

تأثیر آستاگزانتین سنتتیک و جلبکی (*Haematococcus pluvialis*) بر بازدهی تکثیر مولدین ماده قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

راضیه انصاری^۱، مرتضی علیزاده^۲، مهدی شمسایی مهرجان^۳ و مژگان خدادادی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات - اهواز، استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات شیلات

ایران - بافق، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات - تهران، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز - اهواز

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۷

چکیده

در این تحقیق که در یک مزرعه تکثیر قزل آلی رنگین کمان در استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد، عملکرد تکثیر قزل آلی رنگین کمان از طریق افزودن سطوح مختلف آستاگزانتین با دو منبع سنتتیک و جلبکی (*Haematococcus pluvialis*) به جیره غذایی مولدین ماده مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، آستاگزانتین سنتتیک در سه سطح ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم غذا و آستاگزانتین جلبکی معادل ۱/۵٪ سطوح منبع سنتتیک، به ترتیب به مقدار ۲/۶۷، ۵/۳۳ و ۸ گرم بر کیلوگرم غذا مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق، هفت جیره آزمایشی شامل شش تیمار در سطوح و منابع مختلف آستاگزانتین (T₁-T₆) و یک تیمار شاهد (بدون آستاگزانتین) در نظر گرفته شد. تعداد ۱۴۰ مولد ماده ۳-۴ ساله قزل آلا به مدت ۱۲۰ روز قبل از شروع فصل تخم‌ریزی، از طریق جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. مولدین مورد مطالعه در حین انجام تکثیر و پس از آن از نظر برخی شاخص‌ها نظیر قطر تخم، همآوری، درصد لقاح، بازماندگی تخم، درصد چشم‌زدگی و قابلیت تخمه‌گشایی تخم مورد بررسی و مطالعه قرار گرفتند. از لحاظ میزان همآوری، درصد چشم‌زدگی و تعداد تخم در گرم، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/05$)، در حالی که در مورد شاخص‌های قطر تخم و درصد لقاح اختلاف بین تیمارها معنی‌دار نبود ($p > 0/05$). با افزایش سطوح آستاگزانتین از ۴۰ به ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم در هر دو منبع سنتتیک و جلبکی، درصد چشم‌زدگی و تخم‌گشایی افزایش یافت، ضمن آنکه درصد چشم‌زدگی در مولدینی که از آستاگزانتین جلبکی تغذیه کرده بودند به مراتب بهتر بود. براساس نتایج به دست آمده، بهترین عملکرد تکثیر مربوط به تیمار ۳ با سطح ۸ گرم بر کیلوگرم جلبک هماتوکوکوس بود. بهبود آسیب‌های جلدی اولیه، عدم بروز بیماری و تلفات و همچنین شادابی و خوش‌رنگی مولدین از جمله مشاهدات ظاهری در طول انجام این تحقیق بود. بطور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد آستاگزانتین باعث بهبود عملکرد تکثیر قزل آلی رنگین کمان می‌شود، ضمن آنکه آستاگزانتین جلبکی به دلیل دارا بودن سایر مکمل‌های غذایی، از برتری قابل توجهی نسبت به آستاگزانتین سنتتیک در بهبود عملکرد تکثیر و سلامتی مولدین ماده قزل آلا برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: قزل آلی رنگین کمان، آستاگزانتین، جلبک هماتوکوکوس (*Haematococcus pluvialis*)، بازدهی تکثیر، کیفیت تخم.

مقدمه

کارایی رنگدانه‌ای شدن بافت ناشی از این ترکیبات است. این ویژگی به واسطه ساختار، رنگ و ویژه، قابلیت هضم، تغییر و تبدیلات متابولیکی و میل ترکیبی ویژه آنها نسبت به یک بافت بخصوص، تعیین می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۶). از نقطه نظر طبیعی، هرچند انواع

تاکنون نزدیک به ۶۰۰ نوع کاروتنوئید طبیعی شناسایی شده است. مهم‌ترین جنبه کاروتنوئیدها از نقطه نظر پرورش‌دهندگان ماهی و سازندگان خوراک،

*مسئول مکاتبه:

طبیعی به مراتب کارایی بالاتری نسبت به آستاگزانتین سنتتیک به همراه دارد که به علت شکل استری آستاگزانتین نسبت به آستاگزانتین آزاد می باشد و راحت تر توسط اعضای مختلف ارگانیزم مورد بهره برداری قرار می گیرد (Darachai و همکاران، ۱۹۹۹).

رنگ قرمز تخم آزاد ماهیان در طبیعت به دلیل وجود کاروتنوئید آستاگزانتین در بدن آنهاست، در حالی که در ماهیان پرورشی بسته به نوع کاروتنوئیدی که در جیره غذایی آنها مصرف می شود، رنگ تخم متفاوت است. تخم هایی که رنگین شدگی بالایی دارند، از درصد لقاح بالا و نرخ مرگ و میر پایینی از زمان لقاح تا تغذیه فعال برخوردارند (Hartman و همکاران، ۱۹۴۷؛ Yarzhombek، ۱۹۶۷)

در بررسی هایی که بر روی کیفیت تخم از لحاظ تجمع کاروتنوئیدها و رنگ آمیزی ذخایر طبیعی ماهی کاد با نوع پرورشی انجام شده بود، مشخص شد که تخم های حاصل از ذخایر طبیعی حاوی سطوح بالاتری از آستاگزانتین نسبت به محیط های پرورشی بودند (Salze و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین استفاده از منابع طبیعی به عنوان منابع کاروتنوئیدی در امر پرورش آبزیان تقویت شد.

