شیلات، مجله منابع طبیعی ایران

دوره ۶۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

صفحات ۲۱۰-۲۰۱

تاثیرمکمل ال-کارنیتین روی الگوی رشد،ترکیب شیمیایی بدن، پروفایل اسیدهای چرب بدن و فعالیت فاکتور شبه انسولین (IGF-1) ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*, Houttyn)

پریا اکبری[1]*

۱. استادیار گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۶/۳۱

چکیده:

ال کارنیتین به‌عنوان یکی از مکمل‌های ضروری و مهم جهت تغذیه انسان و حیوان شناخته شده است. مطالعه حاضر، به‌منظور بررسی اثر مکمل ال- کارنیتین بر عملکرد رشد (وزن نهایی بدن، میزان رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، کارایی تبدیل غذایی، میزان غذای دریافتی، میزان کارایی پروتئین، میزان کارایی چربی، میزان تولید پروتئین و میزان تولید چربی) و ترکیبات شیمیایی لاشه (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت)، پروفایل اسیدهای چرب بدن و فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین۱ (IGF-1) ماهی شانک زرد باله طراحی گردید. در این تحقیق، ۲۴۰ ماهی با میانگین وزنی ۳/۲۳±۰/۴۶ گرم به‌صورت تصادفی در ۴ گروه ۶۰ تایی (با سه تکرار و در هر تکرار ۲۰ قطعه ماهی) در مخازن پلاستیکی ۶۰ لیتر قرار گرفتند و با رژیم غذایی محتوی ۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا به‌صورت روزانه مورد تغذیه قرار گرفتند. بعد از ۶۴ روز، رژیم غذایی محتوی ۸۰۰ میلی‌گرم ال- کارنتین بر کیلوگرم غذا منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد رشد (به استثنای میزان رشد روزانه)، میزان پروتئین و چربی لاشه، اسیدهای چرب بدن و فعالیت شبه انسولین شد. همبستگی مثبت بین فعالیت شبه انسولین و میزان رشد روزانه به استثنای رژیم غذایی محتوی ۱۲۰۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد. با توجه به نتایج حاضر می‌توان بیان نمود که رژیم غذایی ۸۰۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا می‌تواند منجر به افزایش رشد، کیفیت لاشه، فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین ۱ و متابولیسم لیپید در ماهی شانک زرد باله شود.

واژگان کلیدی: ماهی شانک زرد باله، ال- کارنیتین، متبولیسم لیپید، عملکرد رشد، کیفیت لاشه، فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین

* نویسنده مسئول مکاتبه تلفن: ۰۵۴۳۱۲۷۲۳۴۰ فکس: ۰۵۴۳۵۳۲۴۵۱۳ Email: paria.akbary@gmail.com

۱. مقدمه

ال- کارنیتین (ال- بتا هیدروکسی گاما تری متیل آمینو بوتیرات)، یکی از آمین‌های قابل حل می‌باشد که به‌طور طبیعی در بدن میکروارگانیسم‌ها، گیاهان و حیوانات وجود دارد (Ozório *et al.*, 2001). برای ساخت زیستی کارنیتین، به آمینواسیدهای لیزین، متیونین، ویتامین‌های اسید اسکوربیک، ب۶ و فلز آهن نیاز است. این ترکیب نقش مهمی در انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند زنجیره به میتوکندری داشته که منجر به صرفه جویی در مصرف پروتئین جهت تولید انرژی می‌شود (Dikel *et al.*, 2010). لذا درحیوانات تغذیه شده با رژیم‌های محتوی ال- کارنیتین، قابلیت دسترسی بیشتری به میزان انرژی پروتئین به‌منظور رشد وجود دارد. عواملی نظیر سن، اندازه ماهی، طول دوره آزمایش، ترکیب غذایی و سطوح مختلف ال- کارنیتین همگی در پاسخ ماهی به مکمل ال- کارنیتین موثر می‌باشند (Harpaz, 2005; Nogueira *et al.*, 2011).

شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) از گونه‌های مهم خانواده شانک ماهیان (Sparidae) است که به لحاظ شیلاتی و آبزی‌پروری دارای اهمیت تجاری و اقتصادی در کشورهای آسیای شرقی و حاشیه‌ی خلیج فارس است که بسیار خوش خوراک بوده و دارای میزان صید بالایی است (Bromage and Robert, 2001). رشد اقتصادی و تغذیه جمعیت روبه تزاید و کیفیت برتر پروتئین آبزیان، صید در دریاها را چنان توسعه بخشیده است که کاهش گونه‌های متعددی از آبزیان ارزشمند از جمله شانک زرد باله در خلیج فارس را همراه داشته است.

هر چند مطالعات زیادی در زمینه اثر ال- کارنیتین به‌عنوان مکمل غذایی در گونه‌های مختلف ماهیان انجام شده است (Twibell and Brown, 2000; Mohseni *et al.*, 2008 ; Jalali Haji-abadi *et al.*, 2010) اما تاکنون مطالعه‌های کمی در زمینه اثر ال-کارنیتین روی متابولیسم و ویژگی‌های فیزیولوژیک گونه‌های مختلف این خانواده صورت گرفته است به‌عنوان مثال، مطالعاتی در زمینه اثر ال-کارنیتین روی رشد و ترکیبات بدن یکی از گونه‌های این خانواده به‌نام شانک قرمز ژاپنی(*Pagrus major*) (Chatzifotis *et al.*, 1996 ; Chatzifotis andTakeuchi, 1997 ; Chatzifotis *et al.*, 1995) و شانک خط قرمز (*Pagrus pagrus*) (Nogueira *et al.*, 2011) که مشابهت با شانک زرد باله داشته صورت گرفته است اما اطلاعات موجود بسیار محدود و تاکنون مطالعه‌ای در زمینه اثر ال-کارنتین بر روی رشد، کیفیت لاشه ماهی، متابولیسم لیپید و فعالیت شبه انسولین شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) صورت نگرفته لذا در این تحقیق، به بررسی اثر مکمل ال-عملکرد رشد (وزن نهایی بدن، میزان رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، کارایی تبدیل غذایی، میزان غذای دریافتی، میزان کارایی پروتئین، میزان کارایی چربی، میزان تولید پروتئین و میزان تولید چربی) و ترکیبات شیمیایی لاشه (پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت)، پروفایل اسیدهای چرب عضله و فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین ۱(IGF-1) ماهی شانک زرد باله پرداخته شده است.

۲. مواد و روشها

۱.۲. ماهی و شرایط پرورش

این آزمایش در تیرماه ۱۳۹۳ در انستیتو موسسه تحقیقات شیلات چابهار و با انتقال ۲۴۰ قطعه ماهی شانک زرد باله با میانگین وزنی ۳/۲۳±۰/۴۶ گرم از اسکله رمین واقع در ۵ کیلومتری بندر چابهار به‌وسیله صید گرگور توسط صیاد به محل آزمایش، انجام شد. پس از طی مرحله سازگاری به‌مدت دو هفته و اطمینان از سلامتی آن‌ها، با تراکم ۲۰ قطعه به ۱۲ مخزن۶۰ لیتری (چهار گروه با سه تکرار برای هر گروه) منتقل شدند. در طول دوره، پارامترهای آب اندازه گیری شد. به‌طور میانگین در کل دوره شوری ۳۸±۰/۹۷ گرم بر لیتر درجه حرارت آب ۲۸/۲±۰/۵ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۷/۰۱ ±۰/۸۷ میلی‌گرم بر لیتر و pH آب ۷/۸±۰/۴ بود. در طی دوره آزمایش نوری به‌صورت ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود.. به‌منظور هوادهی و نیاز اکسیژن به هر یک ازمخزن‌ها یک سنگ هوا که به منبع هواده متصل بود نصب گردید. پس از ۷ روز

سازگاری با شرایط موجود، از غذای کنسانتره (شرکت تعاونی تولیدی ۲۱ بیضاء، شیراز با میزان ۴۸ درصد پروتئین، ۱۴ درصد چربی، ۱/۹ درصد فیبر و ۱۰/۵۷ درصد خاکستر) ۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا که به‌همراه ۲۰میلی‌لیتر آب که به‌روی غذا اسپری شده، پس از خشک شدن به‌صورت روزانه در دو نوبت (۸ صبح و ۵ عصر) در حد سیری استفاده نمودند.

