DOI: 10.22092/VJ.2020.351274.1746
شماره ۱۳۳ زمستان ۱۴۰۰
تحقیقات دامپزشکی و فرآورده‌های بیولوژیک

اثرات آستاگزانتین بر کارایی رشد، میزان بازماندگی و پراکسیداسیون لیپیدی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *(Oncorhynchus mykiss)*

• **نجمه شیخ‌زاده**
گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
• **مجتبی ظهوری**
دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
• **شلاله موسوی (نویسنده مسئول)**
گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹-۰۵-۰۴ تاریخ پذیرش:۱۳۹۹-۰۶-۲۴
Email: shalaleh.mousavi@tabrizu.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی تاثیر افزودنی آستاگزانتین خوراکی بر روی میزان زنده‌مانی، عملکرد رشدی و پراکسیداسیون لیپیدی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در طول دوره‌ی غذادهی اولیه انجام شد. بچه ماهی‌ها با میانگین وزن اولیه‌ی ۱۹۸/۵۰ میلی‌گرم با جیره‌ی حاوی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم افزودنی آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم جیره به مدت ۱۲۰ روز تغذیه شدند. نتایج به دست آمده ۱۰۰٪ زنده‌مانی را در همه‌ی گروه‌ها نشان داد. وزن و طول نهایی در دو گروه تیمار نسبت به گروه کنترل میزان بالاتری را نشان داد. میزان قابل توجه کاهش در ضریب تبدیل غذایی دو گروه تیمار در مقایسه با گروه کنترل هم دیده شد که این میزان کاهش در گروه دریافت‌کننده‌ی دوز بیشتر افزودنی بالاتر بود. میزان رشد مخصوص و فاکتور وضعیتی نیز در هر دو گروه تیمار نسبت به گروه کنترل مقدار بالاتری را نشان داد. وزن لاشه نیز با الگویی مشابه میزان رشد مخصوص و فاکتور وضعیتی با وجود افزایش در دو گروه تیمار نسبت به کنترل در گروه دریافت‌کننده‌ی دوز بیشتر افزایش بیشتری داشت. در بقیه‌ی مولفه‌ها که شامل شاخص کبدی-پیکری، شاخص طحالی-پیکری و شاخص احشایی-پیکری بودند تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای دیده نشد. محصول پراکسیداسیون لیپیدی، که با MDA نشان داده شد، در هر دو گروه تیمار نسبت به گروه کنترل کاهش یافت. نتایج به دست آمده نشان داد که تغذیه با میزان ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم جیره توانایی بهبود عملکرد رشد و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در دوره‌ی غذادهی اولیه‌ی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را دارد.

کلمات کلیدی: عملکرد رشد، ضریب تبدیل غذایی، رشد مخصوص، زنده‌مانی

Veterinary Researches & Biological Products No 133 pp: 187-193

Effects of astaxantin on growth performance, survival rate, and lipid peroxidation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

By: Sheikhzadeh, N., Department of Food Hygiene and Aquatic Animals, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran. Zohouri, M., Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran. and Mousavi, Sh., (Corresponding Author) Department of Food Hygiene and Aquatic Animals, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: 2020-07-25 **Accepted: 2020-09-14**

Email: hoda.javaheribarfourooshi@gmail.com

This study aimed to investigate the effects of dietary astaxanthin supplement on survival rate, growth performance and lipid peroxidation of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss during the first-feeding period. Fish fry with a mean initial weight of 198.50 mg were fed diets supplemented with 50 and 100 mg astaxanthin per kg feed for 120 days. Results showed that 100% survival rate was observed in all groups. Higher final weight and length compared to the control group were shown in both treatment groups. Significantly lower feed conversion ratio with lowest level in high dose group were noted in the treatment groups compared to the control group. Both specific growth rate and condition factor were significantly higher in both treatment groups in comparison with the control group. Carcass weight showed the same pattern as specific growth rate and condition factor with high levels in both treatment groups and highest level in high dose group compared to the control group. Remaining parameters, including hepatosomatic index, spleen somatic index and viscerosomatic index did not show significant changes in comparison with the control group. The total product of lipid peroxidation indicated as malondialdehyde (MDA), significantly decreased in both treatment groups. The results indicate that feeding astaxanthin at 50 and 100 mg per kg feed has a potential to enhance growth performance and decrease lipid peroxidation in rainbow trout during the first-feeding period.

