مقاله تحقیقی
مجله تحقیقات دامپزشکی، ۱۳۹۶، دوره ۷۲، شماره ۲، ۱۸۲-۱۷۳
Journal of Veterinary Research. 72,2:173-182, 2017
Original Article

تأثیر ال‌کارنیتین و ویتامین C بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرمی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

عزت‌اله شریف‌زاده[۱] سکینه یگانه[۲*] فرید فیروزبخش[۲] حسین اورجی[۲]

۱) دانش‌آموخته شیلات، شیلات علوم دامی و شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲) گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴ آذر ماه ۱۳۹۵، پذیرش نهایی: ۲۶ اسفند ماه ۱۳۹۵)

چکیده

زمینه مطالعه: بیوسنتز داخلی کارنیتین مستلزم وجود اسیدهای آمینه متیونین، لیزین، ویتامین‌های نیاسین و اسیداسکوربیک می‌باشد و استفاده از ال‌کارنیتین و ویتامین C ممکن است بتواند اثرات ال‌کارنیتین به تنهایی را بهبود بخشد. **هدف:** در این مطالعه، تأثیر سطوح مختلف ال‌کارنیتین و ویتامین C بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های سرمی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی شد. **روش کار:** بدین منظور، ۵۴۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزنی g ۲±۴۰، در تیمارهای آزمایشی حاوی ویتامین C در سه سطح صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ال‌کارنیتین در دو سطح صفر و ۸۰۰ (mg/kg) جیره) با سه تکرار قرار گرفتند. **نتایج:** نتایج نشان داد که افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در تیمار با ویتامین C ۵۰۰ و ال‌کارنیتین mg ۸۰۰ نسبت به تیمار فاقد مکمل (شاهد) افزایش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) یافت. بیشترین و کمترین میزان چربی به‌ترتیب در تیمار شاهد و در تیمار حاوی ویتامینC ۱۰۰۰ و ال‌کارنیتین mg/kg ۸۰۰ جیره مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بیشترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار حاوی ویتامین C ۵۰۰ و ال‌کارنیتین ۸۰۰ مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). کلسترول و گلوکز نیز تحت تأثیر ترکیب ویتامین C ۵۰۰ و ال‌کارنیتین mg ۸۰۰، کاهش معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) یافت، ترکیب ویتامین C ۱۰۰۰ و ال‌کارنیتین mg ۸۰۰، موجب کاهش معنی‌داری در میزان تری‌گلیسرید خون گردید ($p<۰/۰۵$). **نتیجه‌گیری نهایی:** در نهایت مشخص شد که استفاده از ویتامین C به میزان ۵۰۰ و ال-کارنیتین به میزان mg/kg ۸۰۰ در جیره غذائی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند موجب بهبود فراسنجه‌های رشد گردد.

واژه‌های کلیدی: ال‌کارنیتین، ویتامین C، فراسنجه‌های رشد، فراسنجه‌های سرمی، قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

مواد غذایی طبیعی ممکن است در تراکم پایین و شرایط پرورش غیرمتراکم بتوانند نیازهای ماهی را تامین نمایند. بااین‌وجود در تراکم‌های بالا مانند پرورش نیمه‌متراکم و متراکم که مواد غذایی طبیعی فقط برای حفظ حیات جمعیت کفایت می‌کند، افزودن مکمل‌های غذایی به جیره‌ها، دارای اهمیت خواهد بود (۲۲) به‌طور کلی، وجود مکمل‌های غذایی برای رشد، بقا و تولیدمثل موجودات ضروری است (۲). از مکمل‌های غذایی رایج می‌توان به مکمل‌های ویتامینی اشاره کرد که امروزه در صنعت شیلات و تغذیه آبزیان نقش مهمی ایفا می‌کند. نیازهای مربوط به ویتامین‌ها در جیره تحت تأثیر اندازه، سن، میزان رشد، ترکیب غذایی، شرایط محیطی، دسترسی به ویتامین‌ها از طریق مصرف مواد غذایی طبیعی و همچنین عملکرد فلور میکروبی دستگاه گوارش می‌باشد (۲۲). لذا شناخت مکمل‌های ویتامینی مناسب، نحوه بهره‌گیری و مقادیر بهینه مصرفی آن‌ها ضمن ایجاد شرایط مناسب پرورش و تولید موجب سودآوری و بهره اقتصادی می‌گردد.

کارنیتین نوعی پروویتامین است که قبلا تحت عنوان ویتامین BT و یا B_{11} شناخته می‌شد. کارنیتین با فرمول شیمیایی $C_7H_{15}NO_3$ به صورت محلول در آب و دارای وزن مولکولی ۱۶۱/۲ می‌باشد. وجود کارنیتین برای متابولیسم و حرکت اسیدهای چرب در داخل سلول‌ها ضروری است. لازم به ذکر است که کارنیتین در ۲ فرم ال و دی (L و D) یافت می‌شود که ال‌کارنیتین تنها فرم فعال آن از لحاظ بیولوژیک است و اصولا فرم دی در سیستم‌های بیولوژیک یافت نمی‌شود. اصولاً بیوسنتز داخلی کارنیتین مستلزم وجود اسیدهای آمینه متیونین، لیزین، ویتامین‌های نیاسین و اسیداسکوربیک می‌باشد (۱۸،۱۹). ویتامین C ناپایدارترین ویتامین محلول در آب است و یکی از مواد مغذی مهم در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد که به اکسیداسیون بسیار حساس بوده و در حضور فلزات از بین می‌رود، ولی در برابر انجماد مقاوم است و در الکل کمی محلول و در اتر و کلروفرم نامحلول است. فرمول شیمیائی ویتامین C، که اسید اسکوربیک نیز نامیده می‌شود، $C_6H_8O_6$ است دارای وزن مولکولی ۱۷۶/۱۳ g/mole می‌باشد (۱). ماهیان به‌دلیل نداشتن آنزیم گلونولاکتون اکسیداز (آنزیم مسئول در سنتز ویتامین C در مسیر de novo) قادر به سنتز این ویتامین نیستند (۴۰) و حتماً باید این ماده مغذی در جیره غذایی وجود داشته باشد. علایم کمبود این ویتامین در ماهی قزل‌آلا به صورت کاهش رشد، کاهش هماتوکریت، کاهش هموگلوبین، خونریزی در چشم، آبشش، کلیه، کبد، پوست (۱۹)، لردوزیس واسکولیوزیس، افزایش تری‌گلیسرید و کلسترول پلاسما (۴۰) گزارش شده است.

ال‌کارنیتین ارتباط مستقیمی با متابولیسم چربی دارد، به‌صورتی که به‌عنوان حامل اسیدهای چرب به میتوکندری مطرح بوده و در نتیجه بدون حضور ال‌کارنیتین امکان سوختن و ایجاد انرژی وجود ندارد (۱۸) به همین

*) نویسنده مسئول: تلفن: ۰۱۱-۳۳۶۸۷۵۷۴ نمابر: ۰۱۱-۳۳۶۸۷۷۱۵ Email: skyeganeh@gmail.com

دلیل، بسیاری ازمحققان سعی کرده‌اند ارتباطی بین مقادیر بالای ال کارنیتین در جیره‌ی غذایی ماهی و متابولیسم چربی برقرار کنند. اکسیداسیون چربی بالاتریـن میزان انرژی را در هـر واحد وزن از اجزای جیره تولید می کند. با توجه به اینکه ال کارنیتین اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد و بنابراین به نظر می‌رسد اضافه کردن ال کارنیتین به جیره ماهی بتواند موجب افزایش ذخیره پروتئین شـده و در نتیجه منتهی به رشـد بهتر در جیره‌های حاوی پروتئین کمتر شود (۱۹). از سوی دیگر، افزودن ال کارنیتین به جیره، ممکن است با تحریک اکسیداسیون اسیدچرب و تنظیم لیپولیز موجب جلوگیری از تجمع لیپیدها گردد.