انجام این تحقیق با هدف مقایسه تاثیر منابع آستاگزانتین بر برخی شاخص های تکثیر از جمله، قطر تخم، همآوری، درصد لقاح، بازماندگی تخم و قابلیت تفریح تخم اهمیت ویژه ای دارد. هدف کلی آن بررسی امکان افزایش بازدهی تکثیر مولدین قزل آلابی رنگین کمان در مراکز تکثیر از طریق افزودن مقدار موثر و مطلوب آستاگزانتین (با منبع سنتتیک یا جلبکی) است. نتایج این تحقیق می تواند زمینه استفاده موثرتر از منابع رنگدانه های طبیعی به جای سنتتیک را در صنعت آبزی پروری کشور گسترش داده و ضمن بهبود عملکرد تکثیر و پرورش، از عوارض جانبی احتمالی ترکیبات شیمیایی بکاهد.

مختلفی از گیاهان، باکتری ها و مخمرها به عنوان سازندگان آستاگزانتین شناخته شده اند (Johnson و Schoeder، ۱۹۹۶)، اما گونه *Haematococcus pluvialis* به عنوان غنی ترین منبع آستاگزانتین در طبیعت شناخته شده (Guerin و همکاران، ۲۰۰۳) و بالاترین قابلیت را نسبت به سایر منابع در خصوص ساخت و تجمع آستاگزانتین دارا می باشد (Boussiba و همکاران، ۱۹۹۶؛ Harker و همکاران، ۱۹۹۱؛ Kobayashi و همکاران، ۱۹۹۹). به همین دلیل برای تولید تجاری این رنگدانه از جلبک هماتوکوکوس استفاده می شود (Olaizola، ۲۰۰۰). پتانسیل تجاری استفاده از هماتوکوکوس به عنوان منبع آستاگزانتین مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به هزینه بالای تولید آستاگزانتین سنتتیک و به صرفه بودن تولید هماتوکوکوس و پیشرفت تکنولوژی کشت و فرآوری آن تا رسیدن به غلظت ۱/۵-۳٪ آستاگزانتین در واحد وزن خشک، این محصول را برای ورود به عرصه رقابت تجاری آماده کرده است، بطوری که این میکروآلگ پتانسیل کاربرد به عنوان منبع رنگدانه در آبزی پروری، پرورش طیور و بازار جهانی مکمل های غذایی را دارد (Lorenz و همکاران، ۲۰۰۰).

آستاگزانتین را می توان به صورت طبیعی و مصنوعی در آبزی پروری استفاده کرد، اما نوع مصنوعی آن حاوی ترکیبات کاروتنوئیدی غیرطبیعی است و به اندازه نوع طبیعی کارآمد نمی باشد (Gong و Chen، ۱۹۹۸؛ Johnson و An، ۱۹۹۱). این در حالی است که استفاده از منابع آستاگزانتین طبیعی نیز در جیره های آبزیان پرورشی در حال گسترش است. یکی از دلایلی که آستاگزانتین طبیعی کارایی بهتری نسبت به آستاگزانتین سنتتیک دارد به علت اتصال اسیدهای چربی است که در انتهای ملکول آنها قرار گرفته است. این شکل استری شده آستاگزانتین بسیار بهتر جذب اعضای مختلف بدن حیوانات می گردد. در یک بررسی بر روی میگو مشخص شد که آستاگزانتین

