

اثرات متقابل اسید آمینه میتونین و کارنتین بر پارامترهای رشد، ترکیب لاشه و برخی پارامترهای خونی ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

عبدالصمد کرامت^{۱*}، آزاده ابولفضلی^۲

*Amirkola@yahoo.com

۱- گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی ۵۷۸، ساری، ایران
 ۲- موسسه آموزش عالی خزر، محمود آباد، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۵

چکیده

هدف این تحقیق بررسی کارکرد کارنتین در کنار میتونین در بهبود کارآیی متابولیسم چربیها و در نتیجه آن بهبود پارامترهای رشد در ماهی قزل آلائی باشد. برای بررسی اثرات متقابل میتونین و ال کارنتین: میتونین در سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ درصد و ال کارنتین هم در سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم به غذا های آزمایشی اضافه شد و بر این اساس نه تیمار آزمایشی در این تحقیق وجود داشت. نتایج نشان داد که افزودن اسید آمینه میتونین پارامترهای رشد در این ماهی را مانند وزن نهایی، ضریب تبدیل و سرعت رشد ویژه را تحت تاثیر قرار داد ($p < 0.05$)، ولی افزودن ال کارنتین تنها موجب تغییر در وزن نهایی شده و سایر پارامترهای رشد در ماهی قزل آلا تحت تاثیر قرار نگرفت ($p > 0.05$). نتایج همچنین نشان داد که به طور کلی، ماهیان تغذیه شده از غذاهای حاوی ال کارنتین و میتونین رشد بهتری نسبت به غذای کنترل (سطح صفر ال کارنتین و میتونین) نشان دادند. افزودن هر دو ماده افزودنی میتونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان گلوکز خون در مقایسه با غذای کنترل شد ($p < 0.05$). وجود دو ماده افزودنی میتونین و ال کارنتین در جیره موجب بالارفتن پروتئین لاشه در مقایسه با غذای کنترل شده است ($p < 0.05$). بر خلاف میزان پروتئین افزودن هر دو ماده میتونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان چربی لاشه در مقایسه با غذای کنترل شده است. به طور کلی، ترکیب این دو ماده در سطوح پایین تر اثرات بهتری بر پارامترهای رشد و کاهش میزان چربی فیله دارد.

واژه‌های کلیدی: اسید آمینه، رشد، ضریب تبدیل غذایی، چربی، ماده افزودنی

*نویسنده مسئول

مقدمه

ال کارنتین، یکی از مواد افزودنی است که می‌تواند در بهبود کارایی چربی و از جمله آن انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره به داخل میتوکندری سلول و در نتیجه سوختن بیشتر این مواد نقش داشته باشد (Focken *et al.*, 1997). کارنتین نوعی ماده آلی غیر ضروری با فرمول شیمیایی $C_7H_{15}NO_3$ می‌باشد که قابلیت حل شدن در آب را دارد و وزن مولکولی آن ۱۶۱/۲ می‌باشد (اوانی و همکاران، ۱۳۹۲). تولید داخلی کارنتین در مهره‌داران به صورت پیش‌ساز در کبد انجام می‌شود (Wolf *et al.*, 1961). وجود ال کارنتین به عنوان مکمل غذایی می‌تواند با گسترش استفاده از منابع چربی برای تأمین انرژی در ماهی سبب بهبود کارایی پروتئین و به دنبال آن افزایش رشد گردد. ال کارنتین اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهد و لذا، اضافه نمودن ال کارنتین به جیره ماهی موجب افزایش ذخیره پروتئین و منجر به رشد بهتر در جیره‌های حاوی پروتئین کمتر می‌شود (حاجی آبادی و همکاران، ۱۳۸۸). گزارش‌های متعددی در رابطه با بهبود پارامترهای رشد در ماهی با استفاده از این مکمل وجود دارد که می‌توان به مطالعات Brown و Twibell (۲۰۰۰) در ماهی *Morone saxatilis* و همکاران (۱۹۹۷) در ماهی کپور معمولی *Haji-abadi Cyprinus carpio* (۲۰۱۰) و ماهی قزل آلا *Oncorhynchus mykiss* و Mohseni و Ozorio (۲۰۱۴) در فیل ماهی *Huso huso* اشاره کرد. گوشت قرمز و به دنبال آن پودر ماهی از منابع مهم ال کارنتین محسوب می‌شود (۵۰۰-۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) ولی مواد اولیه گیاهی حاوی میزان بسیار پایینی (زیر ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) از این ماده هستند (Harpaz, 2005). افزایش سهم منابع پروتئین گیاهی در جیره در سال‌های اخیر می‌تواند موجب کاهش میزان ال کارنتین جیره شود و نیاز به این ماده افزودنی در غذا را افزایش دهد. از سوی دیگر، افزایش سهم پروتئین گیاهی جیره معمولاً با کاهش اسیدهای آمینه ضروری مانند متیونین و لیزین همراه می‌باشد.