اثـر ال کارنیتین در تعـدادی از گونه‌هـای ماهی مانند بـاس دریایی اروپایـی (Dicentrarchus labrax L.) (Santulli et al ،۱۹۸۶)، گربه‌ماهی آفریقایی(Clarias gariepinus) (۲۴،۳۵)، سیم قرمز دریایی (Pagrus major) (۸)، هیبریـد تیلاپیا (*O. niloticus* × *O. aureus*) (۳۹)، تیلاپیـای نیـل (Oreochromis niloticus) (۱۱)، هیبرید باس راه‌راه (*Morone chrysops* ♀× *M. saxatilis* ♂) (۱۶)، قـزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۱۸،۱۹)، فیل‌ماهی (*Huso huso*) (۱۳)، ماهی سـفید دریای خزر (Rutilus firsii kutum) (۲۵) و نیـز کلمه (Rutilus rutilus Caspicus) (۲۱) مورد مطالعه قرار گرفت. همچنیـن در ارتباط افزودن ویتامین C در جیره‌ی ماهیان مختلف شـامل ماهـی سـیچلاید (Cichlasoma urophthalmus) (۹)، سـالمون اقیانوس اطلس (Salmo salar) (۲)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (۱۲،۱۵،۳۶)، بچه‌ماهی جوان کوبیـا (Rachycentron canadum) (۴۰) مطالعاتی انجام شـده اسـت. با توجه به مطالب عنوان‌شـده در ارتباط با اهمیت ال-کارنیتیـن و ویتامین C در جیره‌ی ماهی و از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در مورد استفاده توام این دو ماده در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام نشده است، لذا در این مطالعه، بررسی اثر سطوح مختلف ال کارنیتین و ویتامین C بر فاکتورهای رشـد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های سرمی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مد نظر قرار گرفت.

مواد و روش کار

شـرایط پرورش و تغذیه: این تحقیق در یک دوره زمانی ۸ هفته‌ای، بر روی ۵۴۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۲g± ۴۰ در ۱۸ استخر بتونی (۶۰cm×۵۵×۲۰۰)(۳۰ قطعه درهرتکرار) و با حجم آبگیری ۳۶۶۰ m به ازای هر اسـتخر در سـال ۱۳۹۳ انجام گرفت. در این تحقیق اثرات ویتامین C و ال کارنیتین به صورت: ویتامین C در ۳ سـطح صفـر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ (mg/kg جیـره) (۲۷) و ال کارنیتین هم در ۲ سـطح صفـر و ۸۰۰ (mg/kg جیره)(۳۲) به شـرح زیر مورد بررسـی قرار گرفت. عملیات غذادهی براساس جدول استاندارد (درجه‌حرارت و درصد وزنی بدن) صورت گرفت. غذای مورداستفاده محتوی ۴۵٪ پروتئین، ۱۸٪ چربی، ۱۱٪ خاکسـتر، ۳/۵٪ فیبر، ۵ ٪ فسـفر و ۱۰٪ رطوبت بود (در مرحله تهیه پلت توسط شرکت سازنده، مکمل ویتامینی افزوده نشد). دمای آب به طور روزانه ثبت شـد، که به طور میانگین دمای صبح ۲ ±۱۴ °C و دمای ظهر ۲ ±۱۸ °C و میزان اکسیژن ورودی و خروجی کانال نیز به طور مداوم بررسی شد که میزان اکسیژن محلول ۱ ±۸ mg/l بود.

جهت تهیه جیره آزمایشی، ابتدا جیره غذایی هر تیمار بر حسب بیومس موجود و دمای محیط محاسـبه شد. ال کارنیتین‌تارترات، محصول شرکت مرک آلمان ماده‌ای پودری‌شـکل با خاصیت محلول در آب می‌باشـد که نحـوه اضافه‌کردن آن به غذا بدیـن ترتیب بود که در ابتدا میزان مورد نیاز ال کارنیتین هر تیمار محاسبه شده و پس از حل‌کردن در کمی آب به جیره اسـپری شـد. با اضافه کردن این محلول به غذا پلت‌های غذایی مرطوب می‌شـوند، به‌همین‌خاطر پلت‌ها، مدت ۲ ساعت در یک محیط سرپوشیده و دارای جریان باد قرار گرفت تا بطور کامل خشک شوند (۲۱،۴۲). افزودن ویتامین C به جیره غذایی نیز همانند ال کارنیتین انجام گرفت (۱،۲۶) و پس از افزودن ال کارنیتین و ویتامین C (جهت جلوگیری از هدررفت آن در آب)، پلت با مقدار کمی روغن ماهی پوشش‌دهی شد و به جیره‌ی شاهد نیز همین مقدار روغن ماهی اسپری شد.

شاخص‌های رشد: در دوره پرورش هر سه هفته یکبار، تعداد ۵ قطعه ماهی از هر تانک بصورت تصادفی نمونه‌برداری و پس از بیهوشی با اسانس گل میخـک (۱۵۰ mg/l)، وزن و طـول آن‌ها ثبت گردید و براسـاس آن میـزان غذادهی تنظیم گردید. در پایـان آزمایش، وزن و طول بچه‌ماهیان مورد پرورش اندازه‌گیری شـد تا پارامترهای رشد از قبیل ضریب رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، درصد افزایش وزن (WG٪)، فاکتور وضعیت (CF) و درصد بقا (SR٪) بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شود.

$$\%WG=W_2-W_1\times 100$$

$$SGR=(\ln W_2-W_{1/t})\times 100$$

$$FCR=F/WG$$

$$CF=(BW/L^3)$$

$$\%SR=(N_2/N_1)\times 100$$

(W_1= وزن اولیه، W_2= وزن ثانویه، t= طول دوره آزمایش، F= غذای داده شده، BW= وزن بدن، L= طول بدن، N_1= تعداد ماهیان ابتدای دوره، N_2= تعداد ماهیان انتهای دوره)

تجزیه شیمیایی لاشه ماهیان: در پایان دوره پرورش (۶۰ روز) تعداد ۳ قطعه بچه‌ماهی از هر تکرار بطور تصادفی جهت انجام آنالیز لاشه انتخاب گردید. تجزیه ترکیب شیمیایی لاشه و جیره‌های غذایی بر اساس روش‌های اسـتاندارد AOAC انجام گرفت (۴). اندازه‌گیری پروتئین با روش کلدال و چربی با روش سوکسله و حلال اتر صورت گرفت.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های سرمی: برای خون‌گیری، در انتهای آزمایش تعداد ۵ نمونه از هر تکرار به صورت تصادفی صید و به وسیله اسانس گل

میخک (۱۵۰ mg/l) بیهوش شـده و سـپس عملیات خون‌گیری از ناحیه ساقه دمی بوسیله سرنگ استریل انجام شد.

به منظور تعیین فراسنجه‌های سرمی، از دستگاه اتوآنالایزر (مدل BS ۱۲۰، سـاخت چین) و کیت‌های شـرکت پارس‌آزمون کرج، اسـتفاده شد. فراسنجه‌های سرمی مورد نظر شامل: گلوکز بوسیله کیت گلوکز، کلسترول به‌وسـیله کیت کلسـترول، تری‌گلیسرید به‌وسـیله کیت تری‌گلیسرید، توتال‌پروتئیـن به‌شـیوه modi-Biuret، آلبومیـن بـه شـیوه BCG/ Colorinetric و گلبولین به‌شـیوه دسـتی مورد بررسـی و آزمایش قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شـد و پس از اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از Kolmogorov-Smirnov Test، و تجزیـه و تحلیـل داده‌های به‌دسـت‌آمده به صورت آزمایش فاکتوریل با بررسـی عامل ال-کارنیتین در ۲ سطح (۰ و ۸۰۰ mg/kg) و عامل ویتامین C در ۳ سـطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg) به روش آنالیز واریانس دوطرفه (Two- Way- ANOVA) انجام شـد و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و T-Test در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارهای مختلف صورت گرفت.