مواد و روش‌ها

به منظور اجرای این تحقیق، تعداد هفت حوضچه بتنی به ابعاد $1 \times 1 \times 4$ متر با شرایط نسبتاً یکسان برای استقرار گروه‌های آزمایشی در کارگاه تکثیر و پرورش قزل‌آلای کوخدان سی سخت آماده‌سازی گردید. طرح آزمایشی شامل شش تیمار تغذیه‌ای (T_1-T_6) و یک تیمار شاهد فاقد آستاگزانتین (C) بود. تیمارهای یک تا سه (T_1-T_3) به ترتیب دریافت‌کننده $2/67$ ، $5/33$ و 8 گرم جلبک هماتوکوکوس بر کیلوگرم غذا و تیمارهای چهار تا شش (T_4-T_6) به ترتیب دریافت‌کننده 40 ، 80 و 120 میلی‌گرم آستاگزانتین سنتتیک بودند، بطوری که با توجه به عیار $1/5$ درصدی آستاگزانتین جلبک هماتوکوکوس، هر شش تیمار به نسبت مساوی آستاگزانتین دریافت کردند. به عبارت دیگر، سطوح $2/67$ ، $5/33$ و 8 گرم جلبک هماتوکوکوس به ترتیب معادل 40 ، 80 و 120 میلی‌گرم آستاگزانتین در کیلوگرم غذا محاسبه گردید. معیار انتخاب سطوح آستاگزانتین بر اساس مطالعات قبلی انجام شده و همچنین توصیه شرکت سازنده مبنی بر استفاده از سطوح 40 - 100 میلی‌گرم آستاگزانتین در کیلوگرم غذا برای ماهیان مولد بود. تیمار شاهد از غذای بدون رنگدانه استفاده کرد (جدول ۱). تعداد 140 عدد ماهیان مولد ماده با وزن 2500 تا 3500 گرم بصورت تصادفی از گله مولدین سه تا چهار ساله کارگاه محل اجرای طرح تهیه و به ازای هر حوضچه 20 عدد، به صورت تصادفی در حوضچه‌ها تقسیم‌بندی شدند. یک استخر مجاور نیز به منظور انجام عملیات تکثیر آماده‌سازی شد و بوسیله ایرانیت و برزنت بصورت سر پوشیده درآمد. جلبک هماتوکوکوس مورد نیاز از شرکت Naturose در هاوایی و آستاگزانتین سنتتیک مورد نیاز نیز از شرکت داخلی رزدانه خریداری شد. برای تغذیه مولدین از خوراک BFT شرکت فرادانه استفاده شد. غذادهی به مولدین 2 مرتبه در روز (صبح و بعد از ظهر) انجام

شد. میزان غذا از ابتدای دوره تا قبل از شروع فصل تکثیر، $0/7-0/6$ درصد وزن بدن و در طول فصل تکثیر حدود $0/4-0/3$ وزن بدن در نظر گرفته شد. به دلیل انحلال بهتر کاروتنوئیدها در روغن، از روغن سویا به عنوان حلال جلبک هماتوکوکوس و آستاگزانتین سنتتیک استفاده شد. برای این منظور، به ازای هر کیلوگرم خوراک، سی میلی‌لیتر روغن سویا در نظر گرفته شد و پس از افزودن مقدار در نظر گرفته شده جلبک و آستاگزانتین، به آرامی روی غذا اسپری گردید. در زمان اسپری کردن روغن، خوراک مرتب به هم زده شده تا امکان آغشته شدن تمام پلت‌ها امکان‌پذیر گردید. در طی اجرای پروژه، از بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب سه فاکتور اکسیژن محلول، دما و pH اندازه‌گیری و ثبت شدند. مقدار میانگین آنها در طول آزمایش به ترتیب $8/7$ میلی‌گرم در لیتر، $11/3$ درجه سانتی‌گراد و $8/1$ بود.

از اواسط مهرماه، ماهی‌ها هر 10 روز مورد معاینه قرار گرفتند و به مرور آنهایی که دارای تخم‌های رسیده بودند، تکثیر گردیدند. پس از تخم‌کشی از هر مولد، نمونه‌ای از تخم به مقدار حدود 10 گرم برای انجام آزمایشات بعدی برداشت گردید و پس از قرار دادن در ظروف مخصوص به فریزر منتقل شد. مقداری از تخم‌های استحصالی هم به صورت تصادفی در پتری‌دیش جهت تعیین قطر و تعداد در گرم بصورت تصادفی قرار داده شد. فاکتورهای مربوط به بررسی عملکرد تکثیر شامل قطر تخم، تعداد در گرم، همآوری نسبی، درصد لقاح، درصد چشم‌زدگی و قابلیت تخم‌گشایی بودند. قطر تخم با استفاده از کولیس با دقت $0/1$ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. 8 روز بعد از لقاح، تعداد حدود 30 عدد تخم از هر سینی برداشته و در یک پتری‌دیش حاوی اسید استیک، متانول و آب مقطر (با نسبت $1:1:1$) قرار داده شد و برای تشخیص تخم‌های لقاح نیافته، زیر لوپ بررسی شدند. تخم‌های لقاح یافته به راحتی از طریق حضور کمر بند عصبی واضح از