متیونین معمولاً اولین اسید آمینه محدود کننده در جیره‌هایی است که با سطوح بالای پروتئین گیاهی مانند پودر سویا، پودر بادام زمینی و کنجاله نارگیل ساخته شده باشند (Espe *et al.*, 2008). کارایی یا عدم کارایی مکمل ال کارنتین در بهبود رشد گونه‌های مختلف آبزیان ممکن است تا حد زیادی وابسته به میزان اسیدهای آمینه متیونین و لیزین در جیره باشد و کمبود این اسید آمینه ممکن است با تأثیر بر میزان سنتز ال کارنتین، عامل عدم اثر مثبت این ماده افزودنی بر رشد باشد (Harpaz, 2005).

اگرچه گزارش‌های موجود در رابطه با اثر ال کارنتین بر رشد نتایج یکسانی ارائه ندادند، ولی اغلب گزارش‌های موجود نشان دادند که افزودن ال کارنتین به جیره، کاهش میزان چربی لاشه را در سطح معنی‌دار به همراه داشته است (Ma *et al.*, 2008; Haji-Abadi *et al.*, 2010; Mohseni and Ozorio, 2014). بعلاوه، افزایش میزان متابولیسم چربی‌ها در بدن ماهی در اثر ال کارنتین ممکن است بر بعضی از پارامترهای خونی مانند کلسترول، تری‌گلیسیرید، گلوکز و اوره نیز موثر باشد (اوانی و همکاران، ۱۳۹۲، Haji-Abadi *et al.*, 2010).

باتوجه به اینکه در دو دهه اخیر تحقیقات متعددی در رابطه با جنبه‌های مختلف کارایی کارنتین در رشد، متابولیسم و کاهش ذخیره چربی در گونه‌های متعدد انجام شده است، اطلاعات زیادی در رابطه با اثرات اسید آمینه ضروری متیونین بر کارایی این ماده افزودنی وجود ندارد. بنابراین، هدف اصلی این تحقیق بررسی کارکرد کارنتین و نقش متیونین در بهبود کارایی آن در متابولیسم چربی‌ها و در نتیجه آن بهبود پارامترهای رشد در ماهی قزل‌آلا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آماده سازی سیستم و غذا

این تحقیق در زمستان سال ۱۳۹۳ در کارگاه پرورش ماهیان سردآبی گلگشت قزل واقع در استان مازندران، شهرستان تنکابن و طی یک دوره زمانی ۸ هفته‌ای انجام

خاکستر اضافه شدند و بر این اساس نه تیمار آزمایشی در این تحقیق وجود داشت. علاوه بر نه تیمار آزمایشی، تیمار دیگری بدون متیونین و کارنتین به عنوان کنترل در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). غذای مورد استفاده در این آزمایش بر اساس سفارش عاری از مکمل کارنتین و متیونین بوده است. کارنتین تارترات محصول شرکت مرک آلمان ماده‌ای پودری شکل با خاصیت محلول در آب می‌باشد که حاوی ۹۸٪ الکارنتین خالص می‌باشد. متیونین مورد استفاده پودری شکل و از شرکت ارس فید تهیه شد. مواد افزودنی به طور همزمان ابتدا روی غذاها بر اساس نوع تیمار اسپری شدند و بعد از آن پلت‌ها در محیط سرپوشیده با جریان هوا خشک شدند.

شد. در این آزمایش از ۹۰۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نژاد فرانسوی با میانگین وزنی $1/2 \pm 30$ گرم که در ۳۰ استخر بتونی به طول ۲۰۰ و عرض ۵۵ و ارتفاع ۶۰ سانتی متر و با حجم آگیری ۶۰۰ لیتر به ازای هر استخر جا داده شده بودند، استفاده شد.

این تحقیق در چارچوب آزمایش فاکتوریل برای بررسی اثرات فاکتورهای متیونین و ال کارنتین و همچنین اثرات متقابل آنها بر ماهی قزل‌آلا انجام شد. بر این اساس: متیونین در سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ درصد در جیره غذایی (پیک موسوی و همکاران، ۱۳۸۹) و ال کارنتین هم در سه سطح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم (اوانی و همکاران، ۱۳۹۲) به جیره GFT1 شرکت غذاسازی چین با ۴۵٪ پروتئین، ۱۸٪ چربی خام و ۱۱٪

جدول ۱: ترتیب پخشیدگی متیونین و ال کارنتین در جیره های متفاوت و در ده تیمار آزمایش

Table 1: Distribution of L-methionine and L-carnitine in different diets and treatments

تیمار	متیونین %	ال کارنتین (گرم/کیلوگرم)	استخر
۱	۰٫۵	۰٫۵	۱-۱۱-۲۱
۲	۱	۱	۲-۱۲-۲۲
۳	۱	۱٫۵	۳-۱۳-۲۳
۴	۰٫۵	۱٫۵	۴-۱۴-۲۴
۵	۱٫۵	۱	۵-۱۵-۲۵
۶	۱٫۵	۰٫۵	۶-۱۶-۲۶
۷	۱٫۵	۱٫۵	۷-۱۷-۲۷
۸	۰٫۵	۱	۸-۱۸-۲۸
۹	۱	۰٫۵	۹-۱۹-۲۹
۱۰ (شاهد)	۰	۰	۱۰-۲۰-۳۰

منبع آب مورد استفاده در این تحقیق آب چاه بود. طی دوره آزمایش اسیدپته، دما و اکسیژن محلول آب به صورت روزانه اندازه‌گیری شد و متوسط این پارامترها طی دوره پرورش برای اسیدپته $7/6 \pm 0/5$ ، دما $15/8 \pm 2/1$ درجه سانتی‌گراد و اکسیژن $8/4 \pm 0/9$ میلی‌گرم در لیتر بود. غذادهی بر اساس جدول غذادهی ماهی قزل‌آلا که با توجه به اندازه ماهی و درجه حرارت تنظیم شده است و سه بار در روز (۰۰:۱۷:۰۰، ۰۰:۱۲:۰۰، ۰۰:۰۸:۰۰) انجام شد.