نتایج

اثر جیره‌های آزمایشـی، بر فراسنجه‌های رشـد، در طول ۸ هفته در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. در طول آزمایش، هیچ علامتی از بیماری مشاهده نشد.

تمام تیمارهای حاوی ویتامین C و ال کارنیتین، افزایش وزن بیشتری نسـبت به تیمار فاقد مکمل نشـان دادنـد ($p<۰/۰۵$)، بیشـترین میزان افزایش وزن در سطح ویتامینC ۵۰۰، ال کارنیتین ۸۰۰ (mg/kg جیره) و کمترین مقدار آن در سطح ویتامین C صفر، ال کارنیتین صفر مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). افزایش وزن در تیمارهای ویتامین C صفر، ال کارنیتین ۸۰۰، ویتامیـن C۵۰۰، ال کارنیتین صفر و ویتامین C ۱۰۰۰، ال کارنیتین صفر و ۸۰۰ با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($p>۰/۰۵$).

در ارتبـاط با درصد بقا، تفاوت معنـی‌داری در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

در جیره‌های فاقد مکمل ال کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی به‌ترتیب در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C به‌دسـت آمد، اما جیره حاوی ۸۰۰ mg ال کارنیتین، بیشترین و کمترین ضریب تبدیل غذایی به‌ترتیب در مقدار صفر و ۸۰۰ ویتامین C مشـاهده شد. در جیره‌های فاقد مکمل ویتامین C، در جیره‌ی محتوی ۸۰۰ mg، این میزان کمتر به‌دست آمـد ($p<۰/۰۵$)، اما در سـایر مقادیر ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p>۰/۰۵$).

بیشـترین و کمتریـن مقدار ضریب رشـد ویژه در جیـره فاقد مکمل ال کارنیتیـن، به‌ترتیـب در مقـدار ۵۰۰ و صفـر ویتامین C به‌دسـت آمد ($p<۰/۰۵$)، اما در سـطح ۸۰۰ ال کارنیتین، تفاوت معنی‌داری بین مقادیر متفاوت ویتامین C مشاهده نشـد ($p>۰/۰۵$). تغییر میزان ال کارنیتین در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C، اثر معنی‌داری بر ضریب رشـد ویژه نشان داد به طوریکه افزودن ۸۰۰ mg ال کارنیتین، موجب افزایش ضریب رشد ویژه شد ($p<۰/۰۵$)، اما در مقدار ۵۰۰ ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p>۰/۰۵$).

آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که در ارتباط با تمام پارامترهای رشد بـه جز درصد بقـا، اثر هرکدام از افزودنی‌های ویتامیـن C و ال-کارنیتین معنـی‌دار بود، اما اثر متقابل ال کارنیتین و ویتامین C، تنها بر روی ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در مورد درصد بقا اثـر افزودنی‌های ویتامین C و ال کارنیتین و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$).

ترکیـب شـیمیائی بـدن: میزان چربـی و پروتئین بـدن بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف ویتامین C و ال کارنیتین در جدول ۳ نشان داده شده است.

آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که در ارتباط با چربی و پروتئین بدن اثر ویتامین C، ال کارنیتین و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$).

در سطح صفر ال کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار چربی، به‌ترتیب در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین Cبه‌دسـت آمد، اما بیشـترین و کمترین مقـدار پروتئین، به‌ترتیب در مقدار ۱۰۰۰ و صفر ویتامین C به‌دسـت آمد ($p<۰/۰۵$)، در تیمارهای حـاوی ۸۰۰ mg ال-کارنیتین، میزان چربی در بین تیمارهای حاوی مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). در مقدار ۱۰۰۰ ویتامین C، مقدار ال کارنیتین اثر معنی‌داری بر میزان چربی داشت به‌طوریکه مقدار چربی در تیمار حاوی ۸۰۰ mg ال-کارنیتین، کمتر بود ($p<۰/۰۵$)، اما در سایر مقادیر ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین بر میزان چربی مؤثر نبود ($p>۰/۰۵$).

در مقـدار ۵۰۰ ویتامین C، مقـدار ال کارنیتین اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین داشـت و افـزودن ۸۰۰ mg ال کارنیتین، موجـب افزایش میزان پروتئیـن شـد ($p<۰/۰۵$)، اما در سـایر مقادیر ویتامیـن C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p>۰/۰۵$). در تیمارهای حاوی ۸۰۰ mg ال کارنیتین، میـزان پروتئین در بین تیمارهای حاوی مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). اما در تیمارهای فاقد مکمل ال کارنیتین، افـزودن ۱۰۰۰ mg ویتامیـن C، موجـب افزایش مقـدار پروتئین گردید ($p<۰/۰۵$).

فراسنجه‌های سرمی: اثر جیره‌های آزمایشی بر فراسنجه‌های سرمی در طـول ۸ هفته دوره پرورش در جدول ۴ آمده اسـت. در فراسـنجه‌های سرمی مورد بررسی شامل تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز، تیمار ویتامین C صفر و ال کارنیتین صفر، بیشترین مقدار را نشان داد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۱. اثر سطوح مختلف ویتامین C و ال‌کارنتین (mg/kg جیره) بر افزایش وزن و نرخ بقای بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. * میانگین (±انحراف معیار)، حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

فراسنجه‌های رشد	ویتامین C الکارنیتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
افزایش وزن (٪)	صفر	۴/۴±۷۹/۸۹ ^{a*}	۷/۷±۸۹/۷۳ ^{b}	۱/۱± ۸۹/۴۳ ^{a}
	۸۰۰	۶/۵±۹۱/۴۹ ^{b}	۴/۷±۱۰۱/۱۵ ^{c}	۴/۸±۹۷/۴۳ ^{bc}
نرخ بقا (٪)	صفر	۳±۸۵/۲۹ ^{a}	۱±۸۸	۱/۵±۸۸ ^{a}
	۸۰۰	۳±۸۷/۴۳ ^{a}	۲/۵±۸۸/۴۹ ^{a}	۳±۸۸/۰۶ ^{a}

جدول ۲. اثر سطوح مختلف ویتامین C و ال‌کارنتین (mg/kg جیره) بر ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. * میانگین (±انحراف معیار)، حروف متفاوت کوچک و بزرگ به‌ترتیب، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطر و ستون مربوط به هر شاخص است (p<۰/۰۵).

فراسنجه‌های رشد	ویتامین C الکارنیتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
ضریب تبدیل غذایی	صفر	۰/۰۲± ۱/۲۵ ^{Aa}	۰/۰۴± ۱/۱ ^{Ab}	۰/۰۳±۱/۰۶ ^{Ab}
	۸۰۰	۰/۰۴± ۱/۱۳ ^{Ba}	۰/۰۲± ۱/۰۷ ^{Aa}	۰/۰۶± ۱/۱ ^{Aa}
ضریب رشد ویژه	صفر	۰/۰۵± ۱/۵۱ ^{Aa}	۰/۰۳± ۱/۷۰ ^{Ab}	۰/۰۳±۱/۶۳ ^{Ab}
	۸۰۰	۰/۰۵± ۱/۷۳ ^{Ba}	۰/۰۵± ۱/۷۹ ^{Aa}	۰/۰۵± ۱/۷۸ ^{Ba}

جدول ۳. ترکیب بدن (چربی و پروتئین) ماهیان مورد آزمایش. * میانگین (±انحراف معیار)، حروف متفاوت کوچک و بزرگ به‌ترتیب، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطر و ستون مربوط به هر شاخص است (p<۰/۰۵).