آستاگزانتین جلبکی با تیمارهای ۴ و ۵ و تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار بود ($p < 0/05$). بین تیمار ۴ و ۶ به ترتیب با سطوح آستاگزانتین سنتتیک ۴۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید، بطوری‌که تیمار ۶ عملکرد بهتری از نظر افزایش قطر تخم نسبت به تیمار ۴ به همراه داشت. منبع و سطح آستاگزانتین جیره مورد استفاده اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر تعداد تخم در گرم به دنبال داشت ($p < 0/05$). بیشترین تعداد در گرم (۱۶/۱ عدد) مربوط به تیمار شاهد و کمترین تعداد در گرم (۱۲/۰۲) مربوط به تیمار ۳ حاصل گردید. بین تیمارهای دریافت کننده سطوح مختلف آستاگزانتین جلبکی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما در تیمارهای حاوی آستاگزانتین سنتتیک تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۴ و ۶ ایجاد شد، بطوری‌که تیمار ۶ عملکرد بهتری از نظر تعداد تخم در گرم به همراه داشت. با این حال، همه تیمارها اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند. تیمار ۳ با بهترین عملکرد تفاوت معنی‌داری با تیمارهای ۴ حاوی سطوح مختلف آستاگزانتین سنتتیک و تیمار شاهد داشت. در مورد میزان هم‌آوری و ارتباط آن با منبع و سطوح مختلف آستاگزانتین، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0/05$). با مقایسه میانگین تیمارها، بیشترین میزان هم‌آوری مربوط به تیمار ۳ (۱۴/۴) و کمترین آن مربوط به تیمار ۴ (۱۰/۲۷) بود. هرچند تیمارهای حاوی سطوح آستاگزانتین سنتتیک و تیمارهای حاوی سطوح آستاگزانتین جلبکی بطور جداگانه فاقد تفاوت معنی‌داری بودند، ولی بین تیمارها با منابع متفاوت آستاگزانتین اختلاف معنی‌دار وجود داشت، بطوری‌که این اختلاف بین تیمار ۱، ۲ و ۳ با تیمار ۴ و همچنین بین تیمار ۱ و ۳ با تیمار شاهد معنی‌دار بود. با افزایش سطوح آستاگزانتین از ۴۰ به ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در هر دو منبع آستاگزانتین جلبکی و سنتتیک، میزان هم‌آوری افزایش

تخم‌های لقاح نیافته قابل تشخیص بودند (Springate و همکاران، ۱۹۸۵). بعد از گذشت حدود ۲۰-۱۸ روز از لقاح و با شروع چشم‌زدن تخم‌ها، پس از وارد کردن شوک آرام مکانیکی نسبت به جمع‌آوری تلفات از طریق سیفون کردن اقدام شد. پس از جمع‌آوری و شمارش تخم‌های تلف شده، درصد چشم‌زدگی محاسبه گردید. حدود ۳۵ روز بعد از لقاح، تخم‌ها بتدریج شروع به تفریخ شدن کردند و لاروها از تخم خارج شدند. در این مرحله از طریق جمع‌آوری و شمارش تخم‌های تفریخ نشده، درصد تفریخ لاروها محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها از تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح آماری ۵ درصد در نرم‌افزار SPSS (11.5) استفاده شد. قبل از انجام تجزیه واریانس، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف کنترل گردید.

نتایج

عملکرد تکثیر مولدین مورد مطالعه تغذیه شده با ۶ جیره آزمایشی با ۳ سطح آستاگزانتین جلبکی و ۳ سطح آستاگزانتین سنتتیک و مقایسه آن با گروه شاهد در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده، اختلاف معنی‌داری در وزن تخم استحصال شده از مولدین مورد آزمایش در طی دوره پرورش در تمام تیمارها وجود ندارد ($p > 0/05$). بیشترین میزان استحصال تخم از یک مولد برابر با ۴۸۱/۷۵ گرم مربوط به تیمار ۳ و کمترین آن برابر با ۳۶۵/۵ مربوط به تیمار ۴ حاصل شد. با افزایش سطح آستاگزانتین جلبکی، میزان تخم استحصال از یک مولد از ۳۸۰/۷۵ گرم به ۴۸۱/۷۵ گرم افزایش یافت. در مورد منبع آستاگزانتین سنتتیک نیز وضعیت مشابهی حاصل گردید. در مورد قطر تخم بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0/05$), بطوری‌که بیشترین میزان قطر تخم مربوط به تیمار ۳ و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. بین تیمار ۳ با بالاترین سطح

تیمارهای حاوی آستاگزانتین جلبکی نسبت به تیمارهای سنتتیک، درصد بالاتری از تفریح حاصل شد. بیشترین میزان درصد چشم‌زدگی نیز در تیمار ۳ و پایین‌ترین آن در تیمار شاهد مشاهده شد و اختلاف معنی‌دار بود. تیمارهای حاوی آستاگزانتین جلبکی بالاترین درصد چشم‌زدگی را به‌همراه داشتند و اختلاف آنها با تیمارهای حاوی سطوح آستاگزانتین سنتتیک، معنی‌دار بود، بطوری‌که حتی تیمار ۱ با پایین‌ترین سطح آستاگزانتین جلبکی، درصد بالاتری از چشم‌زدگی را نسبت به تیمار ۶ با بالاترین سطح آستاگزانتین سنتتیک، به‌همراه داشت. کل تلفات در آزمایش ۴ عدد بود که در اثر بیرون پریدگی از حوضچه‌های آزمایشی بروز کرد. به‌عبارت دیگر، هیچ‌گونه تلفاتی ناشی از بیماری مشاهده نگردید و ماهی‌ها در طول دوره آزمایش از شادابی و سلامت کامل برخوردار بودند.

