در مقادیر بالای خود باعث افزایش معنی‌دار در فاکتورهای رشد در ماهی فایتر نشده است اما باعث بهبود فرایند لقاح و تولیدمثل بهتر ماهی فایتر شده و لاروهای حاصله از آن مقاوم‌تر بوده و نرخ بقاء بالایی را نسبت به تیمارهای دارای غلظت کم‌تر آستاگزانتین نشان می‌دهد. درپایان با توجه به یافته‌های تحقیق، پیشنهاد می‌گردد در جیره غذایی مولدین، ضمن استفاده از آستاگزانتین سنتتیک از جلبک‌های حاوی این رنگدانه و تعیین سایر اثرات طبیعی آن در فاکتورهای تولید مثلی استفاده شود.

منابع

1. تیزکار، ب.؛ سوداگر، م.؛ بهمنی، م.؛ حسینی، س.ع. و چمنی، م.، 1391. تاثیرجیره‌های تک میلی حاوی آستاگزانتین وبتاکاروتن برشاخص‌های تولیدمثلی ماهی طلایی(*Carassius auratus*) و استرس ناشی ازتراکم درمرحله انکوباسیون. محیط زیست جانوری. سال 4، شماره 4، صفحات 131 تا 144.

Society, Baton Rouge, LA. pp: 390-408.

19. **Hartman, M.; Medem, F.G.; Kuhn, R. and Bielig, H.j., 1947.** About The Investigations Fertilization substances of Rainbow trout. Z.Naturforsch. Vol. 2, pp: 330-343
20. **Huang, J.H.; Jiang, S.G.; Lin, H.Z.; Zhou, F.L. and Ye, L., 2008.** Effects of dietary highly unsaturated fatty acids and astaxanthin on the fecundity and lipid content of pond-reared *Penaeus monodon* (Fabricius) broodstock. Aquac. Res. Vol. 39, pp: 240-251.
21. **Hubbs, C. and Stavenbagen, L., 1958.** Effects of maternal carotenoid deficiency on theviahilit of darter Osteichthyesp offspring. Phy.Zool. Vol. 31, pp: 280-283.
22. **Hubhs, C. and Strawn, K., 1957.** Survival of F, hybrids between fishes of the subfamily Etheostominae. J. Exp. Zool. Vol. 134, pp: 33-62.
23. **Kerfeld, C.A.; Sawaya, M.R.; Brahmandam, V.; Cascio, D.; Ho, K.K.; Trevithick-Sutton, C.C.; Krogmann, D.W. and Yeates, T.O., 2003.** The Crystal Structure of a Cyanobacterial Water-Soluble Carotenoid-Binding Protein. Structure. Vol. 11, pp: 55-65 **.**
24. **Latscha, T., 1989.** The role of astaxanthin in shrimp pigmentation. Advances in Tropical Aquaculture. Vol. 9, pp: 319-325.
25. **Liaaen-Jensen, S., 1990.** Marine carotenoids-Selected topics. New J. Chem. Vol. 14, pp: 747-759.
26. **Linan-Cabello, M.A.; Medina-Zendejas, R.; Sanchez-Barajas, M. and Herrera, A.M., 2004.** Effects of carotenoids and retinol in oocyte maturation of crayfish *Cheraxquadru carinatus*. Aquacult. Res. Vol. 35, pp: 905-911.
27. **Matsuno, T.; Tsushima, M. and Maoka, T., 2001.** Salmoxanthin, deepoxy-salmoxanthin and 7, 8-di dehydrodeepoxy-salmoxanthin from the salmon *Oncorhynchus keta*. J. Nat. Prod. Vol. 64, pp: 507-510
28. **Merchie, G.; Kontara, E.; Lavens, P.; Robles, R.; Kurmaly, R. and Sorgeloos, P., 1998.** Effect of vitamin C and astaxanthin on stress and disease resistant of postlarval tiger shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius). Aquaculture Research. Vol. 29, pp: 579-585.
29. **Metusalach, S.J.; Brown, J. and Shahidi, F., 1996.** Deposition and metabolism of dietary canthaxanthin in different organs of Arctic charr (*Salvelinus alpinus L.*). Aquaculture. Vol. 142, pp: 99-106.
30. **Mikulin, A.Y., 2003.** The influence of carotenoids contained in the eggs upon the offspring quality at artificial fish breeding. Proceedings book, Int **.** Symp. Coldwater Aquaculture. St Petersburg, Russia, 72 p.
31. **Niu, J.; Tian, L.X.; Liu, Y.J.; Yang, H.H.; Ye, C.X. and Gao, W., 2009.** Effect of dietary astaxanthin on growth, Survival, and stress tolerance of postlarval shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 40, pp: 795-802.
32. **Page, G.I. and Davies, S.J., 2003.** Hepatic carotenoid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using an isolated organ perfusion model. Aquaculture. Vol. 225, pp: 405-419.
33. **Page, G.I.; Russell, P.M. and Davies, S.J., 2005.** Dietary carotenoid pigment supplementation influences hepatic lipid and mucopolysaccharide levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Comparative Biochemistry and Physiology, Part B. Vol. 142, pp: 398-402.
34. **Paibulkichakul, C.; Piyatiratitivorakul, P.; Sorgeloos, P. and Menasveta, P., 2008.** Improved maturation of pond-reared, black tiger shrimp *Penaeus monodon*. Using fish oil and Astaxanthin feed supplements. Aquaculture. Vol. 282, pp: 83-89.
35. **Pangantihon-Ku-hlmann, M.P.; Millamena, O. and Chern, Y., 1998.** Effect of dietary astaxanthin and vitamin A on the reproductive performance of *Penaeus monodon* broodstock. Aquat. Living Resour. Vol. 11, pp: 403-409.

