

تأثیر آل کارنیتین و ویتامین C بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرمی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان

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 آل کارنیتین و ویتامین C ممکن است بتواند اثرات آل کارنیتین به تنهایی را بهبود بخشد. **هدف:** در این مطالعه، تأثیر سطوح مختلف آل کارنیتین و ویتامین C بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های سرمی در بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بررسی شد. **روش کار:** بدین منظور، ۵۴۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزنی 4.0 ± 0.2 g، در تیمارهای آزمایشی حاوی ویتامین C در سه سطح صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و آل کارنیتین 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 آل کارنیتین ۸۰۰ mg/kg نسبت به تیمار فاقد مکمل (شاهد) افزایش معنی‌داری ($p < 0.05$) یافت. بیشترین و کمترین میزان چربی به ترتیب در تیمار شاهد و در تیمار حاوی ویتامین C ۱۰۰۰ و آل کارنیتین ۸۰۰ mg/kg مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار حاوی ویتامین C ۵۰۰ و آل کارنیتین ۸۰۰ مشاهده گردید ($p < 0.05$). کلسترول و گلوکز نیز تحت تأثیر ترکیب ویتامین C ۵۰۰ و آل کارنیتین ۸۰۰ mg/kg کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) یافت، ترکیب ویتامین C ۱۰۰۰ و آل کارنیتین ۸۰۰ mg/kg موجب کاهش معنی‌داری در میزان تری‌گلیسرید خون گردید ($p < 0.05$). **نتیجه‌گیری نهایی:** در نهایت مشخص شد که استفاده از ویتامین C به میزان ۵۰۰ و آل کارنیتین به میزان ۸۰۰ mg/kg در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان می‌تواند موجب بهبود فراسنجه‌های رشد گردد.

واژه‌های کلیدی: آل کارنیتین، ویتامین C، فراسنجه‌های رشد، فراسنجه‌های سرمی، قزل‌آلای رنگین کمان

مقدمه

آل کارنیتین تنها فرم فعال آن از لحاظ بیولوژیک است و اصولاً فرم دی در سیستم‌های بیولوژیک یافت نمی‌شود. اصولاً بیوسنتز داخلی کارنیتین مستلزم وجود اسیدهای آمینه متیونین، لیزین، ویتامین‌های نیاسین و اسیداسکوربیک می‌باشد (۱۹، ۱۸). ویتامین C ناپایدارترین ویتامین محلول در آب است و یکی از مواد مغذی مهم در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان 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 شیمیایی ویتامین C، که اسید اسکوربیک نیز نامیده می‌شود، $C_6H_8O_6$ است دارای وزن مولکولی $176/13$ g/mole می‌باشد (۱). ماهیان به دلیل نداشتن آنزیم گلوکونولکتون اکسیداز (آنزیم مسؤل 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. علائم کمبود این ویتامین در ماهی قزل‌آلای به صورت کاهش رشد، کاهش هماتوکریت، کاهش هموگلوبین، خونریزی در چشم، آبشش، کلیه، کبد، پوست (۱۹)، لردوزیس و اسکولپوزیس، افزایش تری‌گلیسرید و کلسترول پلاسما (۴۰) گزارش شده است.

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

مواد غذایی طبیعی ممکن است در تراکم پایین و شرایط پرورش غیرمترکم بتوانند نیازهای ماهی را تأمین نمایند. با این وجود در تراکم‌های بالا مانند پرورش نیمه‌مترکم و مترکم 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 قبلاً 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 $161/2$ می‌باشد. وجود کارنیتین برای متابولیسم و حرکت اسیدهای چرب در داخل سلول‌ها ضروری است. لازم به ذکر است که کارنیتین در ۲ فرم آل و دی (D و L) یافت می‌شود که



خاکستر، ۳/۵٪ فیبر، ۵٪ فسفر و ۱۰٪ رطوبت بود (در مرحله تهیه پلت توسط شرکت سازنده، مکمل ویتامینی افزوده نشد). دمای آب به طور روزانه ثبت شد، که به طور میانگین دمای صبح $2 \pm 14^{\circ}\text{C}$ و دمای ظهر 2°C ± 18 و میزان اکسیژن ورودی و خروجی کانال نیز به طور مداوم بررسی شد که میزان اکسیژن محلول $1 \pm 8 \text{ mg/l}$ بود.