ترکیب بدن	ویتامین C الکارنیتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
چربی (٪)	صفر	۰/۰۵±۹/۵۷ ^{Aa*}	۰/۰۵±۷/۷۷ ^{Ab}	۰/۰۶±۸/۶۳ ^{Ac}
	۸۰۰	۲/۱۸± ۷/۵۹ ^{Aa}	۰/۰۵±۷/۷۷ ^{Aa}	۰/۰۶±۶/۳۸ ^{Ba}
پروتئین (٪)	صفر	۰/۰۸±۱۶/۳۴ ^{Aa}	۰/۰۸±۱۷/۲۹ ^{Aa}	۱/۰۹±۱۸/۳۶ ^{Ab}
	۸۰۰	۰/۰۴±۱۷/۶۲ ^{Aa}	۱/۲۱±۱۹/۳۴ ^{Ba}	۱/۰۸±۱۶/۷۸ ^{Aa}

جدول ۴. اثر سطوح مختلف ویتامین C و ال‌کارنیتین (mg/kg جیره) بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طول ۸ هفته دوره پرورش. *میانگین (±انحراف معیار). حروف متفاوت کوچک و بزرگ به‌ترتیب، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطر و ستون مربوط به هر شاخص است (p<۰/۰۵).

فراسنجه‌های سرمی	ویتامین C الکارنیتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
گلبولین (g/dl)	صفر	۰/۰۷±۳/۳۶ ^{Aa}	۰/۰۴± ۳/۸۳ ^{Aa}	۰/۰۵± ۳/۸۰ ^{Aa}
	۸۰۰	۰/۰۳± ۳/۸۳ ^{Aa}	۰/۰۱± ۳/۷۷ ^{Aa}	۰/۰۶±۴/۲ ^{Bb}
آلبومین (g/dl)	صفر	۱/۱± ۱/۲۱ ^{Aa}	۰/۰۸± ۱/۴۷ ^{Aa}	۰/۰۳± ۱/۴۱ ^{Aa}
	۸۰۰	۰/۰۴±۱/۵۲ ^{Aa}	۰/۸± ۱/۳۳ ^{Ab}	۰/۰۶± ۱/۵۹ ^{Ba}
توتال پروتئین (g/dl)	صفر	۱/۱± ۴/۵۷ ^{Aa}	۱/۱± ۵/۳ ^{Aa}	۱/۲ ± ۵/۲۷ ^{Aa}
	۸۰۰	۱/۰۲±۵/۸۹ ^{Ba}	۱/۲± ۵/۲ ^{Aa}	۱/۰۷± ۵/۷۹ ^{Aa}
تری‌گلیسرید (mg/dl)	صفر	۲/۳±۲۸۸/۰۳ ^{Aa}	۳/۶± ۱۹۲/۵۴ ^{Ab}	۱/۲± ۱۷۹/۸۸ ^{Ac}
	۸۰۰	۴/۴± ۱۷۱/۵۹ ^{Ba}	۴/۳± ۱۸۸/۷۷ ^{Ab}	۵/۵± ۱۳۱/۹۹ ^{Bc}
کلسترول (mg/dl)	صفر	۴/۵± ۳۷۱/۹۹ ^{Aa}	۴/۴± ۳۱۳/۰۰ ^{Ab}	۲/۳± ۲۴۹/۵۰ ^{Ac}
	۸۰۰	۷/۵± ۲۵۲/۷۹ ^{Ba}	۵/۴± ۲۰۲/۷۹ ^{Bb}	۱/۶± ۲۴۸/۸۸ ^{Aa}
گلوکز (mg/dl)	صفر	۴/۳±۱۰۹/۸۹ ^{Aa}	۳/۸± ۹۸/۳۴ ^{Ab}	۴/۴± ۹۷/۰۳ ^{Ab}
	۸۰۰	۱/۵± ۹۴/۴۹ ^{Ba}	۳/۷± ۵۹/۳۳ ^{Bb}	۷/۷± ۱۰۴/۴۹ ^{Aa}

آنالیز واریانس دوطرفه در ارتباط با میزان گلبولین، آلبومین، تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز نشان داد که اثر ویتامین C، ال-کارنیتین و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار بود (p<۰/۰۵)، در ارتباط با توتال پروتئین، اثر ویتامین C معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵)، اما اثر ال‌کارنیتین و اثر متقابل ویتامین C و ال‌کارنیتین معنی‌دار بود (p<۰/۰۵).

در سطح صفر ال‌کارنیتین، تفاوت معنی‌داری در مقدار گلبولین، آلبومین و توتال پروتئین در مقادیر مختلف ویتامین Cمشاهده نشد (p>۰/۰۵). در تیمار حاوی ۸۰۰ mg ال‌کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار گلبولین، به‌ترتیب در مقدار ۱۰۰۰ و صفر ویتامین C به‌دست آمد (p<۰/۰۵)، بیشترین و کمترین مقدار آلبومین، به‌ترتیب در مقدار ۱۰۰۰

و ۵۰۰ ویتامین C به‌دست آمد ($p<0/05$)، امـا در جیره‌های حاوی mg ۸۰۰ ال‌کارنیتین، مقادیر متفاوت ویتامین C، اثر معنی‌داری بر میزان توتال پروتئین نداشت ($p>0/05$).

در تیمارهای فاقد مکمل ال‌کارنیتین، مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز در مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی‌داری نشان داد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز به‌ترتیب در تیمار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C مشـاهده شد ($p<0/05$)، اما در تیمار حاوی mg ۸۰۰ ال‌کارنیتین، بیشـترین و کمترین مقدار تری‌گلیسـیرید، به‌ترتیب در مقدار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ویتامین C به‌دست آمد ($p<0/05$)، بیشترین و کمترین مقدار کلسـترول، به‌ترتیب در مقدار صفر و ۵۰۰ ویتامین C به‌دسـت آمد ($p<0/05$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشـان می‌دهد که استفاده از ویتامین C به میزان ۵۰۰ و ال‌کارنیتـین به میزان ۸۰۰ (mg/kg جیـره) در جیره غذائی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تأثیرمعنی‌داری بر فراسنجه‌های رشد داشته است، بدین نحو که استفاده از تیمار فوق، موجب افزایـش نرخ بقا، میزان افزایش وزن و ضریب رشـد ویژه در ماهیان مورد آزمایش گردیده است. استفاده از مقادیر متفاوت ال‌کارنیتین (mg/kg ۳۰۰ و ۶۰۰) در جیره‌ی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موجب عملکرد رشـد بهتر در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ال‌کارنیتین شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. اثر ال‌کارنیتین بر رشد ممکن است به این دلیل باشد که ال‌کارنیتین به‌عنوان یک کوفاکتور برای انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری جهت اکسیداسیون موجب ذخیره‌شدن پروتئین می‌گردد و در نتیجه موجودات تغذیه‌شـده با جیره حاوی ال‌کارنیتین زیاد، ممکن اسـت انرژی و پروتئین بیشتری جهت رشد در اختیار داشته باشند (۱۲).