2. **Ahmadi, M.R.; Bazyar, A.; Safi, S.; Ytrestoyl, T. and Bjerkeng, B., 2006.** Effects of dietary astaxanthin supplementation on reproductive characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Appl. Ichthyol. Vol. 22, pp: 388.
3. **Amar, E.C.; Kiron, V.; Satoh, S. and Watanabe, T., 2001.** Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defense mechanisms in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research. Vol. 32, pp: 162-17.
4. **Benjamin, J. and Del Tito, J.R., 1988.** Role of Beta carotene and Lutein in the Synthesis of Vitamin A in Goldfish. The Prog **.** Fish Culturist **.** Vol. 45, pp: 94-97.
5. **Bjerkeng, B., 2008.** Carotenoids in aquaculture: Fish and crustaceans. Birkhäuser, Basel, Switzerland. Vol. 4, pp: 237-250.
6. **Bjerkeng, B. and Berge, G.M., 2000.** Apparent digestibility coefficients and accumulation of astaxanthin E: Z isomers in Atlantic salmon (*Salmosalar L.*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus)*. Comp Bioch Physiol **.** BiochemMolBiol. Vol. 127, pp: 423-432.
7. **Christiansen, R.; Torrissen, O.J.; Struksnæs, G. and Esterman, R., 1995.** Astaxanthin deposition in the flesh of Atlantic salmon in relation to dietary astaxanthin concentration and period. Aquac. Nutr. pp: 84-177.
8. **Choubert, G.; Manuel, M.; Pinto, M. and Morais, R.M., 2006.** Pigmenting efficacy of Astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykis*: Effect of dietary Astaxanthin and lipid sources. Aquaculture .pp: 28-30.
9. **Darachai, J.; Piyatiratitivorakul, S.; Kittakoop, P.; Nitithamyong, C. and Menasveta P., 1998.** Effects of astaxanthin on larval growth and survival of the giant tiger prawn, *Penaeusmonodon*.*In*: (T.W Flegeled) Advances in shrimp biotechnology. 5th Asian Fisheries Forum, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Bangkok, Thailand. pp: 117-121.
10. **Dall, W., 1995.** Carotenoid versus retinoids (Vitamin A) as essential growth factors in penaeid prawns (*Penaeus semisulcatus*). Mar. Biol. VoL124. pp: 209-213.
11. **Demmig-Adams, B.; Gilmore, AM. and Adams, W.W., 1996.** Carotenoids 3: in vivo function of carotenoids in higher plants. FASEB J. Vol. 10, pp: 403-412.
12. **Deufel, J., 1975.** Physiologische wirkungen von carotinoidenbei salmoniden.Hydrologie. Vol. 37, pp: 244-248 (in german).
13. **Deufel, J., 1965.** Pigmentierungs versuchemit Canthaxanthin bei Regen bogen forellen. Arch. Fishereiwiss. Vol. 16, pp: 125-132.
14. **Georgiev, G.S., 1971.** Carotenoids and vitamin A content in Salmoirideus eggs and their significance in the initial periods of theembryogenesis. Folia Balcania. Vol. 2, pp: 1-10.
15. **George, S.B.; Lawrence, J.M.; Lawrence, A.L.; Smiley, J. and Plank, L., 2001.** Carotenoids in the adult diet enhance egg and juvenile production in *Lytechinus variegatus*. Aquaculture **.** Vol. 199, pp: 353-369.
16. **Hardy, R.W.; Torrissen, OJ. and Scott, T.M., 1990.** Absorption and distribution of 14C-labeled canthaxanthin in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 87, pp: 331-340.
17. **Harrison, K.E., 1990.** The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. J. Shellfish Res. Vol. 9, pp: 1-28.
18. **Harrison, K.E., 1997.** Broodstock nutrition and maturation diets. In: Crustacean Nutrition, Vol. 6. World Aquaculture