جهت تهیه جیره آزمایشی، ابتدا جیره غذایی هر تیمار بر حسب بیومس موجود و دمای محیط محاسبه شد. ال کارنیتین تارترات، محصول شرکت مرک آلمان ماده‌ای پودری شکل با خاصیت محلول در آب می‌باشد که نحوه اضافه کردن آن به غذا بدین ترتیب بود که در ابتدا میزان مورد نیاز ال کارنیتین هر تیمار محاسبه شده و پس از حل کردن در کمی آب به جیره اسپری شد. با اضافه کردن این محلول به غذا پلت‌های غذایی مرطوب می‌شوند، به همین خاطر پلت‌ها، مدت ۲ ساعت در یک محیط سرپوشیده و دارای جریان باد قرار گرفت تا بطور کامل خشک شوند (۴۲، ۲۱). افزودن ویتامین C به جیره غذایی نیز همانند ال کارنیتین انجام گرفت (۲۶، ۱) و پس از افزودن ال کارنیتین و ویتامین C (جهت جلوگیری از هدررفت آن در آب)، پلت با مقدار کمی روغن ماهی پوشش دهی 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 بیپوشی با اسانس گل میخک (150 mg/l)، وزن و طول آن‌ها ثبت گردید و براساس آن میزان غذادهی تنظیم گردید. در پایان آزمایش، وزن و طول بچه‌ماهیان مورد پرورش اندازه‌گیری شد 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.

$$\%WG = W_p - W_i \times 100$$

$$SGR = (\ln W_p - \ln W_i) \times 100$$

$$FCR = F/WG$$

$$CF = (BW/L^2)$$

$$\%SR = (N_p/N_i) \times 100$$

W_i = وزن اولیه، W_p = وزن ثانویه، t = طول دوره آزمایش، F = غذای داده شده، BW = وزن بدن، L = طول بدن، N_i = تعداد ماهیان ابتدای دوره، N_p = 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 استاندارد 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

دلیل، بسیاری از محققان سعی کرده‌اند ارتباطی بین مقادیر بالای ال کارنیتین در جیره‌ی غذایی ماهی و متابولیسم چربی برقرار کنند. اکسیداسیون چربی بالاترین میزان انرژی را در هر واحد وزن از اجزای جیره تولید می‌کند. 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 شده و در نتیجه منتهی به رشد 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.

اثر ال کارنیتین در تعدادی از گونه‌های ماهی مانند باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax* L.) (Santulli et al., ۱۹۸۶)، گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) (۳۵، ۲۴)، سیم قرمز دریایی (*Pagrus major*) (۸)، هیبرید تیلایا (*O. niloticus* \times *O. aureus*) (۳۹)، تیلایای نیل (*Oreochromis niloticus*) (۱۱)، هیبرید باس راهار (*Morone chrysops* \times *M. saxatilis*) (۱۶)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۱۸، ۱۹)، فیل‌ماهی (*Huso huso*) (۱۳)، ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus firsii kutum*) (۲۵) و نیز کلمه (*Rutilus rutilus Caspicus*) (۲۱) مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین در ارتباط افزودن ویتامین C در جیره‌ی ماهیان مختلف شامل ماهی سیچلاید (*Cichlasoma urophthalmus*) (۹)، سالمون اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) (۲)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (۳۶، ۱۵، ۱۲)، بچه‌ماهی جوان کویبا (*Rachycentron canadum*) (۴۰) مطالعاتی انجام شده است. با توجه به مطالب عنوان شده در ارتباط با اهمیت ال کارنیتین و ویتامین C در جیره‌ی ماهی و از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در مورد استفاده توأم 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 رشد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های سرمی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مد نظر قرار گرفت.