یافت، اما این میزان افزایش تفاوت معنی‌داری بین تیمارها با منبع آستاگزانتین یکسان به همراه نداشت. بررسی درصد لقاح تخم‌ها در تیمارهای مورد مطالعه نشان داد که در مورد این شاخص بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بیشترین درصد لقاح مربوط به تیمار ۵ (۹۶/۰۵ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۸۲/۷ درصد) بود. با مقایسه تیمارها مشخص شد که سطوح مختلف آستاگزانتین و منابع متفاوت آن تفاوت معنی‌داری را روی درصد لقاح تخم‌ها ایجاد نکرده است، فقط تیمارهای ۲، ۳، ۵ و ۶ تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند. در مورد درصد تفریح، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود داشت. بیشترین درصد تفریح مربوط به تیمار ۳ (۸۸/۸۲ درصد) و کمترین مربوط به تیمار شاهد (۷۵/۵۲ درصد) بود. بین تیمارهای ۱، ۲، ۵ و ۶ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مجموع، در

جدول ۱- تأثیر روابط متقابل سطوح مختلف آستاگزانتین با دومنوع سنتتیک و جلبکی بر برخی شاخص‌های تکثیر ماهی قزل‌آلا

تیمارها							شاخص‌ها
T _۶	T _۵	T _۴	T _۳	T _۲	T _۱	شاهد	
۳۰۷۱/۵ ± ۱۶۵/۰۴ ^a	۳۳۱۵/۵ ± ۲۹۵/۵۷ ^a	۳۲۸۰/ ± ۲۸۶/۱۲ ^a	۳۳۲۲/۵ ± ۱۲۱/۹۵ ^a	۳۱۴۷/۵ ± ۲۸۹/۸ ^a	۳۳۱۷/۵ ± ۳۰۷/۱۷ ^a	۳۲۸۷/۵ ± ۷۰/۱۶ ^a	وزن مولد (گرم)
۴۵۵/۷۵ ± ۲۱/۲۱ ^a	۴۳۸/۷۵ ± ۷۰/۱۴ ^a	۳۶۵/۵ ± ۳۷/۲۱ ^a	۴۸۱/۷۵ ± ۲۴/۹۸ ^a	۳۹۸/۲۵ ± ۳۳/۷۷ ^a	۳۸۰/۷۵ ± ۶۲/۲۸ ^a	۴۵۲/۰۰ ± ۳۱/۷۱ ^a	وزن تخم (گرم)
۵/۲۷ ± ۰/۰۲ ^{ab}	۴/۹۷ ± ۰/۰۶ ^{bcd}	۴/۹۲ ± ۰/۰۴ ^{cd}	۵/۴۲ ± ۰/۰۸ ^a	۵/۲ ± ۰/۰۴ ^{abc}	۵/۲۲ ± ۰/۱۱ ^{abc}	۴/۷۲ ± ۰/۱۰ ^d	قطر تخم (میلی‌متر)
۱۳/۶۷ ± ۰/۳۸ ^c	۱۴/۴ ± ۰/۲۸ ^{ab}	۱۵/۳۷ ± ۰/۳۵ ^{ab}	۱۲/۰۲ ± ۰/۳۸ ^d	۱۳/۲۲ ± ۰/۰۴ ^{cd}	۱۲/۰۰ ± ۰/۵۰ ^d	۱۶/۱ ± ۰/۲۲ ^a	تعداد تخم در گرم
۱۲/۴۱ ± ۰/۵۸ ^{abc}	۱۲/۶۲ ± ۰/۴۵ ^{abc}	۱۰/۲۷ ± ۰/۸۸ ^c	۱۴/۶۴ ± ۰/۳۱ ^a	۱۳/۲۴ ± ۰/۵۵ ^{ab}	۱۴/۷۸ ± ۰/۳۴ ^a	۱۱/۴۴ ± ۰/۸۹ ^{bc}	هم‌آوری
۹۶/۵۴ ± ۰/۹۸ ^a	۹۶/۱۷ ± ۰/۱۲ ^a	۹۲/۸۴ ± ۰/۸۶ ^{ab}	۹۵/۷۵ ± ۰/۵۵ ^a	۹۵/۳ ± ۰/۶۰ ^a	۹۳/۱۳ ± ۰/۵۶ ^{ab}	۹۰/۷۴ ± ۰/۹۶ ^b	درصد لقاح
۸۵/۷۷ ± ۰/۴۵ ^b	۸۳/۳ ± ۰/۶۴ ^c	۷۸/۱۰ ± ۰/۶۶ ^d	۸۸/۸۲ ± ۰/۴۷ ^a	۸۴ ± ۰/۶۴ ^{bc}	۸۲/۳۵ ± ۰/۴۷ ^c	۷۵/۵۲ ± ۰/۴۲ ^d	درصد تخم‌گشایی (هج)
۸۵/۶۵ ± ۰/۴۴ ^d	۸۵/۵۵ ± ۰/۸۵ ^d	۷۸/۲۷ ± ۰/۶۵ ^e	۹۸/۱۲ ± ۰/۴۱ ^a	۹۳/۹۰ ± ۰/۶۴ ^b	۸۹/۱۲ ± ۰/۴۰ ^c	۷۲/۰۲ ± ۰/۴۰ ^f	درصد چشم‌زدگی

اعدادی که در هر ردیف حروف یکسان بر روی آنها درج شده اختلاف معنی‌دار ندارند.