Keyword: growth performance, feed conversion ratio, specific growth, survival rate

مقدمه

همزمان با رشد صنعت آبزي‌پروري، بيماري‌هاي خسارت‌زا به عنوان يكي از موانع رشد بروز كرده، به طوري كه سبب خساراتي بيش از ده درصد توليدات سالانه در اين صنعت مي‌گردد. بسياري از اين بيماري‌ها به دنبال استرس‌هاي ناشي از پرورش متراكم و فوق متراكم رخ مي‌دهد، لذا مديريت بيماري‌ها در صنعت آبزي‌پروري از اهميت قابل توجهي برخوردار مي‌باشند. در اين رابطه اتخاذ شيوه‌هاي صحيح كنترلي، درماني و پيشگيري مي‌تواند خسارت ناشي از بيماري‌ها را به حداقل برساند (۱). يكي از اين راه‌ها استفاده از تركيبات محرک سيستم ايمنی می‌باشد كه مي‌تواند موجب تقويت سيستم ايمنی گردد و توان ماهي را در مواجهه با شرايط نامساعد محيطی بالا برد. در سال‌های اخير به دليل توجه به حفظ محيط زيست و استفاده از مواد فاقد باقيماندگی در محيط استفاده از مواد محرک ايمنی گياهی در آبزی‌پروری رو به افزايش است (۱۹). از جمله محرک‌های ايمنی می‌توان به كاروتنوئيدها اشاره كرد كه موجب تقويت سيستم ايمنی بدن از طريق افزايش توليد پادتن، جلوگيری از اكسيداسيون چربی‌ها، محافظت سلول‌ها در مقابل آسيب‌های ناشی از اكسيداسيون، كاهش استرس، محافظت اندام‌های بدن از آسيب‌های ناشی از اشعه ماوراء بنفش و همچنين افزايش رشد و بازماندگی و لقاح و افزايش رنگ‌پذيری در گوشت ماهيان می‌گردند. با توجه به اين كه اين رنگدانه‌ها در بدن ماهی ساخته نمی‌شوند بايد به جيره غذايی ماهيان اضافه شود و با توجه به گرانی قيمت كاروتنوئيد و وجود اين كاروتنوئيدها در منابع گياهی می‌توان از رنگدانه‌هاي گياهی در جيره غذايی ماهيان استفاده كرد و ميزان لقاح، بازماندگی، توليد تام و بهبود كيفيت تام را در ماهيان بالا برد (۱۶، ۲۵). آستاگزانتين (۳، ۳-دی هيدروكسی-β،β-كاروتن-۴، ′۴- ديون) يک كتوكاروتنوئيد است كه از آن به عنوان يک سوپر ويتامين E نام برده می‌شود (۶). آستاگزانتين به صورت طبيعی در برخی گياهان، جلبک ها و باكتری‌ها ساخته می‌شود و از طريق زنجيره غذايی در طبيعت مورد تغذيه ماهی‌ها، سخت پوستان و پرندگان قرار مي‌گيرد (۱۳) كه سبب ايجاد رنگ قرمز يا نارنجی در برخی ماهی‌ها و سخت پوستان می‌گردد. از اعمال مهم اين رنگدانه‌ها می‌توان به اثرات آنتی‌اكسيدانی، تقويت سيستم ايمنی و مقاومت در برابر بيماری‌ها اشاره كرد (۱۷). مطالعات مختلف نشان داده است كه

مصرف این مکمل غذایی اثرات ضد پیری، ضد التهابی، محافظت در برابر آفتاب و تقویت پاسخ‌های هورمال و سلولی دارد (۶، ۱۳، ۱۷). کاروتنوئیدها ممکن است نرخ رشد و بلوغ، کیفیت تخم، مقاومت به افزایش سطح آمونیاك، سطح پایین اکسیژن و محافظت در برابر اثرات نور UV را افزایش دهند (۹). از اثرات کاروتنوئیدها در موجودات آبزي مي‌توان به افزایش رشد و بازماندگي در لاروها (۲۸) و همچنین افزایش مقاومت به بیماري (۲۶) اشاره کرد. استرس اکسیداتیو در محیط سلولی منجر به تشکیل لیپید پراکسیدهای ناپایدار و واکنشگر می‌شود. تجزیه پراکسیدهای ناپایدار و مشتق شده از اسیدهای چرب غیراشباع منجر به تشکیل مالون‌دی‌آلدئید (MDA) می‌شود که سنجش آن در سرم، شاخص مناسبی جهت بررسی پراکسیداسیون لیپیدها محسوب می‌شود (۲۲). در مطالعه حاضر نیز استفاده خوراکی از آستاگزانتین در این مرحله زمانی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مدنظر قرار گرفت تا پتانسیل این ترکیب در بهبود عملکرد رشد و میزان ماندگاری و پراکسیداسیون لیپیدی این گونه ماهی مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

ماهی

مطالعه حاضر در مزرعه‌ي پرورش ماهي قزل‌آلا واقع در استان اردبیل انجام شد. ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن اولیه ۰/۳۶ ± ۱۹۸/۵ میلی‌گرم و طول اولیه ۰/۰۲ ± ۲/۲۳ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفتند و آداپتاسیون به مدت ۱۰ روز با رژیم غذایی پایه انجام گرفت. ماهی‌ها در ۹ تانک سیمانی به ابعاد ۰/۳۵ × ۰/۲۲ × ۱/۸ متر پرورش داده شدند. تانک‌ها توسط جریان جاری آب هوادهی می‌شدند و آب تانک‌ها دارای ویژگی‌های سرعت جریان آب ۰/۵ l s-1، دمای آب ۱۰ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن نامحلول ۸ میلی‌گرم در لیتر، آمونیاک کمتر از۰/۱ میلی‌گرم در لیتر، نیتریت کمتر از ۱/۰ میلی‌گرم در لیتر، سختی آب ۲۷۵ میلی‌گرم در لیتر و pH برابر ۷/۲ بود.