مواد و روش کار

شرایط پرورش و تغذیه: این تحقیق در یک دوره زمانی ۸ هفته‌ای، بر روی ۵۴۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی 2 ± 40 در ۱۸ استخر بتونی (۲۰۰ \times ۵۵ \times ۶۰ cm) (۳۰ قطعه در هر تکرار) و با حجم آبگیری ۳۶۶۰ m به ازای هر استخر در سال ۱۳۹۳ انجام گرفت. در این تحقیق اثرات ویتامین C و ال کارنیتین به صورت: ویتامین C در ۳ سطح صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg (جیره) (۲۷) و ال کارنیتین هم در ۲ سطح صفر و ۸۰۰ mg/kg (جیره) (۳۳) به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت. عملیات غذادهی براساس جدول استاندارد (درجه حرارت و درصد وزنی بدن) صورت گرفت. غذای مورد استفاده محتوی ۴۵٪ پروتئین، ۱۸٪ چربی، ۱۱٪



ال کارنیتین، به ترتیب در مقدار ۵۰۰ و صفر ویتامین C به دست آمد ($p < 0/05$)، اما در سطح ۸۰۰ ال کارنیتین، تفاوت معنی داری بین مقادیر متفاوت ویتامین C مشاهده نشد ($p > 0/05$). تغییر میزان ال کارنیتین در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C، اثر معنی داری بر ضریب رشد ویژه نشان داد به طوریکه افزودن ۸۰۰ mg ال کارنیتین، موجب افزایش ضریب رشد ویژه شد ($p < 0/05$)، اما در مقدار ۵۰۰ ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p > 0/05$).

آنالیز واریانس دوطرفه نشان داد که در ارتباط با تمام پارامترهای رشد به جز درصد بقا، اثر هر کدام از افزودنی های ویتامین C و ال-کارنیتین معنی دار بود، اما اثر متقابل ال کارنیتین و ویتامین C، تنها بر روی ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی معنی دار بود ($p < 0/05$). در مورد درصد بقا اثر افزودنی های ویتامین C و ال کارنیتین و اثر متقابل آن ها معنی دار نبود ($p > 0/05$).

ترکیب شیمیائی بدن: میزان چربی و پروتئین بدن بچه ماهیان قزل آلی رنگین کمان تغذیه شده 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 آن ها معنی دار بود ($p < 0/05$).

در سطح صفر ال کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار چربی، به ترتیب در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C به دست آمد، اما بیشترین و کمترین مقدار پروتئین، به ترتیب در مقدار ۱۰۰۰ و صفر ویتامین C به دست آمد ($p < 0/05$)، در تیمارهای حاوی ۸۰۰ ال-کارنیتین، میزان چربی در بین تیمارهای حاوی مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی داری نشان نداد ($p > 0/05$)، در مقدار ۱۰۰۰ ویتامین C، مقدار ال کارنیتین اثر معنی داری بر میزان چربی داشت به طوریکه مقدار چربی در تیمار حاوی ۸۰۰ ال-کارنیتین، کمتر بود ($p < 0/05$)، اما در سایر مقادیر ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین بر میزان چربی مؤثر نبود ($p > 0/05$).

در مقدار ۵۰۰ ویتامین C، مقدار ال کارنیتین اثر معنی داری بر میزان پروتئین داشت و افزودن ۸۰۰ mg ال کارنیتین، موجب افزایش میزان پروتئین شد ($p < 0/05$)، اما در سایر مقادیر ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p > 0/05$). در تیمارهای حاوی ۸۰۰ ال کارنیتین، میزان پروتئین در بین تیمارهای حاوی مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی داری نشان نداد ($p > 0/05$). اما در تیمارهای فاقد مکمل ال کارنیتین، افزودن ۱۰۰۰ mg ویتامین C، موجب افزایش مقدار پروتئین گردید ($p < 0/05$).

فراسنجه های سرمی: اثر جیره های آزمایشی بر فراسنجه های سرمی در طول ۸ هفته دوره پرورش در جدول ۴ آمده است. در فراسنجه های سرمی مورد بررسی شامل تری گلیسیرید، کلسترول و گلوکز، تیمار ویتامین C صفر و ال کارنیتین صفر، بیشترین مقدار را نشان داد ($p < 0/05$).

میخک (۱۵۰ mg/l) بیهوش شده و سپس عملیات خون گیری از ناحیه ساقه دم بوسیله سرنگ استریل انجام شد.