بحث و نتیجه‌گیری

اندام‌ها و تخم، در بهبود عملکرد تکثیر مولدین ماده عملکرد موثرتری نسبت به آستاگزانتین سنتتیک دارد. به‌طور کلی بهبود رنگ تولیدات آبی‌پرووری از طریق استفاده از کاروتنوئیدها یکی از مهم‌ترین پارامترهای تعیین‌کننده کیفیت آنها از نقطه نظر فروش محسوب می‌شود. علاوه بر نقش اثبات شده کاروتنوئیدها در بهبود رنگ آبی‌پرووری، این ترکیبات در پدیده تولید مثل نیز شرکت می‌کنند. نقش کاروتنوئیدها در

هدف کلی این تحقیق، بررسی امکان افزایش بازدهی تکثیر مولدین ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان از طریق افزایش کیفیت خوراک مولدین قزل‌آلا با افزودن مقدار موثر و مطلوب آستاگزانتین (با منبع سنتتیک یا جلبکی) بود که در نهایت مشخص شد آستاگزانتین جلبکی به دلیل طبیعی بودن و دارا بودن برخی مکمل‌های غذایی ضروری، علاوه بر خاصیت رنگداهی

تخم‌ریزی، افزایش درصد لقاح و افزایش راندمان تولید لارو به‌عنوان مزایای استفاده از آستاگزانتین گزارش شده است (Sawanboonchun و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر نیز شاخص‌های کمی تخم استحصال شده تحت تیمارهای مختلف آستاگزانتین به‌ویژه آستاگزانتین طبیعی وضعیت مطلوبی داشتند. بالاترین وزن تخم استحصال شده در تیمار ۳ با بالاترین سطح آستاگزانتین جلبکی به‌دست آمد (جدول ۱). با افزایش سطح آستاگزانتین در هر دو منبع میزان وزن تخم استحصال شده افزایش یافته که نشانگر تاثیر حضور آستاگزانتین بر افزایش وزن تخم می‌باشد که این تاثیر در منبع جلبکی بیشتر بوده است. در مورد قطر تخم نیز تیمار ۳ بهترین عملکرد را به همراه داشت و اختلاف معنی‌داری با بقیه تیمارها داشت ($p < 0.05$). مقادیر به‌دست آمده تیمارهای آستاگزانتین جلبکی نشان‌دهنده عملکرد بهتر استفاده از منابع طبیعی حاوی آستاگزانتین بر قطر تخم استحصال شده می‌باشد که مشابه نتایج به‌دست آمده توسط Watanabe و Vassallo-Auis (۲۰۰۳) در مورد تاثیر آستاگزانتین طبیعی بر کیفیت و کمیت تخم استحصال شده از مولدین سیم دریایی و striped jack بود. منبع و سطح آستاگزانتین مورد استفاده در جیره، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر تعداد تخم در واحد گرم به‌دنبال داشت، بطوری‌که بیشترین تعداد در گرم (۱۶/۱ عدد) مربوط به تیمار شاهد و کمترین (۱۲/۰۲ عدد) مربوط به تیمار ۳ بود. با افزایش آستاگزانتین جیره میزان هم‌آوری نیز در همه تیمارها افزایش یافت، ضمن آنکه بیشترین مقدار مربوط به تیمار ۳ بود. در یک بررسی توسط Sawanboonchun (۲۰۰۹) بر روی مولدین ماهی کاد (*Gadus morhua*, L.)، مشخص گردید که حضور آستاگزانتین در جیره غذایی باعث بهبود کیفیت تخم و افزایش میزان هم‌آوری می‌گردد. پژوهش‌های انجام شده بیانگر این است که درصد لقاح بالاتری را

تولیدمثل ماهی در مراحل مختلفی از قبیل بلوغ اووسیت‌ها، لقاح تخمک‌ها، تنفس تخم و رشد جنین، مشخص شده است (Craik, ۱۹۸۵؛ Torrissen, ۱۹۹۰؛ Pavlov و همکاران، ۲۰۰۴)، هرچند این موضوع نیاز به بررسی بیشتر دارد. همراه با رشد ماهیان آزاد، غلظت رنگدانه‌های آستاگزانتین و کانتاگزانتین در عضله افزایش می‌یابد (Torrissen, ۱۹۹۰) ولی در طی رشد تخمدان‌ها، کاروتنوئیدها از عضله و کبد به سمت تخمدان‌های در حال رشد حرکت کرده و سپس در تخمک‌ها تجمع می‌یابند. محتوای کاروتنوئیدی تخم و نیز رنگ ناشی از آن بستگی کامل به میزان ذخیره کاروتنوئید در تخمک در حین زرده‌گیری از طریق غذای مصرفی است (Kitahara, ۱۹۸۳؛ Torrissen و Torrissen, ۱۹۸۵). در یک بررسی بر روی تاثیر آستاگزانتین بر کیفیت تخم ماهی آزاد اقیانوس اطلس، تفاوت معنی‌داری در کیفیت تخم ماهیانی که آستاگزانتین مصرف کرده بودند یا نکرده بودند، مشاهده نشد (Chirstiansen و Torrissen, ۱۹۹۷). اما در مقابل، افزودن آستاگزانتین به‌عنوان مکمل به جیره غذایی، به میزان قابل توجهی باعث بهبود کیفیت تخم در striped jack (Vassallo-Agius و همکاران، ۲۰۰۱) و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Ahmadi و همکاران، ۲۰۰۶) شده است. حتی در برخی گزارشات اظهار شده که آستاگزانتین یک ویتامین ضروری یا یک هورمون لقاح و یک افزاینده رشد است (Sigurgisladottir, ۱۹۹۷). در مورد تاثیر آستاگزانتین جیره غذایی بر ذخیره آستاگزانتین تخمک و قابلیت لقاح در مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان، مشخص شده که آستاگزانتین موجود در تخم اثر مثبتی بر قابلیت لقاحی تخمک داشته، بطوری‌که میتوان نقش یک هورمون باروری برای آن در نظر گرفت (بازیار و همکاران، ۱۳۸۴). کاهش دفعات تخم‌ریزی، افزایش میانگین تعداد تخم سیال در هر بار