طراحی آزمایش

ماده مورد استفاده در آزمایش نمونه‌ای تجاری و سنتز شده از آستاگزانتین (Lucatin pink) ساخت شرکت BASF آلمان بود که مقدار ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم آستاگزانتین خالص به ازای هر کیلوگرم جیره پایه در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب دوز نیز براساس مقالات پیشین بود (۳، ۷، ۱۱، ۱۸، ۲۷). اضافه کردن آستاگزانتین با اسپری کردن ۲۰ میلی‌لیتر روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم جیره انجام گرفت. به جیره‌ی غذائي گروه کنترل تنها ۲۰ میلی‌لیتر روغن ماهی به ازای هر کیلوگرم جیره افزوده شد؛ سپس تا زمانی که به مصرف ماهی‌ها برسد در کیسه‌های پلاستیکی در بسته و در دمای ۱۰ - ۸ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. در مجموع ۹۰ ماهي در سه گروه آزمایشگاهي به صورت کاملا تصادفي با سه تکرار و در هر تکرار ۱۰ قطعه ماهي در هر تانك با رژیم غذائي تجربي به مدت ۱۲۰ روز مورد تغذیه قرار گرفتند.

بازده رشد و اندازه‌گیری‌های بیومتریکال

ماهی‌های هر تانک در ابتدا و انتهای دوره ۱۲۰ روزه وزن‌کشی شده و میزان زنده‌مانی، ضریب تبدیل غذایی (Feed Conversion Ratio)، نرخ رشد ویژه (Specific Growth Rate)، فاکتور وضعیتی (Condition Factor)، وزن لاشه (CarcassWeight)، شاخص کبدی بدنی (Hepatosomatic Index)، شاخص طحالی بدنی (Spleen Somatic Index) و شاخص احشایی بدنی (Viscerosomatic Index) از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد (۱۰):

ضریب تبدیل غذایی (FCR) = وزن‌گیری ماهی / مجموع غذای مصرف شده

نرخ رشد ویژه (SGR) = Ln وزن ثانویه – Ln وزن اولیه تقسیم بر مدت زمان تیمار

فاکتور وضعیتی (CF) = طول(سانتی‌متر) / وزن (گرم)

شاخص کبدی بدنی (HSI) =۱۰۰ × (وزن مرطوب (گرم) / وزن کبد(گرم))

شاخص طحالی بدنی (SSI) =۱۰۰ × (وزن مرطوب(گرم) / وزن طحال(گرم))

شاخص احشایی بدنی (VSI) =۱۰۰ × (وزن مرطوب(گرم) / وزن احشا(گرم))

پراکسیداسیون لیپیدی

اندازه‌گیری میزان پراکسیداسیون لیپیدی با روش تیوباربیتوریک اسید انجام گرفت که به‌طور خلاصه به نمونه ۲/۵ میلی‌لیتر TCA ۲۰٪ اضافه و در دور g × ۱۵۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. ۲/۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۰/۰۵ مولار و ۲ میلی‌لیتر تیوباربیتوریک اسید ٪ ۰/۲ به رسوب حاصل از سانتریفیوژ اضافه شد و به مدت۳۰ دقیقه در بن‌ماری جوش قرار گرفت؛ سپس چهار میلی‌لیتر n بوتانول به محلول اضافه و سانتریفیوژ گردید و پس از خنک شدن، میزان جذب نوری محلول رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر قرائت شد (۲۲).

آنالیز آماری

نتایج به صورت میانگین ± خطای استاندارد (SEM) گزارش شده است. ارزش آماری داده‌ها توسط آزمون آماری one-way واریانس ها (ANOVA) مورد ارزیابی قرار گرفت که به این منظور از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۹ استفاده شد. همچنین داده‌ها به وسیله‌ی تحلیل آماری LSD جهت مقایسه‌ی میانگین‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. معنی‌دار بودن تفاوت داده‌ها در شرایط (P<۰/۰۵) مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج

در این مطالعه هیچ مرگ‌ومیری در گروه‌هاي مختلف مشاهده نشد. وزن و طول نهایی در دو گروه تیمار، نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری را نشان می‌داد و افزایش چشم‌گیر در وزن و طول نهايي دیده شد. همچنین در گروه‌هاي تیمار کاهش معني‌داري در ضریب تبدیل غذایی (FCR) نسبت به گروه کنترل به خصوص در گروه دریافت‌کننده دوز بالای آستاگزانتین دیده شد. دو شاخص نرخ رشد ویژه (SGR) و فاکتور وضعیتی (CF) در دو گروه تیمار نسبت به گروه کنترل افزایش داشتند. وزن لاشه (CW) با پیروی از الگوی ضریب تبدیل غذایی در دو گروه دریافت‌کننده‌ی آستاگزانتین به خصوص در گروه دریافت‌کننده‌ی دوز بالا

نسبت به گروه کنترل افزایش قابل توجهي داشت. سایر پارامترها مانند شاخص کبدی بدنی (HSI) شاخص طحالی بدنی (SSI) و شاخص احشایی بدنی (VSI) در گروه‌ها تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (جدول۱).

پراکسیداسیون لیپیدی

محصول پراکسیداسیون لیپیدی، در هر دو گروه تیمار کاهش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل نشان داد (شکل ۱).

بحث

عوامل متعددي سبب تلفات در نوزادان ماهی می‌شود اما استفاده از مواد تغذیه‌ای یا مواد محرک ایمنی می‌تواند موجب تقویت سیستم ایمنی، سیستم آنتی‌اکسیدان و بهبود رشد در ماهی شود. در مطالعه حاضر اثر آستاگزانتین در زمان تغذیه فعال تا ۱۲۰ روز در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان برای اولین بار مورد بررسي قرار گرفته است. در مطالعه‌ی انجام شده اثر چشم‌گیری در رشد ماهی‌های تغذیه شده با جیره تغییریافته دیده شد. ماهی‌های دریافت‌کننده‌ی جیره با دوز بالاتر آستاگزانتین، رشد بیشتری را نشان دادند. نتایج متفاوتی درباره اثر آستاگزانتین بر روی رشد ماهیان گزارش شده است. برای مثال استفاده از آستاگزانتین با مقادیر ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم جیره توانست رشد ماهی کورکر زرد (*Pseudosciaena crocea*) را افزایش دهد (۱۷) در حالی که در ماهیان آزاد اقیانوس اطلس استفاده از ۵/۳ میلی‌گرم آستاگزانتین به ازای هر کیلوگرم جیره خشک باعث کاهش رشد ماهی گردید(۸). در مطالعه‌ای دیگر استفاده از مقادیر کمتر از ۷۵ میلی‌گرم آستاگزانتین در یک کیلوگرم جیره هم در ماهی های کاراسین (Characin) و کورکر زرد اثری بر رشد این دو گونه ماهي نداشت (۲۹، ۳۰). همچنین ضریب هضم ظاهری آستاگزانتین در بین گونه‌های مختلف ماهی‌ها هم پیشتر مورد بررسي قرار گرفته است (۲). منابع مختلف آستاگزانتین در ماهی‌های مختلف نیز اثرات بیولوژیکی متفاوتی را ایجاد می کند. برای مثال در مقایسه‌ی اثر هماتوکوکوس پلوویالیس (*Haematococcus pluvialis*) به عنوان منبع طبیعی آستاگزانتین با آستاگزانتین شیمیایی سنتتیک در ماهی کورکر زرد، ماهی‌ها هنگام استفاده از منبع طبیعی آستاگزانتین رشد بیشتري را نسبت به مقادیر مشابه آستاگزانتین سنتتیك نشان دادند (۱۷). در مطالعه دیگر، بررسی نشان داد که مصرف فلفل دلمه‌ای قرمز و نارنجی در مقایسه با آستاگزانتین سنتیک قادر به بهبود عملکرد رشد و سیستم ایمنی در ماهی آزاد خزر (*Salmo trutta*) است (۱۶). جایگزینی پودر هویج با آستاگزانتین در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیز سبب بهبود رنگ پوست و فیله گردید (۴). عوامل دیگر مانند ترکیبات موجود در جیره غذایی، اندازه ماهی، سرعت رشد و مدت زمان تغذیه نیز می‌توانند بر استفاده از کاروتنوئیدها در رژیم غذایی و رسوب عضلانی آن تأثیر بگذارند.

در گونه‌های مختلف ماهی، عملکرد رشد بالاتر تحت تاثیر مکانیزم‌های مختلفي رخ مي‌دهد (۱۲). سه مکانیسم در بهبود رشد ماهی موثر است.