۲.۲. زیست سنجی و بررسی پارامترهای رشد

به‌منظور اندازه گیری شاخص‌های رشد، در پایان دوره آزمایش (روز ۶۴) تمام ماهیان هر مخزن خارج شده و وزن (با دقت ۰/۰۱ گرم) و طول (با دقت۱ میلی‌متر) آن‌ها ثبت گردید. با استفاده از داده‌های حاصل از زیست سنجی‌ها، میزان رشد روزانه، ضریب تبدیل غذایی، کارایی تبدیل غذایی، میزان غذای دریافتی، میزان کارایی پروتئین، میزان کارایی چربی، میزان تولید پروتئین و میزان تولید چربی (Wahli *et al.*, 2003) تعیین شد.

میزان رشد روزانه = [(افزایش وزن به‌دست آمده ×۱۰۰) / (وزن اولیه+ وزن نهایی)/۲]/طول دوره پرورش

ضریب تبدیل غذایی = غذای مصرف شده (گرم) /افزایش وزن به‌دست آمده (گرم)

میزان غذای دریافتی (بر حسب درصد وزن بدن به ازای هر روز)= (میزان غذای دریافت شده/ (وزن اولیه+ وزن نهایی) /۲) / طول دوره پرورش

کارایی تبدیل غذایی= (افزایش وزن به‌دست آمده / میزان کل غذای خشک مصرفی)×۱۰۰

میزان کارایی پروتئین= افزایش وزن به‌دست آمده /میزان پروتئین مصرفی

میزان پروتئین تولید= پروتئین ذخیره شده/ پروتئین مصرف شده

میزان کارایی چربی= افزایش وزن به‌دست آمده/ میزان چربی مصرفی

میزان چربی تولید= چربی ذخیره شده/ چربی مصرف شده

۳.۲. آنالیز لاشه

به‌منظور تعیین ترکیب لاشه، پایان دوره آزمایش به‌صورت تصادفی ۶ قطعه ماهی پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی (برای گروه تغذیه شده از هر سایز)، صید شده و به‌منظور تجزیه ترکیب شیمیایی لاشه به آزمایشگاه شبکه دامپزشکی چابهار منتقل شد. تجزیه شیمیایی ترکیب لاشه بر اساس روش استاندارد AOAC انجام گرفت. میزان پروتئین لاشه از روش کلدال، چربی با استفاده از روش سوکسله و از طریق حل نمودن چربی در اتر، رطوبت از طریق قرار دادن نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و توزین نمونه بعد از خنک شدن و خاکستر از طریق سوزاندن نمونه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت و توزین نمونه پس از خنک شدن محاسبه شدند (AOAC, 1989).

۴.۲. آنالیز ترکیب اسیدهای چرب

به‌منظور آنالیز اسیدهای چرب، لیپید بدن به‌کمک مخلوط اتانول و کلروفرم بر طبق روش Folch و همکاران (۱۹۵۷) جدا سازی شد. سپس برای بررسی ترکیب اسیدهای چرب نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی مدل Unicam 4600 استفاده شد. ستون این دستگاه ازنوع BP*70 به‌طول ۳۰ متر و قطر ۰/۱ میلی‌متر بود و دمای ستون ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای اینجکتور ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. با تزریق نمونه (۰/۳ میکرولیتر) به‌وسیله سرنگ هامیلتون به دستگاه و با عبور گازی هلیوم استرهای متیله اسیدهای چرب بصورت بخار در آمده و از ستون بصورت مجزا خارج شده و نمودار آنها ترسیم گردید. استرهای متیله اسیدهای چرب برحسب درصد کل اسیدهای چرب محاسبه شدند.