به منظور تعیین فراسنجه های سرمی، از دستگاه اتوآنالایزر (مدل BS ۱۲۰، ساخت چین) و کیت های شرکت پارس آزمون کرج، استفاده شد. فراسنجه های سرمی مورد نظر شامل: گلوکز بوسیله کیت گلوکز، کلسترول به وسیله کیت کلسترول، تری گلیسیرید به وسیله کیت تری گلیسیرید، توتال پروتئین به شیوه modi-Biuret، آلبومین به شیوه BCG/Colorimetric و گلبولین به شیوه دستی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و پس از اطمینان از نرمال بودن داده ها با استفاده از Kolmogorov-Smirnov Test، و تجزیه و تحلیل داده های به دست آمده به صورت آزمایش فاکتوریل با بررسی عامل ال-کارنیتین در ۲ سطح (۰ mg/kg و ۸۰۰ mg/kg) و عامل ویتامین C در ۳ سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg) به روش آنالیز واریانس دوطرفه (Two-Way-ANOVA) انجام شد و مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه ای دانکن و T-Test در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارهای مختلف صورت گرفت.

نتایج

اثر جیره های آزمایشی، بر فراسنجه های رشد، 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 نسبت به تیمار فاقد مکمل نشان دادند ($p < 0/05$)، بیشترین میزان افزایش وزن در سطح ویتامین C ۵۰۰، ال کارنیتین ۸۰۰ mg/kg (جیره) و کمترین مقدار آن در سطح ویتامین C صفر، ال کارنیتین صفر مشاهده شد ($p < 0/05$). افزایش وزن در تیمارهای ویتامین C صفر، ال کارنیتین ۸۰۰، ویتامین C ۵۰۰، ال کارنیتین صفر و ویتامین C ۱۰۰۰، ال کارنیتین صفر و ۸۰۰ با هم تفاوت معنی داری نشان ندادند ($p > 0/05$).

در ارتباط با درصد بقا، تفاوت معنی داری در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p > 0/05$).

در جیره های فاقد مکمل ال کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در مقدار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C به دست آمد، اما جیره حاوی ۸۰۰ ال کارنیتین، بیشترین و کمترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در مقدار صفر و ۸۰۰ ویتامین C مشاهده شد. در جیره های فاقد مکمل ویتامین C، در جیره ی محتوی ۸۰۰ mg، این میزان کمتر به دست آمد ($p < 0/05$)، اما در سایر مقادیر ویتامین C، تفاوت مقدار ال کارنیتین مؤثر نبود ($p > 0/05$).

بیشترین و کمترین مقدار ضریب رشد ویژه در جیره فاقد مکمل



جدول ۱. اثر سطوح مختلف ویتامین C و ال کارنتین (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	الکارنتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
افزایش وزن (%)	صفر	۴/۴±۷۹/۸۹ ^{a*}	۷/۷±۸۹/۷۳ ^b	۷/۱±۸۹/۴۳ ^a	
	۸۰۰	۶/۵±۹۷/۴۹ ^b	۴/۷±۱۰۷/۱۵ ^c	۴/۸±۹۷/۴۳ ^{bc}	
نرخ بقا (%)	صفر	۳±۸۵/۲۹ ^a	۱±۸۸	۷/۵±۸۸ ^a	
	۸۰۰	۳±۸۷/۴۳ ^a	۲/۵±۸۸/۴۹ ^a	۳±۸۸/۰۶ ^a	

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

فراسنجه‌های رشد	ویتامین C	الکارنتین	۰	۵۰۰	۱۰۰۰
ضریب تبدیل غذایی	صفر	۰/۰۲± ۷/۲۵ ^{Aa*}	۰/۰۴± ۷/۱ ^{Ab}	۰/۰۳±۷/۰۶ ^{Ab}	
	۸۰۰	۰/۰۲± ۷/۱۳ ^{Ba}	۰/۰۲± ۷/۰۷ ^{Aa}	۰/۰۶± ۷/۱ ^{Aa}	
ضریب رشد ویژه	صفر	۰/۰۵± ۷/۵۱ ^{Aa}	۰/۰۳± ۷/۰ ^{Ab}	۰/۰۳±۷/۶۳ ^{Ab}	
	۸۰۰	۰/۰۵± ۷/۲۳ ^{Ba}	۰/۰۵± ۷/۷۹ ^{Aa}	۰/۰۵± ۷/۷۸ ^{Ba}	