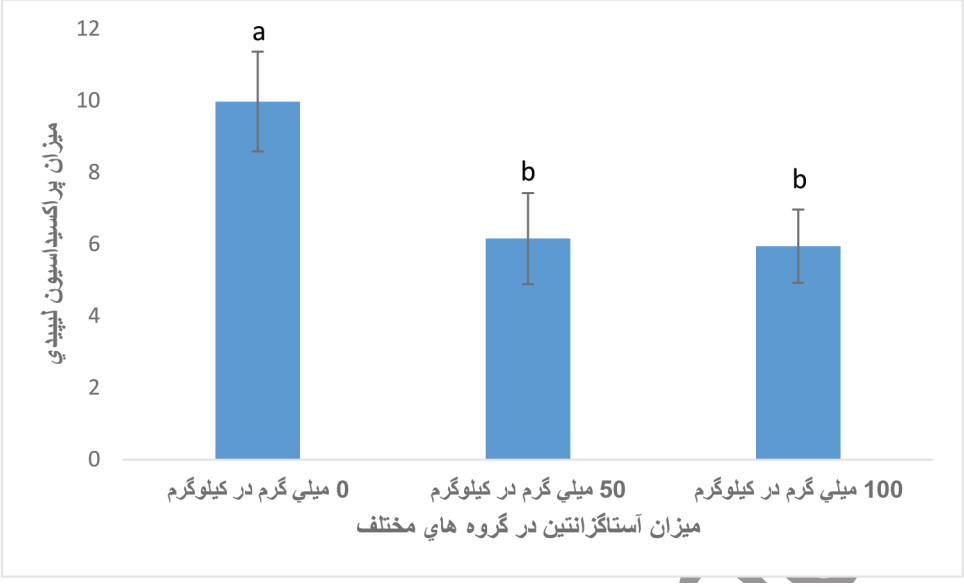
جدول ۱- عملکرد رشدی و میزان زنده‌مانی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با آستاگزانتین در یک دوره‌ی ۱۲۰ روزه.

فاکتورهای مورد بررسی	میزان آستاگزانتین در جیره		
	۰ میلی گرم در کیلوگرم (گروه کنترل)	۵۰ میلی گرم در کیلوگرم	۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم
(گرم) وزن نهایی	۹/۷۴ ± ۰/۶۹ [a]	۱۵/۷۰ ± ۰/۷۲ [b]	۱۸/۰۲ ± ۱/۱۹ [b]
(سانتی متر) طول نهایی	۹/۶۹ ± ۰/۲۵ [a]	۱۱/۵۸ ± ۰/۲۰ [b]	۱۲/۱۳ ± ۰/۲۹ [b]
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۱۵ ± ۰/۰۰۳ [a]	۰/۷۵۰ ± ۰/۰۰۵ [b]	۰/۶۹۲ ± ۰/۰۰۱ [c]
نرخ رشد ویژه (٪)	۳/۲۴ ± ۰/۰۷ [a]	۳/۶۴ ± ۰/۰۱ [b]	۳/۷۶ ± ۰/۰۲ [b]
فاکتور وضعیتی	۱/۰۶ ± ۰/۰۲ [a]	۱/۰۰ ± ۰/۰۱ [b]	۱/۰۱ ± ۰/۰۰ [b]
(گرم) وزن لاشه	۵/۷۳ ± ۰/۴۱ [a]	۹/۵۹ ± ۰/۵۰ [b]	۱۱/۶۳ ± ۰/۷۷ [c]
شاخص کبدی بدنی(٪)	۱/۴۴ ± ۰/۱۱	۱/۴۳ ± ۰/۰۵	۱/۴۸ ± ۰/۰۶
شاخص طحالی بدنی (٪)	۰/۴۵۰ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۵۸ ± ۰/۰۱۶	۰/۰۶۴ ± ۰/۰۱۱
شاخص احشایی بدنی (٪)	۱۹/۰۱ ± ۰/۷۱	۲۰/۲۹ ± ۴/۲۳	۱۲/۸۰ ± ۰/۵۴
میزان زنده مانی (٪)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

داده‌ها شامل میانگین ±SEM می‌باشند. داده‌های نشان داده شده با حروف مختلف در یک ردیف دارای تفاوت معنادار با یکدیگر هستند .(P<۰,۰۵)