۵.۲. تعیین فعالیت فاکتوررشد شبه انسولین۱ (IGF-1)

در پایان دوره آزمایش (روز۶۴)، به‌صورت تصادفی از ۹ قطعه ماهی از هر گروه پس از بیهوشی با پودر گل میخک (۲ گرم بر لیتر) و قطع ساقه دمی خون‌گیری صورت گرفت و خون جمع‌آوری شده در میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتر آغشته به هپارین ریخته شد .سپس با دور ۳۰۰۰ به‌مدت min ۱۰ سانتریفوژ گردید و پلاسمای آن جدا گردید و میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتر در دمای۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس به‌منظور تعیین فعالیت IGF-1 از روش Duan و Hirano (۱۹۹۰) با استفاده از کیت انسانی (پادگن طب) و سنجش الیزا استفاده شد. ۵ میکرولیتر از استاندارد و ۵ میکرولیتر پلاسما به میکرو پلت آغشته به آنتی ژن بز ضد IGF-1 انسانی با غلظت‌های ۰ تا ۴۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر اضافه شد سپس با اضافه نمودن آنزیم رنگ‌زا و محلول متوقف کننده واکنش سوبسترا-آنزیم (اسید سولفوریک)، میزان تغییر رنگ به‌وسیله اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۵۰ نانومتر ثبت شد.

۶.۲. آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، پروفایل اسید چرب و فعالیت IGF-1 را با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٪۵ صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS 16 در محیط ویندوز XP استفاده گردید. با استفاده از تست کالموگراف اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. همچنین به‌منظور بررسی برابری واریانس‌ها، از تست له‌وین استفاده شد و کلیه داده‌هایی که بر حسب درصد بودند در ابتدا از آن‌ها لگاریتم طبیعی گرفته شد (Ln).

۳. نتایج

۱.۳. شاخص‌های رشد

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و بقاء ماهی شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی در پایان دوره آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. ماهی‌ها از میانگین وزن اولیه ۳/۲۳ گرم به دامنه میانگین وزن نهایی ۸/۲۸ گرم الی ۱۹/۴۷ گرم در طول ۶۴ روز آزمایش رسیدند. میزان بقاء و میزان رشد روزانه در گروه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (P>۰/۰۵). ورن نهایی، کارایی تبدیل غذا، میزان کارایی پروتئین و میزان تولید پروتئین در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا به‌صورت معنی‌دار بیشتر و ضریب تبدیل غذایی، میزان غذای دریافتی روزانه و میزان کارایی چربی کمتر از سایر گروه‌ها بود (P<۰/۰۵). هر چند کمترین میزان تولید چربی در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد اما اختلاف معنی‌داری را با گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۰ و۴۰۰میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول ۱. تغییرات میانگین (میانگین± خطای معیار) شاخص‌های رشد، کارایی تغذیه و بقاء شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی بعد از ۶۴ روز آزمایش (n=۳۰)

	رژیم های غذایی (میلی‌گرم ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا)			
	۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۲۰۰
وزن اولیه (گرم)	۳/۲۳±۰/۴۶^{a}	۳/۱۹±۰/۰۸^{a}	۳/۳۲±۰/۰۹^{a}	۳/۳۳±۰/۹۸^{a}
وزن نهایی (گرم)	۸/۲۸±۰/۲۸^{a}	۱۱/۶±۰/۰۹^{b}	۱۹/۴۷±۱/۰۹^{d}	۱۵/۷±۱/۰۴^{c}
میزان غذای دریافتی (درصد وزن بدن /روز)	۱/۸۸±۰/۰۸^{d}	۱/۱۴±۰/۰۷^{c}	۰/۶۷±۰/۰۴^{a}	۰/۹۱±۰/۰۵^{b}
میزان رشد روزانه	۱/۳۷±۰/۸۷^{a}	۱/۷۹±۰/۱۷^{a}	۲/۲۱±۰/۳۴^{a}	۲/۰۳±۰/۲۲^{a}
ضریب تبدیل غذا	۱/۹۳±۰/۰۹^{d}	۲/۴۳±۰/۲۰^{c}	۰/۸۸±۰/۴۳^{a}	۱/۱۲±۰/۰۳^{b}