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

ترکیب بدن	ویتامین C	الکارنتین	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}	۷/۰۹±۱۸/۳۶ ^{Ab}	
	۸۰۰	۰/۰۴±۱۷/۶۲ ^{Aa}	۷/۲۱±۱۹/۳۴ ^{Ba}	۷/۰۸±۱۶/۷۸ ^{Aa}	

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

فراسنجه‌های سرمی	ویتامین C	الکارنتین	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	۷/۱± ۷/۲۱ ^{Aa}	۰/۰۸± ۷/۴۷ ^{Aa}	۰/۰۳± ۷/۴۱ ^{Aa}	
	۸۰۰	۰/۰۴±۷/۵۲ ^{Aa}	۰/۰۸± ۷/۳۳ ^{Ab}	۰/۰۶± ۷/۵۹ ^{Ba}	
توتال پروتئین (g/dl)	صفر	۷/۱± ۴/۵۷ ^{Aa}	۷/۱± ۵/۳ ^{Aa}	۷/۲± ۵/۲۷ ^{Aa}	
	۸۰۰	۷/۰۲±۵/۸۹ ^{Ba}	۷/۲± ۵/۲ ^{Aa}	۷/۰۷± ۵/۷۹ ^{Aa}	
تری‌گلیسرید (mg/dl)	صفر	۲/۳±۲۸۸/۰۳ ^{Aa}	۳/۶± ۱۹۲/۵۴ ^{Ab}	۷/۲± ۱۷۹/۸۸ ^{Ac}	
	۸۰۰	۴/۴± ۱۷۷/۵۹ ^{Ba}	۴/۳± ۱۸۸/۷۷ ^{Ab}	۵/۵± ۱۳۷/۹۹ ^{Bc}	
کلسترول (mg/dl)	صفر	۴/۵± ۳۷۷/۹۹ ^{Aa}	۴/۴± ۳۱۳/۰۰ ^{Ab}	۲/۳± ۲۴۹/۵۰ ^{Ac}	
	۸۰۰	۷/۵± ۲۵۲/۷۹ ^{Ba}	۵/۴± ۲۰۲/۷۹ ^{Bb}	۷/۶± ۲۴۸/۸۸ ^{Aa}	
گلوکز (mg/dl)	صفر	۴/۳±۱۰۹/۸۹ ^{Aa}	۳/۸± ۹۸/۳۴ ^{Ab}	۴/۴± ۹۷/۰۳ ^{Ab}	
	۸۰۰	۷/۵± ۹۴/۴۹ ^{Ba}	۳/۷± ۵۹/۳۳ ^{Bb}	۷/۷± ۱۰۴/۴۹ ^{Aa}	

در سطح صفر ال کارنتین، تفاوت معنی‌داری در مقدار گلبولین، آلبومین و توتال پروتئین در مقادیر مختلف ویتامین C مشاهده نشد (p>۰/۰۵). در تیمار حاوی ۸۰۰ mg ال کارنتین، بیشترین و کمترین مقدار گلبولین، به ترتیب در مقدار ۱۰۰۰ و صفر ویتامین C به دست آمد (p<۰/۰۵)، بیشترین و کمترین مقدار آلبومین، به ترتیب در مقدار ۱۰۰۰

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



۵۰۰ و ویتامین C به دست آمد ($p < 0/05$)، اما در جیره‌های حاوی mg ۸۰۰ ال کارنیتین، مقادیر متفاوت ویتامین C، اثر معنی‌داری بر میزان توتال پروتئین نداشت ($p > 0/05$).

در تیمارهای فاقد مکمل ال کارنیتین، مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز در مقادیر مختلف ویتامین C تفاوت معنی‌داری نشان داد، به‌طوریکه بیشترین و کمترین مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز به ترتیب در تیمار صفر و ۱۰۰۰ ویتامین C مشاهده شد ($p < 0/05$)، اما در تیمار حاوی mg ۸۰۰ ال کارنیتین، بیشترین و کمترین مقدار تری‌گلیسرید، به ترتیب در مقدار ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ویتامین C به دست آمد ($p < 0/05$)، بیشترین و کمترین مقدار کلسترول، به ترتیب در مقدار صفر و ۵۰۰ ویتامین C به دست آمد ($p < 0/05$).