افزودن ال‌کارنیتیـن (mg/kg ۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰) در جیره بچه‌ماهی انگشـت قـد Sander lucioperca، موجب افزایـش نرخ بقا و کاهش ضریب تبدیل غذایی شد (۲). استفاده از ترکیب لایزین و ال‌کارنیتین در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۵)، تغییرات معنی‌داری را در فراسنجه‌های رشـد شـامل افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذائی، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی ایجاد کرد. گزارشـات برخی از محققین، حاکی از عدم تأثیر معنی‌دار ال‌کارنیتین بر روی پارامترهای رشـد می‌باشـد کـه از آن جمله Becker و همـکاران در سـال ۱۹۹۵ (۶)، در تحقیقی در مورد اثر مکمل غذایی ال‌کارنیتین بر رشـد، متابولیسم و ترکیب بدن ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، Seyfabadi و همـکاران در سـال ۲۰۰۳ (۳۲)، در تحقیقی در مـورد تأثیر ال‌کارنیتین (صفر، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ mg/kg جیره) بر روی رشـد بچه‌ماهی سفید (Rutilus firsii kutum)، Burtle و Liu در سال ۱۹۹۴ (۷)، در تحقیقی در ارتباط با اثرات مکمل ال‌کارنیتین (۱۰۰۰ mg/kg جیره) حاوی ۳۰٪ پروتئین برای ماهیان انگشت‌قد گربه‌ماهی (Ictalurus punctatus)در سه سطح لیزین در جیره (۱/۱، ۱/۴ و ۱/۷٪)، Rodehutscord و همکاران در سال ۱۹۹۵ (۲۹)، در پژوهشی بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزودن ال‌کارنیتین (g/kg ۴ جیره) با سـطوح مختلف چربی (۵، ۱۰ و ۱۵٪)، Chatzifotis و همکاران در سال ۱۹۹۷ (۱۰)، در تحقیقـی در ارتبـاط با تأثیر ال‌کارنیتین (mg/kg ۰، ۲ و ۴ جیره) بر رشد بچه‌ماهیان انگشـت‌قد قزل‌آلای رنگین‌کمان، Torreele و همـکاران در سـال ۱۹۹۳ (۳۵)، در ارتباط اثـر ال‌کارنیتین (۱۰۰۰ mg/ kg جیره) با سطوح مختلف لیزین، بر رشد گربه‌ماهی آفریقایی (Clarias gariepinus)، Hosseini و همـکاران در سـال ۱۳۸۱ (۱۷)، در تحقیق خود با مقادیر مختلف ال‌کارنیتین (mg/kg ۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و جیره) بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تفاوت معنی‌داری روی رشد گزارش نکردند. استفاده از مقادیـر mg/kg، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۸۰۰ ال‌کارنیتیـن در جیـره‌ی ماهی صبیتی (Sparidentex hasta)، نشان داد که فراسنجه‌های رشد شامل ضریب رشد ویژه، درصد افزایش وزن، سرعت رشد روزانه و نسبت کارایی پروتئیـن در تیمار حاوی mg ۱۰۰۰ ال‌کارنیتین، بهتر بود (۳۳). علت عدم تأثیر ال‌کارنیتن بر رشد ممکن است به این دلیل باشد که تأثیر ال‌کارنیتین، وابسـته به مقدار مورد اسـتفاده‌ی آن در جیره می‌باشد (۱۲)، به‌طوریکه در برخی از مطالعات ارتباط خطی بین مقدار مورد استفاده و پاسخ عملکرد رشد مشـاهده شده است (۱۴). همچنین گزارش شده است که برخی از ماهیان قادرند مقادیر مورد نیاز ال‌کارنیتین جهت رشد خود را بسازند (۹).

Zhou و همـکاران در سـال ۲۰۱۲ (۴۰)، اثـر مقادیـر مختلـف ویتامیـن C را بر روی عملکرد رشـد و ایمنی اولیه در ماهی کوبیای جوان (Rachycentron canadum) با ۷ تیمار آزمایشی شامل صفر، ۱۳/۶، ۲۷/۲، ۵۴/۴، ۹۶/۶، ۱۹۳/۴ و ۳۸۶/۵ (mg/kg جیره) بررسی کردند، نتایج نشـان داد که میزان ویتامین C به طور قابل توجهی بر روی عملکرد رشد مؤثر بـوده و با افزایش میزان مصرف ویتامیـن C از ۱۳/۶ تا ۹۶/۶ (mg/ kg جیره)، عملکرد رشـد و درصد بقا را افزایش داد. افزودن ویتامین C در جیره طوطی ماهی (Oplegnathus fasciatus) (mg ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰ و ۲۰۰۰ آسکوربیک‌اسـید در kg جیره در شـکل ال-آسکوربیل-۲-منوفسـفات و mg ۶۰ و ۲۴۰ ال-آسکوربیک‌اسید در kg جیره)، نشان داد که درصد افزایش وزن و بقا در تیمار حاوی بیشترین میزان آسکوربیک اسید از سایر تیمارها بیشتر بود (۳۷).

به نظر می‌رسـد اثر افزایشـی مکمل غذائی ال‌کارنیتین و ویتامین C همانند اثر ال‌کارنیتین و لایزین (۵) در ماهی به مقدار مورد نیاز آن بستگی داشـته باشد، به طوری که در گونه‌های مختلف و شرایط و مقادیر مختلف متفاوت خواهد بود و در خارج از محدوده موردنیاز بر پارامترهای رشد تأثیری نخواهد داشـت. ال‌کارنیتین از آمینواسـیدهای ضروری شامل متیونین و لیزین با کمک ویتامین C و سـایر ترکیبات در بدن سـنتز می‌شـود (۲۸).

Nakagawa و همکاران در سال ۲۰۰۰، گزارش کردند که پیشرفت متابولیسم ویتامین C توسط اسپیرولینا (به عنوان مکمل غذایی)، متابولیسم چربی را از طریق متابولیسم کارنیتین فعال می‌کند (۲۰). چندین آنزیم در پروسه متابولیسم چربی و کارنیتین دخالت دارند، به‌عنوان مثال آنزیم پالمیتولی ترانسفراز است که آنزیم لیپولیز بوده و با مبادله کوآنزیم‌آ برای کارنیتین برای تسهیل انتقال گروه‌های آسیل به میتوکندری برای بتااکسیداسیون، عمل می‌کند (۲۰).

در تحقیق حاضر، در مقدار صفر ال‌کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، فراسنجه‌های رشد در میزان صفر ویتامین کمترین مقدار به‌دست آمد. اگرچه بهترین مقدار در تیمار ۵۰۰ مشاهده شد، اما به جز افزایش وزن در بقیه فراسنجه‌های رشد، با تیمار ۱۰۰۰mg/kg جیره تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در حالیکه در مقدار ۸۰۰mg/kg ال‌کارنیتین، در تمامی فراسنجه‌ها در تیمار ۵۰۰ ویتامین بهترین نتیجه مشاهده شد، که با تیمار ۱۰۰۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. استفاده توام دو مکمل ذکرشده، نسبت به استفاده مجزا، متفاوت بود، اگرچه اثر متقابل ویتامین C و ال‌کارنیتین بر افزایش وزن و نرخ بقا معنی‌دار نبود، اما بر ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه معنی‌دار بود. تأثیر ال‌کارنیتین ممکن است به این دلیل باشد که این ترکیب، نقش حیاتی را در متابولیسم چربی ایفا می‌کند و مقادیر ناکافی آن موجب کاتابولیسم آمینواسید می‌گردد (۲۱)، در نتیجه می‌تواند با افزایش قابلیت جذب پروتئین باعث افزایش رشد گردد. همچنین کارنیتین می‌تواند بر بهبود ضریب تبدیل غذایی و افزایش مقاومت در مقابله با شرایط تنش‌زای محیطی تأثیر مثبت داشته باشد (۳۲).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب ویتامین C و ال‌کارنیتین موجب ایجاد تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان پروتئین و چربی لاشه گردد، بر همین اساس ترکیب ویتامین C ۵۰۰ و ال‌کارنتین ۸۰۰، بیشترین میزان پروتئین و جیره شاهد (فاقد مکمل) بیشترین میزان چربی را در پایان آزمایش دارا بوده است. اکسیداسیون چربی بالاترین میزان انرژی را در هر واحد وزن از اجزای جیره تولید می‌کند. ال‌کارنیتین اکسیداسیون چربی را افزایش داده و می‌تواند موجب افزایش ذخیره پروتئین شده و بنابراین منتهی به رشد بهتر شود (۱۹). همچنین، ال‌کارنیتین افزودنی به جیره، ممکن است با تحریک اکسیداسیون اسیدچرب و تنظیم لیپولیز، موجب جلوگیری از تجمع لیپیدها شود (۵). در مطالعات انجام‌شده، استفاده از ال‌کارنیتین موجب افزایش ذخیره پروتئین و افزایش رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۱۹) و استفاده از لایزین و ال‌کارنیتین در جیره موجب کاهش چربی و افزایش پروتئین لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان گردید (۵).