بهبود میکرو فلور روده پس از مصرف بعضی مواد افزودنی ممکن است در بهبود رشد ماهي تاثیر داشته باشد. بیشتر مطالعات بر روی موش‌ها افزایش فلور روده را به دنبال استفاده از آستاگزانتین نشان داده است (۳۱). هرچند که مکانیسم دقیق این اتفاق مشخص نیست اما به نظر می‌رسد دلیل این افزایش فلور میکروبی را می‌توان در افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و فعالیت‌های ایمنی‌زایی در روده جستجو کرد. ضمن اینکه تولید ریز مولکول‌هایي که در بهبود وضعیت پاتولوژیک روده نقش دارند هم می‌تواند دلیل دیگری بر این رخداد باشد (۳۱). از عوامل موثر دوم در رشد، بهبود و افزایش آنزیم‌های گوارشی از جمله لیپاز، آمیلاز و پروتئاز می‌باشد. تاکنون اطلاعات دقیقی درباره اثر آستاگزانتین بر روی افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی در دست نیست اما مطالعات قبلی بر روی میگوي ماکروبرشیوم روزنبرگی (*Macrobrachium rosenbergii*) نشان داد که تغذیه با کلورلا ولگاریس (*Chlorella vulgaris*) به عنوان منبع کاروتینوئید باعث افزایش قابل توجه فعالیت آنزیم‌های گوارشی مانند پروتئاز، آمیلاز و لیپاز می‌گردد (۲۰). عامل سوم موثر در رشد گونه‌هاي مختلف ماهي‌ها، برقراری رابطه‌ی صحیح بین عملکرد و ساختار روده‌ی باریک است که باعث افزایش در ظرفیت هضمی دستگاه گوارش می‌گردد. به عنوان مثال هرچه پرزها در سطح روده، بلندتر، باریک‌تر و منظم‌تر قرار گرفته باشند نشان‌دهنده فعالیت هرچه بیشتر پرزها می‌باشد (۱۲). افزایش سلول‌های جامی موجود در دستگاه گوارش می‌تواند سبب افزایش هضم و جذب شود و از این طریق می‌تواند سبب افزایش رشد گردد (۲۴). برخی پروبیوتیک‌ها موجب افزایش ارتفاع پرزها و تعداد سلول‌های جامی می‌شود و همچنین سبب حفظ ساختار روده و بهبود شاخص‌های جذبی و افزایش آنزیم‌های گوارشی مختلف می‌شود. همچنین برخی از ترکیبات سبب افزایش ضخامت طبقه عضلانی روده در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود که این افزایش ضخامت باعث افزایش قدرت و بهبود حرکت روده شده و به این ترتیب باعث بهبود در جذب و تسهیل در دفع می‌شود (۲۴).

در مطالعه حاضر تغذیه با آستاگزاتین موجب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدهید سرمی در دو گروه تیمار گردید. مطالعات زیادی به بررسی اثرات ضد پراکسیداسیون لیپیدی آستاگزانتین پرداخته‌اند که نتایج آن‌ها تائیدکننده نتیجه مطالعه حاضر می‌باشد. بر اساس مطالعه محققان آستاگزانتین در خنثی‌سازی رادیکال های آزاد بهتر از کاروتنوئیدهای دیگر نظیر بتا کاروتن عمل می‌کند و در جلوگیری از پراکسیده‌شدن استرهای متیلی اسیدهای چرب اشباع نشده بهتر از کانتاگزانتین، بتاکاروتن و زاگزانتین می‌باشد. بتاکاروتن در حد آستاگزانتین قادر به ممانعت از پراکسید شدن لیپید در واکنش‌های اکسیداتیو نمی‌باشد و در این مورد آستاگزانتین صدبار موثرتر از بتاکاروتن گزارش شده است که از دلایل آن ایجاد غلظت مناسب آستاگزانتین در پلاسما و دسترسی زیستی راحت‌تر نسبت به بتاکاروتن است (۲۳). کنگ و همکاران (۲۰۰۱) به مطالعه اثرات خوراکی آستاگزانتین بر پراکسیداسیون لیپیدی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در رت‌هایی پرداختند که در معرض تتراکلریدکربن قرار گرفته‌بودند.



شکل ۱- مقایسه محصول پراکسیداسیون لیپیدی سرم در ماهی های قزل‌آلای رنگین کمان در گروه کنترل و گروه‌های تیمار پس از دوره ۱۲۰ روزه تغذیه با آستاگزانتین. داده‌ها شامل میانگین ±SEM می‌باشند. داده‌های نشان داده شده با حروف مختلف دارای تفاوت معنادار با یکدیگر هستند .(P <۰,۰۵)

آستاگزانتین سبب افزایش میزان آنزیم‌های گلوتاتیون‌پراکسیداز و سوپراکسیددیسموتاز و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در این رت‌ها گردید (۱۴). تجویز روزانه قرص آستاگزانتین (۴ میلی‌گرم) در دو نوبت به مردان ۳۳-۱۹ ساله پس از سه ماه منجر به کاهش اکسیداسیون اسیدهای چرب در گروه تیمار گردید (۱۵). برامبیلا و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند تغذیه با لوکانتین حاوی مقدار تقریبی ۵/۷۶ میلی‌گرم در گرم آستاگزانتین به مدت ۵۰ روز منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی در بافت عضله ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌گردد (۵). در مطالعه‌ای دیگر راما و مانجابهات (۲۰۱۴) به بررسی اثرات کاروتنوئیدهای غنی از آستاگزانتین استخراج شده از میگو بر ماهی‌های کپور در معرض استرس ناشی از مسمومیت با آمونیاک پرداختند. میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و وسوپراکسیددیسموتاز و آنتی‌اکسیدان تام سرم در گروه دریافت‌کننده عصاره کاروتنوئید حاوی آستاگزانتین بیشتر از گروه کنترل بود و از طرفی پراکسیداسیون لیپیدی در بافت ماهی‌های گروه تیمار به طور معنی‌داری پائین‌تر از گروه کنترل بود (۲۱). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه و مطالعات دیگر می‌توان نتیجه گرفت که آستاگزانتین در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش پراکسیداسیون لیپیدی اثری مثبت دارد. در این مطالعه استفاده از آستاگزانتین سبب بهبود ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیتی و وزن لاشه شد. در صورتی که پارامترای شاخص کبدی بدنی، شاخص طحالی بدنی و شاخص احشایی بدنی در گروه‌ها تفاوت معنی داری را نشان ندادند. از طرفی پراکسیداسیون لیپیدی در گروه تیمار پائین‌تر از گروه کنترل بود. با توجه به نتیجه این مطالعه می‌توان آستاگزانتین را بعنوان یک مکمل تغذیه‌ای مناسب برای افزایش رشد ماهی و کاهش تلفات در جیره بچه ماهیان توصیه کرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشکده دامپزشکی دانشگاه تبریز انجام گرفته است.