پرورش ماهیان

بعد از پخش تصادفی ماهیان در ۳۰ استخر تحقیقاتی که به تعداد ۳۰ قطعه در هر استخر انجام شد، کلیه ماهیان به مدت یک هفته به منظور عادت کردن با شرایط جدید با غذای تجاری GFT1 چینه بدون ماده افزودنی تغذیه شدند. بعد از آن ده تیمار آزمایشی این تحقیق به طور تصادفی در ۳۰ استخر آزمایشی پخش شدند و کلیه م هر استخر توزین شدند.

نمونه برداری و آنالیز شیمیایی

در انتهای آزمایش کلیه ماهیان هر استخر به طور انفرادی برای اندازه‌گیری پارامترهای رشد توزین شدند و این پارمترها با استفاده از روابط ذیل اندازه‌گیری شدند:

$$WG(g) = BWf - BWi \quad (\text{Huang et al., 2008})$$

BWf = وزن نهایی، BWi = وزن اولیه ماهی،

WG = افزایش وزن

$$SGR = (\ln Wf - \ln Wi) \times 100 / t \quad (\text{Huang et al., 2008})$$

t = دوره رشد بر حسب روز، Wi = وزن اولیه، Wf = وزن نهایی

SGR = شاخص رشد ویژه

$$FCR = f / (Wf - Wi)$$

Wi = وزن اولیه، Wf = وزن نهایی، f = میزان غذای مصرفی

$$\text{Mortality\%} = (\text{In. no fish} - \text{Fi. No fish}) / \text{In. no fish} \times 100$$

Mortality = تلفات، In. no fish = تعداد اولیه ماهی، Fi. No fish

= تعداد نهایی ماهی

برای اندازه‌گیری اثر تیمارها بر ترکیب لاشه از هر تانک سه قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب شد و توسط چرخ گوشت تمام ماهیان مربوط به هر استخر به طور کامل چرخ و همگن شدند. پس از آن اندازه‌گیری از این نمونه همگن انجام شد. مقدار رطوبت نمونه از قرار دادن میزان مشخصی از نمونه در داخل آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت، مقدار پروتئین خام با روش کلدال شد. اندازه‌گیری چربی کل به کمک دستگاه سوکسله و با استفاده از اتر به عنوان حلال انجام شد. کلیه اندازه‌گیری‌ها با استفاده از روش ارائه شده (AOAC, 1995) انجام شد.

برای اندازه‌گیری پارامترهای خونی در پایان دوره پرورش، از هر استخر آزمایشی (تکرار) سه قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب شد و خونگیری از آنها انجام شد. اندازه‌گیری پروتئین تام به روش بیوره، آلبومین به روش نورسنجی، گلوکز به روش گلوکز اکسیداز، کلسترول به روش کلسترول اکسیداز و تری‌گلیسرید به روش آنزیمی

لیپاز (توکلی و اخلاقی، ۱۳۸۸) و با استفاده از کیت‌های بیوشیمی عمومی شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) و دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

پیش از تجزیه و تحلیل داده‌ها وضعیت نرمال بودن آنها آزمایش شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. عوامل مورد مطالعه در این تحقیق، سطوح متفاوت کارنتین و میتونین بودند. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ۱۷ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با درصد خطای ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

نتایج حاصل از زیست‌سنجی‌های ماهیان قزل‌آلا نشان داد که افزودن اسید آمینه میتونین پارامترهای رشد در این ماهی را مانند وزن نهایی، ضریب تبدیل و نرخ رشد ویژه را تحت تاثیر قرار داد (جدول ۲: $p < 0.05$). ولی افزودن ال کارنتین فقط سبب تغییر در وزن نهایی شده و سایر پارامترهای رشد در ماهی قزل‌آلا تحت تاثیر قرار نگرفت ($p > 0.05$).

نتایج همچنین نشان داد که به طور کلی، ماهیان تغذیه شده از غذاهای حاوی ال کارنتین و میتونین رشد بهتری نسبت به غذای کنترل (سطح صفر ال کارنتین و میتونین) نشان دادند ($p > 0.05$). بعلاوه، افزودن ال کارنتین اثری بر تلفات نداشته، ولی افزودن میتونین تلفات را افزایش داده است ($p > 0.05$).

نتایج حاصل از بررسی پارامترهای خونی ماهی قزل‌آلا تغذیه شده از سطوح متفاوت میتونین و ال کارنتین نشان داد که این دو عامل اثر معنی‌داری بر میزان پارامترهای سرمی مانند گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، گلوبولین دارند (جدول ۳: $p < 0.05$). به طور کلی، افزودن هر دو ماده افزودنی میتونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان گلوکز خون در مقایسه با غذای کنترل شده، اگرچه افزایش سطح میتونین و ال کارنتین به طور انفرادی موجب سطوح بالاتری از گلوکز خون شده است ($p < 0.05$).