Dikel و همکاران در سال ۲۰۱۰، در استفاده از مقادیر متفاوت ال‌کارنیتین (۳۰۰ mg/kg و ۶۰۰ جیره) در جیره ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان مشاهده کردند که جیره‌های حاوی ال‌کارنیتین، موجب کاهش میزان چربی و افزایش پروتئین در لاشه ماهیان تغذیه‌شده با مکمل ال‌کارنیتین می‌شود (۱۲). طبق گزارش Yang و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز، افزودن ال‌کارنیتین به جیره ماهی هیبرید تیلاپیا (*O. niloticus* × *O. aureus*)، چربی احشایی کاهش یافت، اما این امر، بر ترکیب تقریبی لاشه مؤثر نبود (۳۹)، استفاده از مقادیر متفاوت ال‌کارنیتین در جیره بچه‌ماهی انگشت قد Sander lucioperca، نشان داد که در تیمار حاوی mg/kg ۲۰۰۰ ال‌کارنیتین (نسبت به مقادیر mg/kg ۰ و ۱۰۰۰)، بیشترین میزان پروتئین و کمترین میزان چربی مشاهده شد (۲). همچنین مطالعات نشان داده است که افزایش ال‌کارنیتین به جیره غذائی ماهی، موجب کاهش چربی ماهیچه، کبد و افزایش پروتئین می‌گردد (۷،۳۵). Ji و همکاران در سال ۱۹۹۶، گزارش کردند که ال‌کارنیتین می‌تواند چربی غذایی و احشایی کبد را در ماهی آزاد کاهش دهد (۲۰). افزودن کارنیتین به تنهایی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، موجب افزایش میزان پروتئین و کاهش چربی گوشت گردید (۱۹). Focken و همکاران در سال ۱۹۹۷ (۱۴)، در تحقیقی در ارتباط با اثر مکمل غذایی ال‌کارنیتین (۲۰۰، ۴۰۰ mg/kg و ۶۰۰ جیره) در تغذیه ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*)، تغییری را در ترکیب بدن ماهیان مشاهده نکردند. این نوسانات در نتایج بدست‌آمده با مکمل ال‌کارنیتین ممکن است انعکاسی از مقادیر دیگر عناصر موجود در جیره و بیشتر بخاطر مقدار آمینواسیدهای ضروری لایزین و متیونین باشد که ماهی می‌تواند بوسیله آن‌ها نیازهای ال-کارنیتین خود را تامین نماید. چنین به نظر می‌رسد که عواملی مانند سن، ترکیب خوراک و نیازهای متابولیکی گونه، همگی در پاسخ ماهی به مکمل ال‌کارنیتین مؤثر باشد.

در تحقیق حاضر، در تیمار حاوی مقدار صفر ال‌کارنیتین، کمترین مقدار چربی در تیمار حاوی ۵۰۰mg ویتامین C مشاهده شد، در مقادیر ثابت ویتامین C و مقدار متفاوت ال‌کارنیتین، میزان چربی در مقدار mg ۸۰۰ ال‌کارنیتین، کمترین به‌دست آمد، و در مقدار ۸۰۰ ال‌کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، کمترین مقدار در تیمار حاوی ۱۰۰۰mg ال‌کارنیتین مشاهده شد. در ترکیب این دو عامل نیز، کمترین مقدار چربی در تیمار حاوی ۱۰۰۰ ویتامین C و ۸۰۰ ال‌کارنیتین مشاهده شد. اما آنچه که مشخص است، افزایش ال‌کارنیتین در هر مقدار ویتامین C، کاهش میزان چربی را به دنبال داشت، اثر متقابل ویتامین C و ال-کارنیتین نیز در مورد چربی معنی‌دار بود.

در تیمار حاوی مقدار صفر ال‌کارنیتین، بیشترین مقدار پروتئین در تیمار حاوی ۱۰۰۰mg ویتامین C مشاهده شد، در مقدار صفر ال‌کارنیتین، ویتامین C، موجب افزایش ذخیره پروتئین گردید. اما در مقدار ۸۰۰ ال‌کارنیتین، مقادیر متفاوت ویتامین C مؤثر نبود. در مقادیر ثابت ویتامین C (در سطح صفر و ۵۰۰)، میزان پروتئین در مقدار mg ۸۰۰ ال‌کارنیتین، بیشترین مقدار به‌دست آمد، اما در مقدار ۱۰۰۰mg ویتامین C، افزایش ال‌کارنیتین تأثیر مثبتی نداشت. در ترکیب این دو عامل، بیشترین مقدار پروتئین در تیمار حاوی ۵۰۰ ویتامین C و ۸۰۰ ال‌کارنیتین مشاهده شد، که ممکن است اثر

هم‌افزایی آن‌ها را نشان دهد که منجر به افزایش معنی‌دار در میزان پروتئین لاشه شد. اثر متقابل ویتامین C و ال کارنیتین در مورد پروتئین معنی‌دار بود. در تحقیقات قبلی مشخص شده است که ال کارنیتین به عنوان یک افزاینده رشـد عمل می‌کند، مخصوصاً در اسـتفاده از مقادیر بالای چربی در جیره کمک می‌کند و باعث صرفه‌جویی در مصرف پروتئین شـده و به‌کارگیری چربی را درجیره آبزیان بهبود می‌بخشـد (۳۲). کارنیتین یک جزء اصلی در بافت‌ها و پلاسمای موجودات بوده و برای انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به محل اکسیداسیون نیاز است. کارنیتین همچنین یک سوبسترا برای آنزیم‌های carnitine palmitoyltransferases I–II و carnitine acetyltransferase که مصرف اسـیدچرب را تنظیم می‌کنند می‌باشد (۱۲). اثر افزاینده رشد مکمل کارنیتین در جیره ماهی به افزایش در مصرف انرژی در اثر افزایش اکسیداسـیون اسیدهای چرب در میتوکندری نسبت داده می‌شـود (۱۸). بیوسنتز داخلی کارنیتین مستلزم وجود اسیدهای آمینه متیونین، لیزین، ویتامین‌های نیاسین و اسیداسکوربیک می‌باشد (۳۲)، لذا ممکن است افزودن این ویتامین اثرگذاری ال کارنیتین را افزایش داده باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشـان داد که ترکیب ویتامیـن C و ال کارنیتین در جیـره غذائی ماهی قزل آلای رنگین‌کمان موجب ایجاد تغییر در برخی فراسنجه‌های سرمی گردیده است، بدین معنی که میزان کلسترول، گلوکز در حضور تیمار ویتامین C ۵۰۰ و ال کارنیتین ۸۰۰ کاهش چشمگیری نسبت به سایر تیمارها داشته، همچنین میزان توتال پروتئین خون در تیمار ویتامین C صفر و ال کارنیتین ۸۰۰ بیشـترین مقدار را داشته است و تری‌گلیسرید خـون نیز در تیمار ترکیبی ویتامیـن C ۱۰۰۰ و ال کارنیتین ۸۰۰، کاهش چشمگیری نسـبت به سـایر تیمارها از خود نشـان داد. مطالعات گذشته نشـان داد که افزودن ال کارنیتین (تـا ۸۰۰mg/kg جیره) و پروتئین (۲۲ تا ۲۸٪) در جیره ماهی تیلاپیا موجب کاهش معنی‌دار در میزان کلسترول، تری‌گلیسرید و کلسترول با دانسیته کم و افزایش میزان گلوکز و کلسترول با دانسیته بالا می‌گردد (۱۱). ترکیب لایزین و ال کارنیتین نیز اثر معنی‌داری بر پارامترهای کیفی خون داشت (۴). در مطالعات قبلی نیز، افزودن کارنیتین در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمـان، موجب افزایش معنی‌دار در میزان کلسترول، پروتئین تام، آلبومین و گلبولین سرم گردید، اما بر میزان گلوکز مؤثر نبود (۱۹).