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که استفاده از ویتامین C به میزان ۵۰۰ و ال کارنیتین به میزان ۸۰۰ mg/kg (جیره) در جیره غذایی ماهی قزل آلی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) تأثیر معنی‌داری بر فراسنجه‌های رشد داشته است، بدین نحو که استفاده از تیمار فوق، موجب افزایش نرخ بقا، میزان افزایش وزن و ضریب رشد ویژه در ماهیان مورد آزمایش گردیده است. استفاده از مقادیر متفاوت ال کارنیتین (۳۰۰ mg/kg و ۶۰۰) در جیره ماهی قزل آلی رنگین کمان موجب عملکرد رشد بهتر در ماهیان تغذیه‌شده با جیره‌های حاوی ال کارنیتین شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. اثر ال کارنیتین بر رشد ممکن است به این دلیل باشد که ال کارنیتین به‌عنوان یک کوفاکتور برای انتقال اسیدهای چرب به داخل میتوکندری جهت اکسیداسیون موجب ذخیره‌شدن پروتئین می‌گردد و در نتیجه موجودات تغذیه‌شده با جیره حاوی ال کارنیتین زیاد، ممکن است انرژی و پروتئین بیشتری جهت رشد در اختیار داشته باشند (۱۲).

Zhou و همکاران در سال ۲۰۱۲ (۴۰)، اثر مقادیر مختلف ویتامین C را بر روی عملکرد رشد و ایمنی اولیه در ماهی کوبیای جوان (*Rachycentron canadum*) با ۷ تیمار آزمایشی شامل صفر، ۱۳/۶، ۲۷/۲، ۵۴/۴، ۹۶/۶ و ۱۹۳/۴ mg/kg (جیره) بررسی کردند، نتایج نشان داد که میزان ویتامین C به طور قابل توجهی بر روی عملکرد رشد مؤثر بوده و با افزایش میزان مصرف ویتامین C از ۱۳/۶ تا ۹۶/۶ mg/kg (جیره)، عملکرد رشد و درصد بقا را افزایش داد. افزودن ویتامین C در جیره طوطی ماهی (*Oplegnathus fasciatus*) (۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰ و ۲۰۰۰ آسکوربیک اسید در kg جیره در شکل ال-آسکوربیل-۲-منوفسفات و ۶۰ و ۲۴۰ ال-آسکوربیک اسید 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 می‌رسد اثر افزایشی مکمل غذایی ال کارنیتین و ویتامین C همانند اثر ال کارنیتین و لایزین (۵) در ماهی به مقدار مورد نیاز آن بستگی داشته باشد، به طوری که در گونه‌های مختلف و شرایط و مقادیر مختلف متفاوت خواهد بود و در خارج از محدوده مورد نیاز بر پارامترهای رشد تأثیری نخواهد داشت. ال کارنیتین از آمینواسیدهای ضروری شامل متیونین و لیزین با کمک ویتامین C و سایر ترکیبات در بدن سنتز می‌شود (۲۸).



ال کارنیتین می‌شود (۱۲). طبق گزارش Yang و همکاران در سال ۲۰۰۹ نیز، افزودن ال کارنیتین 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 ال کارنیتین در جیره بچه‌ماهی انگشت قد *Sander lucioperca*، نشان داد که در تیمار حاوی mg/kg ۲۰۰۰ ال کارنیتین (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 ال کارنیتین به جیره غذائی ماهی، موجب کاهش چربی ماهیچه، کبد و افزایش پروتئین می‌گردد (۷، ۳۵). Jı و همکاران در سال ۱۹۹۶، گزارش کردند که ال کارنیتین 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 ال کارنیتین (mg/kg ۴۰۰، ۲۰۰ و ۶۰۰ جیره) در تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، تغییری را در ترکیب بدن ماهیان مشاهده نکردند. این نوسانات در نتایج بدست‌آمده با مکمل ال کارنیتین 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 ال کارنیتین مؤثر باشد.