منابع مورد استفاده

[1] Ardo, L., G. Yin., P. Xu., L. Varadi., G. Szigeti., Z. Jeney and G. Jeney. 2008. Chinese herbs (Astragalus mambranaceus and Lonicera japonica) and boron enhance the non_specific immune response of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) and resistance against Aeromonas hydrophila. *Aquaculture* 275: 26 -33.

[2] Bjerkeng, B and G.M. Berge. 2000. Apparent digestibility coefficients and accumulation of astaxanthin E.Z isomers in Atlantic salmon (Salmo salar L.) and Atlantic halibut (Hippoglossus hippoglossus L.). Comparative Biochemistry and Physiology Part B 127: 423–432.

[3] Bazyar Lakeh AA, M.R. Ahmadi, S. Safi, T. Ytrestoyl, B. Bjerkeng. 2010. Growth performance, mortality and carotenoid pigmentation of fry offspring as affected by dietary supplementation of astaxanthin to female rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) broodstock. *Journal of Applied Ichthyology* 26: 35–39.

[4] Beygie Kaleshtari, A., S.V. Hosseini, M. Farhangi, G. Rafiee. 2019. Replacement of Astaxanthin with carrot powder in the Rainbow trout's diet: effects on the carotenoid content of skin, fillets and blood. *Journal of Aquaculture Sciences* 7(13): 165-173.

[5] Brambilla, F., A. Forchin., M. Antonini., S. Rimoldi., G. Terova and M. Saroglia. 2016. Effect of dietary Astaxanthin sources supplementation on muscle pigmentation and lipid peroxidation in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Italian Journal of Animal Science* 8(2): 845-847.

[6] Capelli, B and G. Cysewski. 2011. The World's Best Kept Health Secret NATURAL ASTAXANTHIN. Fourth Edition, 198.

[7] Christiansen, R., O. Lie and O.J. Torrissen. 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, Salmo salar L. *Aquaculture Research* 25(9): 903-914.

[8] Christiansen, R. and O.J. Torrissen. 1996. Growth and survival of Atlantic salmon, Salmo salar L. fed different dietary levels of astaxanthin. Juveniles. Aquaculture Nutrition 2(1): 55-62.

[9] Christiansen, R and O.J. Torrissen. 1997. Growth and survival of atlantic salmon, salmo salar L. fed comparition with cantaxanthin. *Aquaculture* 65: 293-305.

[10] Hasanpour, S., N. Sheikhzadeh, H. Jamali, M. Naderi Farsani, K. Mardani. 2019. Growth performance, antioxidant and immune status of Siberian sturgeon (Acipenser baeri) fed diets containing green tea extract and oxidized fish oil. *Journal of Applied Ichthyology* 35: 1179–1188.

[11] Hansen, O.J., V. Puvanendra, R. Bangera. 2016. Broodstock diet with water and astaxanthin improve condition and egg output of brood fish and larval survival in Atlantic cod, Gadus morhua L. *Aquaculture Research* 47: 819–829.

[12] Heidarieh, M., A.R. Mirvaghefi., M. Akbari., H. Farahmand., N. Sheikhzadeh., A.A. Shahbazfar and M. Behgar. 2012. Effect of dietary Ergosan on growth performance, digestive enzymes, intestinal histology, hematological parameters and body composition of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 1169-1174.

[13] Jagruthi, C., G. Yogeshwari., S.M. Anbazahan., M.L.S. Shanthi., J. Arockiaraj., P. Mariappan., G.R. Learnal, Sudhakar., C. Balasundaram and R. Harikrishnan. 2014. Effect of dietary astaxanthin against Aeromonas hydrophila infection in common carp, Cyprinus carpio. *Fish and Shellfish Immunology* 41(2): 674-680.