ویتامین C در متابولیسم لیپیدها از جمله کلسترول دخالت داشته و به عنوان یک آنتی‌اکسـیدان مطرح می‌باشد (۳۰). کمترین میزان کلسترول پلاسـمای ماهی استرلیاد (Acipenser ruthenus) در مقدار ۱۰۰ mg ویتامین C و E در کیلوگرم جیره (در مقایسه با ۰ mg و ۴۰۰) به‌دست آمد (۳۴). اسـتفاده از اسیدآسکوربیک (تا ۷۵۰ mg/kg جیره) برای گربه‌ماهی (Pangasianodon gigas)، اثر معنی‌داری در میزان پروتئین و گلوکز سرم نداشت (۲۶). بیشترین مقدار فراسنجه‌های سرمی تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز، در تیمار حاوی مقدار صفر ویتامین C و ال کارنیتین مشاهده شد، در مقادیـر ثابت ویتامیـن C (در مقـدار ۰ mg/kg، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ جیره) و مقدار متفاوت ال کارنیتین، میزان تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز در مقدار ۸۰۰ mg ال کارنیتین کمترین به‌دسـت آمد، در مقدار صفر ال کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، کمترین مقدار تری‌گلسیرید، کلسترول و گلوکز، در میزان ۱۰۰۰mg ویتامین C مشـاهده شد، در مقدار ۸۰۰ ال کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، کمترین مقدار گلوکز و کلسترول در میزان mg ۵۰۰ و کمترین مقدار تری‌گلیسرید در مقدار ۱۰۰۰ mg ویتامین C مشاهده شـد، در ترکیب این دو عامل، کمترین مقدار کلسـترول و گلوکز در تیمار حاوی ۵۰۰ ویتامین C و ۸۰۰ ال کارنیتین مشاهده شد. اثر متقابل ویتامین C و ال کارنیتین بر فراسنجه‌های سرمی بررسی‌شده، معنی‌دار بود. به‌هرحال افزایش ویتامین منجر به کاهش این فراسـنجه‌ها گردید که ممکن است به این دلیل باشـد که ال کارنیتین، مخصوصاً در اسـتفاده از مقادیر بالای چربـی در جیره کمک می‌کند و به‌کارگیری چربی را در جیره آبزیان بهبود می‌بخشـد، همچنین در تحریک دسـتگاه ایمنی با تأثیرگذاری بر ایمنی سلولی و ایمنی هومورال مؤثر است (۳۲).

نتیجه‌گیـری: تحقیـق حاضر با هـدف افزایش رشـد بچه‌ماهیان در طول دوره پرورش و در نتیجه کاهش مدت زمان نگهداری برای رسـیدن بـه اوزان بالاتر به منظور افزایش میزان تولید و کاهش هزینه تولید انجام گرفت. در تحقیق به‌عمل‌آمده اثر ال کارنیتین و ویتامین C بر فراسنجه‌های رشـد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های سرمی خون مورد بررسی قرار گرفت و مشـخص شد که استفاده از این دو مکمل می‌تواند در بهبود عملکرد رشد و فراسـنجه‌های سرمی مؤثر باشد براسـاس نتایج کلی این تحقیق مقدار ویتامینC ۵۰۰ و ال کارنیتین mg/kg ۸۰۰ جیره پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

از همکاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت انجام برخی آزمایش‌های مربوط به پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Afshar mazandaran, N. (2003) Practical Guide to Nutrition and Food Inputs in Aquaculture. (1st ed.) Nourbakhsh publication center. Tehran, Iran.
2. Akbari, M., Zakipour Rahimabadi, E., Sorinejad, I., Azimi Rad, M., Efatpanah, E., Khanjani, M. H. (2014) Effect of different levels of dietary L-carnitine on growth performance, food efficiency and body composition of Pikeperch (Sander lucioperca) Fingerlings. World Journal of Fish and Marine Sciences. 6: 227-232.
3. Andersen, F., Lygren, B., Maage, A., Waagbø, R.

(1998) Interaction between two dietary levels of iron and two forms of ascorbic acid and the effect on growth, antioxidant status and some non-specific immune parameters in Atlantic salmon (Salmo salar) smolts. Aquaculture. 161: 437-451.

4. AOAC (1997) Official Methods of Analysis. (16th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, 49p.
5. Avani, A., Tavakol, S., Faghani langroudi, H., Norouzi, M. (2013) The interaction of lysine and L-carnitine on growth and some blood parameters in Rainbow trout. J. Fish. Azadshahr, 7th year. 1: 81-88.
6. Becker, K., Focken, U. (1995) Effect of feed supplementation with L-carnitine on growth metabolism, and body composition of Carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture. 129: 341-343.
7. Burtle, GQ., Liu, Q. (1994) Dietary carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. J World Aquac Soc. 25: 169-174.
8. Chatzifotis, S. Takeuchi, T., Seikai,T. (1996) The effect of dietary carnitine supplementation on growth of redsea bream (Pagrus major) fingerlings at two levels of dietary lysine. Aquaculture. 147: 235-248.
9. Chatzifotis, S., Takeuchi, T., Watanabe, T., Satoh, S. (1997) The effect of dietary carnitine supplementation on growth of rainbow trout fingerlings. Fish Sci. 63: 321-322.
10. Chávez de Martínez, MC. (1990) Vitamin C requirement of the Mexican native cichlid Cichlasoma urophthalmus (Gunther). Aquaculture. 86: 409-416.
11. Chen, G., Zhang, M., Zhang, J., Dong, H., Zhou, H., Tang, B., Huang J., Shi, G., Jiang, L., Wu, Z. (2009) The Effects of Different Levels of Dietary Protein and L-Carnitine on Blood Sugar an Lipids of the New GIFT Strain of Juvenile Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). Sci World J. 9: 1197-1205.
12. Dikel, S., Ünalan, B., Eroldoğan, OT., Özlüer Hunt, A. (2010) Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Turk J Fish Aquat Sci. 10: 173-180.
13. Ebrahimi, A., Pourreza, G., Sergei, V.P., Kamali, A., Hosseini, A. (2005) Effect of Different level of protein and lipid on growth performance and chemical composition of Bluga (*Huso huso*) fingerlings. J. Agr. Natur. Resour. Sci. Tech. 2: 229-241.
14. Focken, U., Becker, K., Lawrence, P. (1997) A note on the effects of L-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, *Cyprinus carpio* L. Aquac Nutr. 3: 261-264.
15. Frischknecht, R., Wahli, T., Meier, W. (1994) Comparison of pathological changes due to deficiency of vitamin C, vitamin E and combinations of vitamin C and E in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J. Fish Dis. 17: 3-45.
16. Gaylord, T.G., Gatlin, D.M. (2000) Dietary lipid level but not L-carnitine affects growth performance of hybrid striped bass (*Morone chrysops*♀× *M. saxatilis* ♂). Aquaculture. 190: 237-246
17. Harpaz, S. (2005) L-Carnitine and Its attributed functions in fish culture and nutrition- a review. Aquaculture. 249: 3-21.
18. Hosseini, S.N., Seyfabadi, S.J. Kalbasi, M.R. and Vilki, A.S. (2003) Effect of L-carnitine on initial growth and body chemical composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Marine Sci Tech Iran. 1: 41-45.
19. Jalali Hajiabadi, SMA., Sadeghi, AL., Mahboobi Sufiani, N., Chamani, M., Riazi, G.H. (2010) The effect of L-carnitine on blood parameters and growth in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Agr Natur Resour Sci Tech. 13: 105-115.
20. Ji, H., Om, AD., Yoshimatsu, T., Umino, T., Nakagawa, H., Sakamato, S. (2009) Effect of dietary ascorbate on lipogenesis and lipolysis activities in black sea bream, Acanthopagrus schlegelii. Fish Physiol Biochem. 36: 749-55.
21. Kordi, H., Imanpour, MR., Sedaghat, S. (2012) Effect of L-Carnitine supplementation on growth performance and carcass composition of Caspian Roach (Rutilus rutilus Caspicus). World J Fish Mar Sci. 4: 396-399.