جدول ۲: جدول پارامترهای رشد ماهی قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده در سطوح مختلف کارنتین و متیونین

Table 2: Growth parameters of rainbow trout fed L-methionine and L-carnitine in different doses.

تلفات (%)	سرعت رشد ویژه (% به روز)	ضریب تبدیل غذایی	وزن نهایی (گرم)	وزن اولیه (گرم)	متیونین (%)	الکارنتین (گرم بر کیلوگرم)
۶/۶۶±۰/۸ ^d	۲/۱۹±۰/۵۶ ^a	۰/۸۲±۰/۶۷ ^b	۱۰۳/۶±۱/۰۳ ^a	۳۰/۴±۱/۱	۰/۵	
۱۶/۶±۰/۱۶ ^{cb}	۱/۸۸±۰/۱۶ ^{cd}	۱/۲۳±۰/۱۴ ^{ab}	۸۴/۷±۰/۳ ^{de}	۲۹/۶±۰/۴۲	۱	۰/۵
۱۳/۳±۰/۰۷ ^{bc}	۱/۸۰±۰/۰۷ ^d	۱/۲۳±۰/۲۶ ^{ab}	۸۳/۰±۰/۳۹ ^e	۳۰/۳±۰/۰۸	۱/۵	
۷/۷±۱/۰۹ ^{bc}	۱/۸۵±۱/۰۹ ^{cd}	۱/۰۹±۰/۰۹ ^b	۸۲/۸±۱/۰ ^e	۲۹/۳±۱/۱	۰/۵	
۱۵/۵±۰/۴۲ ^c	۲/۰۳±۰/۴۲ ^b	۰/۹۶±۰/۴۲ ^b	۹۴/۶±۰/۴ ^{bc}	۳۰/۲±۰/۰۴	۱	۱
۱۱/۱±۰/۱۷ ^b	۱/۹۰±۰/۱۷ ^{cd}	۱/۱۶±۰/۱۷ ^{ab}	۸۵/۸±۰/۱ ^{de}	۲۹/۵±۰/۰۸	۱/۵	
۱۵/۵±۰/۴۰ ^{cd}	۱/۹۱±۰/۴۰ ^c	۰/۸۹±۰/۲۸ ^b	۸۶/۸±۰/۶ ^{de}	۲۹/۷±۱/۱	۰/۵	
۱۵/۵±۰/۳۸ ^{cb}	۲/۰۳±۰/۳۸ ^b	۰/۹۵±۰/۴۵ ^b	۹۵/۴±۰/۷ ^b	۳۰/۵±۰/۰۷	۱	۱/۵
۱۲/۲±۰/۲۴ ^{cd}	۱/۹۳±۰/۲۴ ^{bc}	۱/۰۶±۰/۴۸ ^b	۷۹/۴±۰/۵ ^{cd}	۳۰/۲±۰/۰۶	۱/۵	
۲۳/۳±۱/۸ ^a	۱/۶۱±۰/۱۷ ^e	۱/۶۲±۰/۲۸ ^a	۷۵/۳±۱/۱ ^f	۳۰/۵±۱/۱	۰	۰
آنالیز آماری داده‌ها						
p=۰/۵۱۲	p=۰/۳۲۸	p=۰/۰۵	p=۰/۰۰۱	p=۰/۸۷۰	اثر ال کارنتین	
p=۰/۰۲۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۹۸۱	اثر متیونین	
p=۰/۳۶۲	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۵	p=۰/۴۲۵	p=۰/۸۹۲	اثر متقابل	

جدول ۳: جدول آنالیز پارامترهای خون ماهی قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده در سطوح مختلف ال کارنتین و متیونین

Table 3: blood indices of rainbow trout fed L-methionine and L-carnitine in different doses