مقادیر یکسان آستاگزانتین، درصد بالاتری از میزان تفریح را به دنبال داشتند که نشان‌دهنده تاثیر موثرتر آستاگزانتین طبیعی نسبت به سنتتیک در بهبود عملکرد تولیدمثل می‌باشد. بیشترین میزان درصد چشم‌زدگی (۹۸/۱۲) در تیمار ۳ (۸ گرم جلبک بر کیلوگرم) مشاهده شد. پایین‌ترین درصد چشم‌زدگی مربوط به تیمار شاهد بود (۷۲/۰۲ درصد). تیمارهای حاوی آستاگزانتین جلبکی نسبت به سنتتیک، بالاترین درصد چشم‌زدگی را به همراه داشتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این بررسی، درصد چشم‌زدگی کاملاً تحت تاثیر آستاگزانتین طبیعی قرار داشت.

بطورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد آستاگزانتین باعث بهبود عملکرد تکثیر مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود. نتایج همچنین بیانگر این واقعیت است که آستاگزانتین جلبکی به دلیل دارا بودن سایر مکمل‌های غذایی نسبت به آستاگزانتین سنتتیک از برتری فوق‌العاده‌ای برخوردار بوده و شاخص‌های مربوط به تکثیر مولدین ماده را بهبود می‌بخشد. این تحقیق می‌تواند زمینه استفاده موثرتر از منابع رنگدانه‌های طبیعی بجای سنتتیک را در صنعت آبی‌پروری کشور گسترش داده و ضمن بهبود عملکرد تکثیر و پرورش، از عوارض جانبی احتمالی ترکیبات شیمیایی بکاهد.

در تخم‌های با رنگ‌پذیری بالا نسبت به تخم‌های با رنگ‌پذیری پایین می‌توان انتظار داشت (Craike, ۱۹۸۵; Mikulin و Sojn, ۱۹۷۵). در بررسی حاضر، نیز با وجودی که بین سطوح مختلف و منابع مختلف آستاگزانتین و تاثیر آنها بر درصد لقاح تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما (سطوح ۸۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آستاگزانتین از هر دو منبع جلبکی و سنتتیک) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند که نشان‌دهنده تاثیر حضور آستاگزانتین بر درصد لقاح می‌باشد. در یک بررسی مشخص شد ماهیان مولد تغذیه شده با آستاگزانتین نسبت به آنهایی که آستاگزانتین دریافت نکرده بودند، درصد لقاح بالاتری داشتند (بازیار و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین مشخص شده که کمبود کاروتنوئیدها در جیره غذایی مولدین قزل‌آلا، منجر به پایین آمدن درصد لقاح و بدشکلی لاروها شده است (Pavlov و همکاران، ۲۰۰۴). بررسی درصد تفریح و چشم‌زدگی تخم‌های استحصال شده در این تحقیق نشان داد که آستاگزانتین جلبکی در سطح ۸ گرم بر کیلوگرم جیره (تیمار ۳) تاثیر معنی‌داری بر این دو شاخص دارد. مولدینی که آستاگزانتین دریافت نکرده بودند، پایین‌ترین میزان تخم‌گشایی را داشتند. از طرفی، تیمارهای حاوی آستاگزانتین جلبکی نسبت به تیمارهای سنتتیک با

منابع

- ۱- بازیار، ا.، احمدی، م و مجازی امیری، ب. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر آستاگزانتین جیره غذایی بر ذخیره آستاگزانتین تخمک و قابلیت لقاح در مولدین قزل‌آلای رنگین‌کمان. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸. شماره ۱. ۱۲۳-۱۱۳.
- ۲- علیزاده، م. ۱۳۸۶. کاروتنوئیدها و کاربرد آنها در پرورش آبیان (قسمت دوم). مجله آبی‌پروری. انتشارات سازمان شیلات ایران. شماره ۲۳.
3. Ahmadi, M.R., Bazyar, A.A., Safi, S., Ytrestøyl, T., and Bjerkeng, B. 2006. Effects of dietary astaxanthin supplementation on reproductive characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Applied Ichthyol., 22: 388-394.
4. Boussiba, S., Bing, W., Yuan, J.P., Zarka, A., and Chen, F. 1999. Changes in pigments profile in the green algae *Haematococcus pluvialis* exposed to environmental stresses. Biotechnol. Lett., 21:601-604.
5. Christiansen, R., and Torrissen, O.J. 1997. Effect of dietary astaxanthin supplementation on fertilization and egg survival in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Aquaculture, 153: 51-62.
6. Craik, J.C.A. 1985. Egg quality and egg pigment content in salmonid fishes. Aquaculture, 47:61-88.