36. **Pan, C.H.; Chien, Y.H. and Hunter, B., 2003.** Alterations ofantioxidant capacity and hepatopancreatic enzymes in *Penaeus monodon* (Fabricius) juveniles fed diets supplemented withastaxanthin and exposed to Vibrio damsela challenge. J. Fish.Soc. Taiwan. Vol. 30, pp: 279-290.
37. **Petit, H.; Nègre, S.G.; Castillo, R. and Trilles, J.P., 1997.** The Effects of dietary astaxanthin on growth and moulting cycle of postlarval stage of prawn, *Penaeus japonicas* (Crustacea, Decapoda). Comparative Biochemistry and Physiology. Vol. 117, pp: 539-544.
38. **Quinitio, E.T.; Hara, A.; Yamauchi, K. and Fuji, A., 1990.** Isolation and haracterization of vitellin from the ovary of *Penaeus monodon*. Invertebr.Reprod. Dev. Vol. 17, pp: 221-227.
39. **Ribeiro, E.A.; Genofre, G.C. and McNamara, J.C., 2001.** Identificationand uantification ofcarotenoid pigments during the embryonic development of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Crustacea, Decapoda). Mar. Freshw. Behav. Physiol. Vol. 34 **.**
40. **Segner, H.; Arend, P.; Poeppinghaussen, K.V. and Schmidt, H., 1989.** The effect of feeding astaxanthin to *Oreochromis niloticus* and *Colisa labiosa* on the histology of the liver.Aquaculture. Vol. 79, pp: 381-390.
41. **Springate J.R.C.; Bromage, N.R.; Elliott, J.A.K. and Hudson, D.L., 1984.** The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilisation and survival to eyeing, hatch and swim-up in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). Aquaculture. Vol. 43, pp: 313-322.
42. **Svensson, P.A.; Pelabon, C.; Blount, J.D.; Surai, P.F. and Amundsen, T., 2006.** Does female nuptial coloration reflect egg carotenoids and clutch quality in the Two-Spotted Goby (*Gobiusculus flavescens*, Gobiidae). Vol. 20, pp: 689.
43. **Swingle, H.S., 1981.** Relationships of pH of pond waters to their suitability for fish culture. Proc. Pac. Sci.Congr. Vol. 10, pp: 72-75.
44. **Tacon, A.G.,1990.** Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Feeding Methods. Agent Laboratories Press, Redmond, Taoka. Vol. 3.
45. **Thongrod, S.; Tansutapanich, A. and Torrissen, O.J., 1995.** Effect of dietary astaxanthin 1supplementation on accumulation, survival and growth in postlarvae of *Penaeus monodon* Fabricius. *In*: (P. Cavens, E. Jaspers & I. Roelantseds.) Larvi'95 Fish & Shellfish Larviculture Symposium, Special Publication, European Aquaculture Society, Gent, Belgium. Vol. 24, pp: 251-254.
46. **Tsushima, M. and Matsuno, T., 1998.** The role of b-carotene on growth and survival of juvenile Japanese abalone *Haliotis discus*. Fish.Sci. Vol. 64, pp: 660-661.
47. **Watanabe, T.; Ohashi, S.; Itoh, A.; Kitajima, C. and Fujita, S. 1984.** Effect of nutritional composition of diets on chemical components of red sea bream broodstock and eggs produced. Bul.Jpn.Soc.Sci.Fish. Vol. 50, pp: 503-515.
48. **Watanabe, T. and Miki, W., 1995.** Astaxanthin: an effective dietary component for red seabream broodstock. In: Kaushik, S.J., Luquet, P. (Eds.), Fish Nutrition in Practice. INRA, Paris. pp: 27-36.
49. **West, E.S.; Todd, W.R.; Mason, H.J. and Van Bruggen, J.T., 1966.** Textbook of biochemistry, 4th ed. The Macmillan Co., New York. 1595 p.
50. **Wyban, J.; Martinez, G. and Sweeney, J., 1997.** Adding paprika to *Penaeus vannamei* maturation diet improves naupli quality. World Aquac. Vol. 28, pp: 59-62.