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

Nakagawa و همکاران در سال ۲۰۰۰، گزارش کردند که پیشرفت متابولیسم ویتامین C توسط اسپروولینا (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 کوآنزیم آ برای کارنیتین برای تسهیل انتقال گروه‌های آسیل به میتوکندری برای بنااکسیداسیون، عمل می‌کند (۲۰).

در تحقیق حاضر، در مقدار صفر ال کارنیتین 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 mg/kg ۱۰۰۰ جیره تفاوت معنی‌داری نشان نداد. در حالیکه در مقدار mg/kg ۸۰۰ ال کارنیتین، در تمامی فراسنجه‌ها در تیمار ۵۰۰ ویتامین بهترین نتیجه مشاهده شد، که با تیمار ۱۰۰۰ تفاوت معنی‌داری نشان نداد. استفاده توأم دو مکمل ذکرشده، نسبت به استفاده مجزا، متفاوت بود، اگرچه اثر متقابل ویتامین C و ال کارنیتین بر افزایش وزن و نرخ بقا معنی‌دار نبود، اما بر ضریب تبدیل غذایی و ضریب رشد ویژه معنی‌دار بود. تأثیر ال کارنیتین 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 ال کارنیتین موجب ایجاد تأثیر مثبت و معنی‌دار بر میزان پروتئین و چربی لاشه گردد، بر همین اساس ترکیب ویتامین C ۵۰۰ و ال کارنیتین 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. ال کارنیتین اکسیداسیون چربی را افزایش داده و می‌تواند موجب افزایش ذخیره پروتئین شده و بنابراین منتهی به رشد بهتر شود (۱۹). همچنین، ال کارنیتین افزودنی به جیره، ممکن است با تحریک اکسیداسیون اسیدچرب و تنظیم لیپولیز، موجب جلوگیری از تجمع لیپیدها شود (۵). در مطالعات انجام‌شده، استفاده از ال کارنیتین موجب افزایش ذخیره پروتئین و افزایش رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۱۹) و استفاده از لایزین و ال کارنیتین 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 ال کارنیتین (mg/kg ۳۰۰ و ۶۰۰ جیره) در جیره ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان مشاهده کردند که جیره‌های حاوی ال کارنیتین، موجب کاهش میزان چربی و افزایش پروتئین در لاشه ماهیان تغذیه‌شده با مکمل



در مقادیر ثابت ویتامین C (در مقدار ۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ جیره) و مقدار متفاوت ال کارنیتین، میزان تری گلیسرید، کلسترول و گلوکز در مقدار ۸۰۰ mg ال کارنیتین کمترین به دست آمد، در مقدار صفر ال کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، کمترین مقدار تری گلیسرید، کلسترول و گلوکز، در میزان ۱۰۰۰ mg ویتامین C مشاهده شد، در مقدار ۸۰۰ ال کارنیتین و مقادیر متفاوت ویتامین C، کمترین مقدار گلوکز و کلسترول در میزان ۵۰۰ و کمترین مقدار تری گلیسرید در مقدار ۱۰۰۰ mg ویتامین C مشاهده شد، در ترکیب این دو عامل، کمترین مقدار کلسترول و گلوکز در تیمار حاوی ۵۰۰ ویتامین C و ۸۰۰ ال کارنیتین مشاهده شد. اثر متقابل ویتامین C و ال کارنیتین بر فراسنجه‌های سرمی بررسی شده، معنی دار بود. به‌هر حال افزایش ویتامین منجر به کاهش این فراسنجه‌ها گردید که ممکن است به این دلیل باشد که ال کارنیتین، مخصوصاً در استفاده از مقادیر بالای چربی در جیره کمک می‌کند و به کارگیری چربی را در جیره آسان‌تر می‌بخشد، همچنین در تحریک دستگاه ایمنی با تأثیر گذاری بر ایمنی سلولی و ایمنی هومورال مؤثر است (۳۲).