7. Darachai, J., Piyatiratitivorakul, S., and Menasveta, P. 1999. Effect of astaxanthin on stress resistance of *Penaeus monodon* larvae. Proceedings of the 37th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand. Text & Journal Publication Co. 240-245
8. Gong, X.D., and Chen, F. 1998. Influence of medium components on astaxanthin content and production of *Haematococcus pluvialis*. Proc. Biochem. 33: 385-391.
9. Guerin, M., Huntley, M.E., and Olaizola, M. 2003. *Haematococcus* astaxanthin: applications for human health and nutrition. Trends in Biotechnology, 21:210-216.
10. Harker, M., Tsavalos, A.J., and Yong, A.J. 1996. Autotrophic growth and carotenoid production of in 30 liter air-lift photobioreactor. J. Ferment. Bioeng, 82 (2): 113-118.
11. Hartman, M., Medem, F.G., Kuhn, R., and Bielig, H.J. 1947. Untersuchngen Uber die Berfruchtungs Stoffe der Regenbogeforelle. Z. Naturforsch., 2: 330-343.
12. Johnson, E.A., and An, G.H. 1991. Astaxanthin from microbial sources. Crit. Rev. Biotechnol., 11: 297- 326.
13. Johnson, E.A., and Schoeder, W.A. 1996. Biotechnology of astaxanthin production in *Phaffia rhodozyma*. In: Takeda G.R., Teranishi R., Williams P.J., Editors. Biotechnology for improved foods and flavors. Washington DC: American Chemical Society. 39-50.
14. Kitahara, T. 1983. Behavior of carotenoids in the Chum Salmon (*Oncorhynchus keta*) During Development. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50(3):531-536.
15. Kobayashi, M., Kakizono, T., and Nagai, S. 1991. Astaxanthin production by green algal, *Haematococcus pluvialis* accompanied with morphological changes in acetate media. J. Ferment. Bioeng., 71 (5): 335-339.
16. Lorenz, R.T., and Cysewski, G.R. 2000. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. Trends Biotechnol. 18, 160-167.
17. Mikulin, A.Y., and Soin, S.G. 1975. The Functional significance of carotenoids in the embryonic development of teleost. J. Ichthyol., 15(5): 749-759.
18. Olaizola, M. 2000. Commercial production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* using 25,000 L outdoor photobioreactors. J. Appl. Phycol., 12: 499-506.
19. Pavlov, D., Kjörsvik, E., Refsti, T., and Andersen, Ø. 2004. Brood stock and egg production in culture of cold-water marine fish, Moksness, E., Kjörsvik, E., Olsen, Y. ed, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, pp. 129-203.
20. Salze, G., Tocher, D.R., Roy, W.J., and Robertson, D.A. 2005. Egg quality determinants in cod (*Gadus morhua* L.): Egg performance and lipids in eggs from farmed and wild broodstock. Aquacult., 36: 1488-1499.
21. Sawanboonchun, J. 2009. Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.) broodstock nutrition: the role of arachidonic acid and astaxanthin as determinants of egg quality. Ph.D. Thesis. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland. 212p.
22. Sawanboonchun, J., Roy, W.J., Robertson, D.A., and Gordon, B.J. 2008. The impact of dietary supplementation with astaxanthin on egg quality in Atlantic cod broodstock (*Gadus morhua*, L.). Aquaculture, 283: 97 - 101
23. Sigurgisladottir, S., Torrissen, O., Lie, Ø., Thomassen, M., and Hafsteinsson, H. 1997. Salmon quality: methods to determine the quality parameters. Rev. Fish. Sci., 5: 223-252.
24. Springate, J.R.C., and Bromage, N.R. 1985. Effects of egg size on early growth and survival in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson), Aquaculture, 47: 163-172.
25. Torrissen, O.J. 1990. Biological activities of carotenoids in fishes, in the current status of fish nutrition in aquaculture, M. Takeda and T. Watanabe, ed. Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan, pp. 387-399.
26. Torrissen, K.R., and Torrissen, O.J. 1985. Protease activities and carotenoid level during the sexual maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 50:113-122.
27. Vassallo-Agius, R., Imaizumi, H., Watanabe, T., Yamazaki, T., Satoh, S., and Kiron, V. 2001. The influence of astaxanthin -supplemented dry pellets on spawning of striped jack. Fisheries Sci., 67: 260-270.
28. Watanabe, T., and Vassallo-Auis, R. 2003. Broodstock nutrition research on marine finfish in Japan. Aquaculture, 227: 35-61.
29. Yarzhombek, A.A. 1964. Carotenoid and trout farming. Sb. Tekhnicheskoy Informatsii VNIRO, 6: 20-25 (in Russian).