آلبومین	گلوبولین	تری گلیسرید	کلسترول	گلوکز	متیونین (%)	ال کارنتین (گرم بر کیلوگرم)
۱,۳±۰/۱ ^d	۵,۶±۰/۷ ^{de}	۱۸۸,۳±۸/۵ ^c	۲۰۴,۳±۱۵/۴ ^d	۴۰,۶±۶/۷ ^d	۰/۵	
۱,۶±۰/۲ ^{bc}	۶,۸±۱/۳ ^b	۱۹۲,۰±۱۱/۷ ^c	۳۲۴,۰±۲۱/۳ ^b	۶۴,۳±۵/۳ ^d	۱	۰/۵
۱,۸±۰/۳ ^b	۶,۴±۰/۸ ^{bcd}	۲۵۲,۶±۱۵/۳ ^b	۳۲۲,۶±۱۸/۶ ^b	۸۷,۳±۸/۱ ^c	۱/۵	
۱,۵±۰/۲ ^{bcd}	۴,۶±۰/۷ ^e	۸۶,۶±۹/۱ ^f	۱۰۳,۶±۱۰/۸ ^e	۹۴,۸±۸/۹ ^c	۰/۵	
۱,۵±۰/۱ ^{bc}	۶,۷±۰/۶ ^{bc}	۱۳۲,۶±۱۲/۶ ^e	۲۴۸,۶±۱۹/۷ ^c	۱۰۷,۰±۱۲/۷ ^{ab}	۱	۱
۱,۴±۰/۱ ^{cd}	۷,۳±۰/۹ ^{ab}	۱۸۱,۰±۱۵/۸ ^c	۲۵۰,۳±۲۱/۹ ^c	۹۸,۰±۷/۷ ^{bc}	۱/۵	
۱,۴±۰/۳ ^{cd}	۵,۸±۰/۵ ^{cd}	۱۷۲,۳±۱۱/۷ ^d	۲۵۲,۶±۱۸/۵ ^c	۹۵,۶±۱۰/۴ ^c	۰/۵	
۱,۴±۰/۱ ^{cd}	۶,۴±۰/۷ ^{bcd}	۱۹۵,۰±۱۶/۲ ^c	۳۱۴,۰±۲۶/۳ ^b	۹۸,۳±۹/۱ ^{ab}	۱	۱/۵
۱,۶±۰/۲ ^{bc}	۸,۸±۱/۱ ^a	۱۳۲,۰±۱۴/۴ ^e	۲۶۳,۶±۱۵/۳ ^c	۹۲,۳±۷/۶ ^c	۱,۵	
۴,۳±۰/۵ ^a	۸,۰±۰/۶ ^a	۲۸۹,۶±۰/۷ ^a	۳۷۴,۳±۲۲/۰ ^a	۱۱۲,۰±۱۲/۶ ^a	۰	۰
آنالیز آماری داده‌ها						
p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	اثر ال کارنتین	
p=۰/۰۳۸۶	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	اثر متیونین	
p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	اثر متقابل	

کنترل شده است (جدول ۴: $p < 0.05$). ولی افزایش تدریجی سطح میتونین و ال کارنتین جیره تا حدی موجب کاهش میزان پروتئین لاشه شده است ($p < 0.05$).
بر خلاف میزان پروتئین، افزودن هر دو ماده میتونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان چربی لاشه در مقایسه با غذای کنترل شده می‌شود. ولی افزایش تدریجی ال کارنتین و میتونین در جیره‌ها، سبب افزایش جزئی میزان چربی لاشه شده است ($p < 0.05$).

اثر افزودن مکمل‌ها بر میزان کلسترول و تری گلیسرید خون نیز مانند گلوکز می‌باشد ($p < 0.05$).
افزودن میتونین و ال کارنتین موجب کاهش قابل توجه میزان آلبومین و گلوبولین خون قزل‌آلا به مانند سایر پارامترهای خونی می‌شود، ولی میزان این پارامترها با افزایش سطح میتونین افزایش می‌یابد ($p < 0.05$). وجود دو ماده افزودنی میتونین و ال کارنتین در جیره موجب بالارفتن معنی میزان پروتئین لاشه در مقایسه با غذای

جدول ۴: ترکیب لاشه (بر اساس ماده تر) ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده در سطوح مختلف ال کانتین و میتونین

Table 4: carcass composition (per wet weight) of rainbow trout fed L-methionine and L-carnitine in different doses.

ال کارنتین (گرم بر کیلوگرم)	میتونین (%)	رطوبت (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	خاکستر (%)
	۰/۵	۷۰/۴۳±۱/۰۹ ^{ef}	۱۷/۴۲±۱/۰۳ ^a	۶/۵۷±۰/۶۷ ^f	۲/۶۴±۰/۵۶ ^d
۰/۵	۱	۷۱/۸۱±۰/۴۲ ^b	۱۶/۷۵±۰/۳۴ ^c	۷/۳۱±۰/۱۴ ^e	۲/۸۲±۰/۱۶ ^{cb}
۱/۵	۱/۵	۷۰/۸۹±۰/۱۷ ^{fde}	۱۶/۳۱±۰/۳۹ ^d	۷/۳۱±۰/۲۶ ^d	۲/۸۲±۰/۰۷ ^{cb}
۰/۵	۰/۵	۷۰/۴۳±۱/۰۹ ^{cb}	۱۶/۵۲±۱/۰۹ ^{cd}	۷/۲۳±۱/۰۹ ^{de}	۲/۸۲±۱/۰۹ ^{cb}
۱	۱	۷۱/۱۴±۰/۱۴ ^{cde}	۱۷/۲۱±۰/۴۲ ^{ab}	۶/۹۳±۰/۴۲ ^{ef}	۲/۷۹±۰/۴۲ ^c
۱/۵	۱/۵	۷۱/۶۵±۰/۱۷ ^b	۱۵/۷۷±۰/۱۷ ^e	۷/۸۹±۰/۱۷ ^b	۲/۹۲±۰/۱۷ ^b
۰/۵	۰/۵	۷۱/۰۸±۱/۱۰ ^{cde}	۱۶/۴۸±۰/۶۴ ^{cd}	۷/۴۰±۰/۲۸ ^{cd}	۲/۷۴±۰/۰۴ ^{cd}
۱/۵	۱/۵	۷۰/۶۷±۰/۷۱ ^f	۱۷/۰۷±۰/۷۷ ^b	۷/۳۱±۰/۴۵ ^f	۲/۸۲±۰/۳۸ ^{cb}
۱/۵	۱/۵	۷۱/۱۹±۰/۶۴ ^{cd}	۱۵/۹۹±۰/۵۲ ^e	۷/۷۱±۰/۴۸ ^{bc}	۲/۷۲±۰/۲۴ ^{cd}
.	.	۷۳/۰۳±۰/۸۴ ^a	۱۵/۲۸±۰/۶۱ ^f	۸/۶۴±۰/۴۴ ^a	۳/۱۱±۰/۵۶ ^a
آنالیز آماری داده‌ها					
اثر ال کانتین	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱
اثر میتونین	p=۰/۰۱۸	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱
اثر متقابل	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۰۱	p=۰/۰۵۴۱	p=۰/۰۴۸۰	p=۰/۰۵۶۰