22. Miar, A., Matinfar, A., Shamsaei, M., Soltani, M. (2013) Effects of different dietary vitamin C and E levels on growth performance and hematological Parameters in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). World J Fish Mar Sci. 5: 220-226.
23. Nakagawa, H., Mustafa, MG., Takii, K., Umino, T., Kumai, H. (2000) Effect of dietary catechin and Spirulina on vitamin C metabolism in red seabream. Fish Sci. 66: 321-326.
24. Naz, M., Yilmaz, E., Türkmen, M. (2005) A preliminary study on African catfish (Clarias gariepinus) larvae fed with diets containing Different E/P ratios and L-carnitine supplementation. J Anim Vet Adv. 4: 871-875.
25. Nekoubin, H., Hatefi, S., Javeheri, S., Sudagar, M. (2012) Effects of dietary L-Carnitine supplementation on body composition and growth performance in Caspian Sea Kutum (Rutilus firsii kutum). Global Vet. 8: 276-279.
26. Pimpimol, T., Phoonsamran, K., Chitmanat, C. (2012) Effect of Dietary vitamin C supplementation on the blood parameters of Mekong Giant Catfish (Pangasianodon gigas). Int J Agric Biol. 14: 256-260.
27. Rahimi, M., Sodagar, M., Hossieni, SA., Taghizadeh, V. (2012) The effect of vitamin C on growth performance, survival rate, hematological parameters and response to heat stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). J Vet Res. 67: 373-380.
28. Rebouche, CJ. (1991) Ascorbic acid and carnitine biosynthesis. Am J Clin Nutr. 54: 1147-1152.
29. Rodehutscord, M. (1995) Effects of supplemental dietary L-carnitine on growth and body composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed high fat diets. J Anim Physiol Anim Nutr. 73: 276-279.
30. Sandens, K. (1991) Vitamin C in fish Nutrition - a review. Fisk. Dir., Skr. Ser. Emaring. 4: 3-32.
31. Santulli, A., Amelio, VD. (1986) Effects of supplemental dietary carnitine on the growth and lipid metabolism of hatchery reared sea bass (Dicentrarchus labrax L.). Aquaculture. 59: 177-186.
32. Seyfabadi, SJ., Oraji, H., Nazari, RM. (2003) Effect of L-carnitine on early growth in Caspian white fish (Rutilus frisii kutum). J Mar Sci Tech Iran. 1: 77-83.
33. Taheri Kondor, O., Sajjadi, M., Sourinejad, I., Daryaei, A., Mirzadeh, G., Khademi, F. (2014) The effect of dietary supplementation of L-carnitine on growth indices and survival rate in Sobaity seabream Sparidentex hasta. Journal of Aquatic Ecology. 3: 35-45.
34. Tatina, M., Bahmani, M., Soltani, M., Gharibkhani, M. (2011) Effects of Different level of dietary vitamin C and E on Adult farmed Sterlet sturgeon (Acipenser ruthenus) Plasma cholesterol. J Anim Biol. 1: 21-31.
35. Torreele, E., VanDer Sluizen, A., Verreth, J. (1993) The effect of dietary L-carnitine on the growth performance in figerlings of the African catfish (Clarias gariepinus) in relation to dietary lipid. Brit J Nutr. 69: 289-299.
36. Trenzado, CE., Higuera, MDL., Morales, AE. (2007) Influence of dietary vitamins E and C and HUFA on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance under crowding conditions. Aquaculture. 263: 249-258.
37. Wang X., Kima, K-W., Bai, SC., Huh, M-D., Cho, B-Y. (2003) Effects of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (Oplegnathus fasciatus). Aquaculture. 215: 203-211.
38. Yagcioglu, G., Aktas, M. (2006) The effect of supplemented L-carnintine on growth, proximate composition, survival and cold tolerance of Kuruma Prawn, MarsupenaeusJaponicus (Penaeidae: Decapoda) Juveniles. J Anim Vet Adv. 5: 995-999.
39. Yang, S-D., Wen, Y-C., Liou, C-H., Liu, F-G. (2009) Influence of dietary L-carnitine on growth, biological traits and meat quality in Tilapia. Aquac Res. 40: 1374-1382.
40. Zhou, Q., Wang, L., Wang, H., Xie, F., Wang, T. (2012) Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (Rachycentron canadum). Fish Shellfish Immunol. 32: 969-975.

Effects of L-carnitine and vitamin C on the growth indices, body composition and serum biochemical parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Juveniles

Sharifzadeh, E.[1], Yeganeh, S.[2*], Firouzbakhsh, F.[2], Oraji, H.[2]

[1]*Graduated from the Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*
[2]*Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fiesheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*

(Received 4 December 2016, Accepted 16 March 2017)

Abstract:

BACKGROUND: Carnitine biosynthesis needs methionine and lysine amino acids, vitamins niacin and ascorbic acid. So the usage of both L-carnitine and vitamin C may improve the effects of only L-carnitine. **OBJECTIVES:** This study was carried out to investigate the effects of different levels of L-carnitine and vitamin C on the growth performance, body composition; blood serum parameters in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were investigated. **METHODS:** For this purpose, 540 fingerlings with the average weight 40±2 g were arranged in treatments including 3 vitamin C levels: zero, 500, 1000 and 2 L-carnitine levels: zero, 800 (mg/kg diet), with 3 replicates. **RESULTS:** Results showed weight gain, special growth rate and feed conversion ratio in the level of 500/800 vitamin C/L-carnitine had a significant increase compared to control ($p<0.05$). The highest and the lowest lipid content were observed in control and 1000/800vitamin C/ L-carnitine, respectively ($p<0.05$). The highest protein content was observed in 500/800 vitamin C/L-carnitine ($p<0.05$). Cholesterol and glucose showed a significant decrease in 500/800 vitamin C/L-carnitine. It was observed that 1000/800 vitamin C/L-carnitine caused significant decrease in blood triglycerides ($p<0.05$). **CONCLUSIONS:** Finally, it was determined that using vitamin C 500 and L-carnitine 800 mg/kg diet caused some improvement in growth performance with no negative effects on blood parameters.

Keyword: L-carnitine, Vitamin C, growth parameters, blood serum parameters, *Oncorhynchus mykiss*

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Different level of vitamin C and L-carnitine effect (mg/kg diet) on weight gain and survival rate of Rainbow trout. Mean (± Standard deviation). Different letters showed significant differences between all treatments in each index, respectively.

Table 2. Different level of vitamin C and L-carnitine effect (mg/kg diet) on feed conversion ratio and special growth rate of Rainbow trout. Mean (± Standard deviation). Different small and capital letters showed significant differences in raw and column in each index, respectively.

Table 3. Body composition of experimental fishes. Mean (± Standard deviation). Different small and capital letters showed significant differences in raw and column in each index, respectively.

Table 4. Different level of vitamin C and L-carnitine effect (mg/kg diet) on serum biochemical parameters of Rainbow trout. Mean (± Standard deviation). Different small and capital letters showed significant differences in raw and column in each index, respectively.

***Corresponding author's email: skyeganeh@gmail.com, Tel: 011-33687574, Fax: 011-33687715**