[14] Kang, J.O., S.J. Kim and H. Kim. 2001. Effect of astaxanthin on the hepatotoxicity, lipid peroxidation and antioxidative enzymes in the liver of CCl4-treated rats. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology* 23(2): 79-84.

[15] Karppi, J., T.H. Rissanen., K. Nyyssonen., J. Kaikkonen., A.G. Olsson., S. Voutilainen and J.T. Salonen. 2007. Effects of astaxanthin supplementation on lipid peroxidation. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* 77(1): 3-11.

[16] Kasalipour M, H. Khara, A. Sadeghpour. 2019. Effects of astaxanthin, red and orange pepper on growth, coloration, hematological and immunology factors in Caspian Sea salmon (Salmo trutta caspius). *Journal of Applied Biology* 32(4): 38-57.

[17] Li, M., W. Wu., P. Zhou., F. Xie., Q. Zhou and K. Mai. 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

[18] Lim, K.C., F.M. Yusoff, M. Shariff, M.S. Kamarudin. 2018. Astaxanthin as feed supplement in aquatic animals. *Rev. Aquaculture* 10(3): 738-773.

[19] Moustafa, EM., M.A.O. Dawood., D.H. Assar., A.A. Omar., Z.I. Elbialy., F.A. Farrag., M. Shukry and M.M. Zayed. 2019. Modulatory effects of fenugreek seeds powder on the histopathology, oxidative status, and immune related gene expression in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) infected with Aeromonas hydrophila. *Aquaculture* 734589.

[20] Radhakrishman,S., P. Sarvana Bhavan., C. Seenivasan and T. Muralisankar. 2015. Effect of dietary replacement of fishmeal with Chlorella vulgaris on growth performance, energy utilization and digestive enzymes in Macrobrachium rosenbergii postlarvae. *International Journal of Fisheries and Aquaculture* 6: 62-70.

[21] Rama, S and S.M. Manjabhat. 2014. Protective effect of shrimp carotenoids against ammonia stress in common carp, Cyprinus carpio. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 107: 207-213.

[22] Sheikhzadeh, N., H. Tayefi-Nasrabadi., A. Khani Oushani and H. Najafi enferadi. 2012. Effects of Haematococcus pluvialis supplementation on antioxidant system and metabolism in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Fish Physiology and Biochemistry* 38: 413-419.

[23] Shimidzu, N., M. Goto and W. Miki. 1996. Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organisms. *Fisheries Science* 62(1): 134-137.

[24] Shin, CH., J.H. Cha., S. Rahimnejad., J.B. Jeong., B.W. Yoo and B.K. Lee. 2014. Effects of dietary supplementation of Barodon, an anionic alkali mineral coplex, on growth performance, feed utilization, innate immunity, goblet cell and digestibility in olive flounder (Paralichthys olivaceus). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 27(3): 383.

[25] Sigurgisladottir, S., O. Torrissen., Q. Lie., M. Thomassen and H. Hafsteinsson. 1997. Salmon quality methods to determine the quality parameters. *Reviews in Fisheries Sciences* 5: 233-252.

[26] Tachibana, K., M. Yagi., K. Hara., T. Mishima and M. Tsuchimoto. 1997. Effects of feeding β-carotene supplemented rotifers on survival and lymphocyte proliferation reaction of fish larvae of Japanese parrotfish (Oplegnathus fasciatus) and Spotted parrotfish (Oplegnathus punctatus): preliminary trials. *Hydrobiologia* 358: 313-316.

[27] Talebi, M, H. Khara, J. Zoriehzahra, S.H. Ghobadi, A. Khodabandelo, E. Mirrasooli. 2012. Effects of Astaxanthin on Pigmentation, Growth and Blood factors on Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss). *Journal of Aquatic Animals and Fisheries* 3(9): 71-80.

[28] Torrissen, O.J. 1984. Pigmentation of salmonids: effects of carotenoids in eggs and start-feeding diet on survival and growth rate. *Aquaculture* 43: 185-193.

[29] Wang, Y.J., Y.H.Chien and C.H. Pan. 2006. Effects of dietary supplementation of carotenoids on survival, growth, pigmentation, and antioxidant capacity of characins, Hyphessobrycon callistus. *Aquaculture* 261: 641–648.

[30] Yi, X.W., W. Xu., H.H. Zhou., Y.J. Zhang., Y.W. Luo., W.B. Zhang and K.S. Mai. 2014. Effects of dietary astaxanthin and xanthophylls on the growth and skin pigmentation of large yellow croaker Larimichthys croceus. *Aquaculture* 433: 377–83.

[31] Yonei, Y., M. Yagi., M. Nakamura., L. Parengkuan., M. Ogura., T. Taira., S. Asano and H.H. Liu. 2013. Effects of Astaxanthin on Intestinal Microflora in Mice Fed a High-fat Diet. *Anti-Aging Medicine* 10 (4): 77