ولی سایر پارامترهای رشد در ماهی قزل‌آلا تحت تاثیر قرار نگرفت.

بهبود پارامترهای رشد با اضافه نمودن ال کارنتین در گونه‌های زیادی مشاهده شده است. از جمله این آزمایش‌ها می‌توان به Haji-abadi و همکاران (۲۰۱۰) و احمدیان و همکاران (۱۳۹۴) در ماهی قزل‌آلا، Mohseni و Ozorio

بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که افزودن اسید آمینه میتونین در جیره ماهیان قزل‌آلا موجب بهبود پارامترهای رشد در این ماهی مانند وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی و سرعت رشد ویژه شده، ولی افزودن ال کارنتین فقط موجب تغییر در وزن نهایی شده است،

بعلاوه، وجود اثر متقابل بین الکارنتین و متیونین بر پارامترهای رشد، نشان‌دهنده این است اثر مثبت متیونین در کارایی ال کارنتین وابسته به دوز می‌باشد. در دوزهای پایین ال کارنتین (۰/۵ گرم در کیلوگرم) و متیونین (۰/۵٪) اثر بیشتری بر کارایی پارامترهای رشد دارد، در حالیکه در دوزهای بالاتر ال کارنتین (۱ و ۱/۵ گرم در کیلوگرم) و متیونین (۰/۱٪) منجر به بهبود بیشتر پارامترهای رشد شده است. نتایج نسبتاً مشابهی در تحقیقات اوانی و همکاران (۱۳۹۲) که سطوح متفاوت لیزین و ال کارنتین را بر پارامترهای رشد ماهی قزل آلا بررسی نمودند، حاصل شده است.

بر اساس نتایج حاصله از این آزمایش، وجود دو ماده افزودنی متیونین و ال کارنتین در جیره موجب بالارفتن معنی‌دار میزان پروتئین لاشه در مقایسه با غذای کنترل شده است. ولی بر خلاف میزان پروتئین افزودن هر دو ماده متیونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان چربی و رطوبت لاشه در مقایسه با غذای کنترل شده است. مشابه چنین نتایجی در آزمایش Haji-abadi و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده شده که افزودن ال کارنتین به جیره موجب افزایش پروتئین لاشه و کاهش چربی آن شده است. این وضعیت ممکن است به دلیل افزایش اکسیداسیون اسید چرب و به دنبال آن افزایش کارایی پروتئین در ماهی باشد (Ji et al., 1996). بعلاوه، تحقیقات Ozorio (۲۰۰۱) نشان داد که اضافه نمودن ۱ گرم بر کیلو گرم ال کارنتین در جیره گربه ماهی آفریقایی موجب افزایش تجمع اسیدهای آمینه در لاشه شده که چنین وضعیتی با افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب و کاهش سوختن اسیدهای آمینه در لاشه همراه بوده است. چنین فرآیندی نشان دهنده اثر ممانعتی ال کارنتین بر کاتابولیسم پروتئین از طریق افزایش هدایت اسیدهای چرب به سمت سیکل کربس می‌باشد و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف پروتئین می‌باشد (حاجی آبادی و همکاران ۱۳۸۸). مشابه چنین نتایجی در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Ji et al., 1996)، گربه ماهی کانالی (Burtle and Liu, 1994) و سیم دریایی سیاه (Ma et al., 2008) بدست آمده است.

(۲۰۱۴) در فیل ماهی، Twibell و Brown (۲۰۰۰) در ماهی دو رگه باس راه راه و Focken و همکاران (۱۹۹۷) در ماهی کپور معمولی، جرجانی (۱۳۸۱) در ماهی قره برون و Ma و همکاران (۲۰۰۸) در ماهی سیم دریایی اشاره نمود. همه این محققین اشاره نمودند که افزودن ال کارنتین تا دوز معینی بهبود رشد را دنبال دارد. اثرات مثبت ال کارنتین بر رشد عمدتاً به بهبود کارایی انرژی از طریق افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب در میتوکندری مربوط می‌باشد (Harpaz, 2005).