نتیجه‌گیری: تحقیق حاضر با هدف افزایش رشد بچه‌ماهیان در طول دوره پرورش و در نتیجه کاهش مدت زمان نگهداری برای رسیدن به اوزان بالاتر به منظور افزایش میزان تولید و کاهش هزینه تولید انجام گرفت. در تحقیق به عمل آمده اثر ال کارنیتین و ویتامین C بر فراسنجه‌های رشد، ترکیب بدن و فراسنجه‌های سرمی خون مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که استفاده از این دو مکمل می‌تواند در بهبود عملکرد رشد و فراسنجه‌های سرمی مؤثر باشد بر اساس نتایج کلی این تحقیق مقدار ویتامین C ۵۰۰ و ال کارنیتین ۸۰۰ mg/kg 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.

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 افزایش‌دهنده رشد عمل می‌کند، مخصوصاً در استفاده از مقادیر بالای چربی در جیره کمک می‌کند و باعث صرفه‌جویی در مصرف پروتئین شده و به کارگیری چربی را در جیره آسان‌تر می‌بخشد (۳۲). کارنیتین یک جزء اصلی در بافت‌ها و پلاسما موجودات بوده و برای انتقال اسیدهای چرب با زنجیره بلند به محل اکسیداسیون نیاز است. کارنیتین همچنین یک سوبسترا برای آنزیم‌های I-II carnitine palmitoyltransferases و carnitine acetyltransferase که مصرف اسیدچرب را تنظیم می‌کنند می‌باشد (۱۲). اثر افزایش رشد مکمل کارنیتین در جیره ماهی به افزایش در مصرف انرژی در اثر افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری نسبت داده می‌شود (۱۸). بیوسنتز داخلی کارنیتین مستلزم وجود اسیدهای آمینه متیونین، لیزین، ویتامین‌های نیاسین و اسیداسکوربیک می‌باشد (۳۲)، لذا ممکن است افزودن این ویتامین اثر گذاری ال کارنیتین را افزایش داده باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ترکیب ویتامین C و ال کارنیتین در جیره غذایی ماهی قزل آلی رنگین کمان 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 بیشترین مقدار را داشته است و تری گلیسرید خون نیز در تیمار ترکیبی ویتامین C ۱۰۰۰ و ال کارنیتین ۸۰۰، کاهش چشمگیری نسبت به سایر تیمارها از خود نشان داد. مطالعات گذشته نشان داد که افزودن ال کارنیتین (تا ۸۰۰ mg/kg جیره) و پروتئین (۲۲ تا ۲۸٪) در جیره ماهی تیلاپیا موجب کاهش معنی‌دار در میزان کلسترول، تری گلیسرید 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 قزل آلی رنگین کمان، 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 آنتی‌اکسیدان مطرح می‌باشد (۳۰). کمترین میزان کلسترول پلاسما ماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) در مقدار ۱۰۰ mg ویتامین C و E در کیلوگرم جیره (در مقایسه با ۰ و ۴۰۰) به دست آمد (۳۴). استفاده از اسید آسکوربیک (تا ۷۵۰ mg/kg جیره) برای گربه‌ماهی (*Pangasianodon gigas*)، اثر معنی‌داری در میزان پروتئین و گلوکز سرم نداشت (۲۶). بیشترین مقدار فراسنجه‌های سرمی تری گلیسرید، کلسترول و گلوکز، در تیمار حاوی مقدار صفر ویتامین C و ال کارنیتین مشاهده شد،



- (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 and Lipids of the New GIFT Strain of Juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Sci World J*. 9: 1197-1205.
 12. Dikel, S., Ünalán, 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., Sakamoto, 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 frisii kutum*). Global Vet. 8: 276-279.
26. Pimpimol, T., Phoosamran, 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. Rodehutschord, 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., Oraj, 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. Torrele, E., VanDer Sluizen, A., Verreth, J. (1993) The effect of dietary L-carnitine on the growth performance in fingerlings 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-carnitine on growth, proximate composition, survival and cold tolerance of Kuruma Prawn, *Marsupenaeus Japonicus* (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

¹Graduated from the Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

²Department of Fisheries, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, 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 1000/800 vitamin 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 (\pm 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 (\pm Standard deviation). Different small and capital letters showed significant differences in row and column in each index, respectively.

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

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

J. Vet. Res. 72, 2, 2017