وجود اسید آمینه‌های ضروری بخصوص متیونین و لیزین نیز می‌تواند بر پارامترهای رشد در ماهی قزل‌آلا موثر و موجب بهبود آنها شود. در اغلب آزمایش‌ها عوامل رشد تا یک دوز اسید آمینه بهبود می‌یابد و پس از آن افزایش رشد مشاهده نمی‌شود (Walton et al., 1984). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان اسید آمینه متیونین غذا برای رشد بهینه ماهی قزل‌آلا کافی نمی‌باشد و ماهی به میزان بیشتری از این اسید آمینه نیاز دارد که باید به صورت مکمل به غذا اضافه شود. بعلاوه، نیاز متیونین قزل‌آلا می‌تواند وابسته به میزان ال کارنتین جیره باشد. این بدین معنی است که در سطح پایین ال کارنتین (۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) وجود میزان کمتری از متیونین (۰/۵٪) در جیره غذایی بالاترین رشد را دنبال دارد، ولی با افزایش ال کارنتین نیاز ماهی به متیونین افزایش می‌یابد و به ۰/۱٪ می‌رسد.

پارامترهای رشد در این تحقیق در سطوح پایین‌تر ال کارنتین و متیونین بهبود نسبتاً بیشتری نشان می‌دهند. این نتیجه ممکن است به این دلیل باشد که چون میزان چربی جیره ثابت است و تفاوتی در خوراک مصرفی تیمارها وجود ندارد. میزان چربی دریافتی تقریباً یکسان، ولی میزان ال کارنتین و متیونین متفاوت بود. بنابراین، ممکن است نتیجه گرفت که در این سطح چربی، میزان ال کارنتین و متیونین مورد نیازی که رشد بهینه ماهی قزل‌آلا را تضمین کند ۰/۵ گرم در کیلوگرم و ۰/۵٪ می‌باشد. مشابه چنین نتایجی توسط حاجی آبادی و همکاران (۱۳۸۸) بر ماهی قزل‌آلا بدست آمد.

- نتایج نشان دهنده این است که به طور کلی، افزودن هردو ماده افزودنی میتونین و ال کارنتین موجب کاهش میزان گلوکز و کلسترول خون در مقایسه با غذای کنترل شده است. چنین پدیده‌ای می‌تواند نشان‌دهنده افزایش مصرف این مواد در سلول‌های ماهی به عنوان یک ماده انرژی‌زا باشد (Harpaz, 2005). نتایج مشابهی در تحقیقات اوانی و همکاران (۱۳۹۲) که سطوح متفاوت لیزین و ال کارنتین بر پارامترهای خونی ماهی قزل‌آلا را بررسی نمودند، حاصل شده است. وجود چنین شرایطی به سوخت بیشتر گلوکز و کاهش ساخت گلوکز در بدن در اثر تحریک ال کارنتین مرتبط است (Reid et al., 1992). از سوی دیگر، ال کارنتین می‌تواند موجب افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب نیز شود (Ozorio, 2001).
- نتیجه‌گیری**
- به طور کلی، در بررسی اثر مجزا و ترکیبی ال کارنتین و میتونین در جیره غذایی ماهی قزل‌آلا مشخص گردید که افزودن هر دو ماده مکمل موجب بهبود پارامترهای رشد در این ماهی شده، ولی بالاترین کارایی رشد در سطوح پایین هر دو ماده افزودنی حاصل شده است. ترکیب این دو ماده در سطوح پایین ال کارنتین افزایش رشد و در سطوح بالا کاهش عملکرد رشد را بدنبال داشته است. با توجه به نتایج حاصله بنظر می‌رسد، استفاده از سطوح پایین مکمل ال کارنتین (۵/۰ گرم در کیلوگرم) و میتونین (۵/۰٪) برای بهبود رشد و ترکیب لاشه مفید می‌باشد.
- منابع**
- احمدیان، ع.، جلالی، م.ع.، پوررضا، ج.، ۱۳۹۴. اثر منبع روغن و مکمل‌های غذایی ال کارنتین و راکتو پامین بر عملکرد رشد و برخی فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴، ۱۰۹-۱۲۱.
- اوانی، ع.، توکل، س.، فغانی لنگرودی، ح. و نوروزی م.، ۱۳۹۲. اثرات متقابل لیزین و ال کارنتین بر فاکتورهای رشد و برخی از پارامترهای کیفی خون در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، مجله شیلات واحد آزاد شهر ۱، ۸۱-۸۸.
- پیک موسوی، م.، بهمنی، م.، سواری، ا.، محسنی، م. و حقی، ن.، ۱۳۸۹. بررسی سطوح مختلف اسید آمینه میتونین بر فاکتورهای رشد و ترکیبات بدن بچه فیل ماهی جوان، نشریه دامپزشکی، ۸۹، ۱۲-۱۹.
- توکلی، ه. و اخلاقی، م.، ۱۳۸۸. بررسی میزان تغییرات لیزوزیم، ایمنوگلوبولین، گلوبول‌ها و هماتوکریت خون در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به‌دنبال عفونت تجربی با آئروموناس هیدروفیلای بیماری‌زا. مجله تحقیقات دامپزشکی، ۶۴، ۱۵۷-۱۶۲.
- جرجانی، م.، ۱۳۸۱. بررسی اثر ال کارنتین بر روی رشد بچه ماهی قره برون. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی.
- حاجی آبادی، س.م.، صادقی، ع. ا.، صوفیانی، ن.م.، چمنی، م. و ریاضی، غ.، ۱۳۸۸. اثر مکمل ال کارنتین بر فراسنجه‌های خونی و رشد ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷، ۱۰۵-۱۱۵.
- محسنی، م.، پورکاظمی، م.، سید حسینی، م.ح.، پورعلی، ح.ر.، ۱۳۹۵. اثر مکمل میتونین و لیزین بر روند رشد، کارایی غذا، قابلیت هضم و ترکیب بدن فیل ماهی پرورشی تغذیه شده با جیره محتوی پروتئین سویا. مجله علمی شیلات ایران، ۲۵، ۱۱۹-۱۳۴.
- AOAC., 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington. 49 p.
- Burtle, G.J. and Liu, Q., 1994. Dietary Carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. Journal of World Aquaculture Society, 25: 169-174. Doi: 10.1111/j.1749-7345.1994.tb00178.x
- Espe, M., Hevroy, E.M., Liaset, B., Lemme, A. and El-Mowafi, A., 2008. Methionine intake affect hepatic sulphur

- metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*, Aquaculture, 274: 132–141. Doi:10.1016/j.aquaculture.2007.10.051.
- Focken, U., Becker, K. and Lawrence, P., 1997.** A note on the effects of l-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, *Cyprinus carpio* L.. Aquaculture Nutrition, 3: 261–264. Doi: 10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x.
- Harpaz, S., 2005.** L-Carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition, A review, Aquaculture, 249: 3–21. Doi:10.1016/j.aquaculture.2005.04.007.
- Haji-Abadi, S.M.A., Mahboobi Soofiani, N., Sadeghi, A.A., Chamani, M. and Riazi, G.H. 2010.** Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture Research, 41 : 1582 –1591. Doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02462.x.
- Ji, H., Bradley, T.M. and Tremblay, G.C., 1996.** Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed l-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. Journal of Nutrition, 126: 1937–1950. Doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00551.x.
- Ma, J.J., Xu, Z.R., Shao, Q.J., Xu, J.Z., Hung, S.S.O., Hu, W.L. and Zhou, L.Y. 2008.** Effect of dietary supplemental L-carnitine on growth performance, body composition and antioxidant status in juvenile black sea bream, *Sparus macrocephalus*. Aquaculture Nutrition, 14: 464-471. Doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00551.x.
- Mohseni, M. and Ozorio, R.O., 2014.** Effects of dietary L-carnitine level on growth performance, body composition and antioxidant status in beluga (*Huso huso* L. 1758). Aquaculture Nutrition, 20: 477-485. Doi: 10.1111/anu.12100.
- Ozorio, R.O.A., Van Eekeren, T.H.B., Huisman, E.A. and Verreth, J.A.J., 2001.** Effects of dietary carnitine and protein energy: nonprotein energy ratios on growth, ammonia excretion and respiratory quotient in African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell) juveniles. Aquaculture Research, 32: 406–414. Doi: 10.1046/j.1355-557x.2001.00031.x.
- Reid, S.D., Moon, T.W. and Perry, S.F., 1992.** Rainbow trout hepatocyte b-adrenoceptors, catecholamine responsiveness, and effects of cortisol. American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology, 262: 794-799. Doi: 0363-6119/1522-1490.
- Twibell, R.G. and Brown, P.B., 2000.** Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass *Morone saxatilis* male *M. chrysops* female). Aquaculture, 187 : 161-153. Doi:10.1016/S0044-8486(99)00387-7.
- Walton, M.J., Cowey, C.B., Adron, J.W., 1984.** The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Sulmo gairdneri*). British Journal of Nutrition, 52: 115-122. Doi:10.1079/BJN19840077.

Wolf, G. and Berger, C.R.A., 1961. Studies-
on the biosynthesis and turnover of
carnitine; *Archive of Biochemistry and
Biophysics*, 92: 360 -365. Doi:
10.1016/0003- 9861(61) 90362-9.

The interaction effect between methionine and L-carnitine on growth parameters, carcass composition and blood indices in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*

Keramat A.^{1*}; Abolfazli A.²

*amirkola@yahoo.com

1. Department of fisheries, Faculty of animal sciences and fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Khazar higher education Institute, Mahmodabad, Mazandaran, Iran

Abstract

The main goal of the current study is to investigate the effects of L-carnitine supplement mixed with methionine on fat metabolism efficacy and consequently growth performance improvement in rainbow trout. In order to study the interaction effects between methionine and L-carnitine, three levels of methionine (0.5, 1 and 1.5%) and three levels of L-carnitine (0.5, 1 and 1.5 g/kg) were added to an experimental diet. This led to nine experimental diets. The results showed that growth parameters such as final weight, feed conversion rate and specific growth rate were influenced by addition methionine ($p < 0.05$). However, L-carnitine supplementation did not change growth parameters in rainbow trout, except final weight ($p > 0.05$). The result also revealed that in general fish fed diets containing methionine and L-carnitine showed a better growth performance in comparison to control diet (without methionine and L-carnitine). Inclusion of both methionine and L-carnitine reduced blood glucose concentration compared with control diet ($P < 0.05$). Carcass protein level increase by addition of both methionine and L-carnitine compared to control diet ($p < 0.05$). Dislike to protein, administration of both methionine and L-carnitine reduced fat content of carcass compared to control diet ($p < 0.05$). In conclusion, administration of L-carnitine along with methionine at low level had a larger positive impact on growth and muscle composition in rainbow trout.

Keywords: rainbow trout, Methionine, L-carnitine, fat

*Corresponding author