کارایی تبدیل غذا	۱۲۷/۳۲±۸/۲۹^{a}	۲۸۱/۴۳±۲۱/۲۰^{b}	۴۸۱/۹۳±۲۹/۰۹^{d}	۲۷۱/۹۳±۲/۰۹^{c}
میزان کارایی پروتئین	۲/۳۲±۱/۲۱^{a}	۴/۶۹±۰/۱۴^{b}	۹/۱۵±۰/۱۹^{d}	۶/۵۰±۰/۲۱^{c}
میزان تولید پروتئین (٪)	۷۸/±۳/۰۳^{a}	۱۱۸/۱۸±۱۱/۰۴^{b}	۲۳۴/۷۴±۱۲/۳۲^{c}	۱۲۱/۸۴±۹/۰۷^{b}
میزان کارایی چربی	۱۱/۳۷±۰/۹۷^{a}	۱۹/۳۷±۳/۸۷^{b}	۳۵/۷۶±۳/۱۷^{d}	۲۴/۱۷±۵/۸۷^{c}
میزان تولید چربی (٪)	۹۸/۳۸±۲/۴۷^{a}	۱۳۸/۳۲±۱۰/۲۷^{b}	۱۲۲/۴۵±۷/۳۷^{ab}	۱۹۶/۳۷±۶/۹۰^{c}
بقاء (٪)	۹۷/۳۳±۰/۴۷^{a}	۹۸/۲۱±۰/۸۷^{a}	۹۹/۳۷±۰/۴۷^{a}	۹۸/۲۱±۰/۱۷^{a}

حروف نامشابه در هر ردیف نشاندهنده اختلاف معنی دار بین گروههای آزمایشی است (P<۰/۰۵). میانگین داده ها بر اساس تحلیل واریانس یکطرفه مورد مقایسه قرار گرفتند.

۲.۳. ترکیبات شیمیایی لاشه

ترکیبات شیمیایی لاشه ماهی شانک زرد باله تحت رژیم های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا، منجر به افزایش معنی‌دار میزان پروتئین لاشه و کاهش معنی‌دار میزان چربی لاشه شانک زرد باله در مقایسه با رژیم غذایی حاوی ۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا شد(P<۰/۰۵). در حالی‌که اختلاف معنی داری در میزان رطوبت و خاکستر لاشه در بین گروه‌های مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول۲. تغییرات میانگین (میانگین± خطای معیار) ترکیبات شیمیایی بدن شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی درپایان دوره آزمایش (n=۶)

ترکیب شیمیایی بدن	رژیم های غذایی (میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا)			
(درصد)	۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۲۰۰
پروتئین	۱۸/۲۸±۱/۲۸^{a}	۲۱/۶±۷/۰۹^{ab}	۲۲/۴۷±۴/۰۹^{b}	۱۹/۷±۶/۰۴^{ab}
چربی	۷/۸۸±۲/۰۸^{b}	۵/۱۴±۳/۰۷^{ab}	۲/۶۷±۰/۱۰^{a}	۵/۹۱±۱/۱۶^{ab}
خاکستر	۸/۳۷±۰/۸۴^{a}	۷/۱۲±۱/۱۷^{a}	۷/۰۱±۰/۳۴^{a}	۷/۱۲±۰/۴۲^{a}
رطوبت	۶۹/۹۳±۱/۱۹^{d}	۷۰/۴۳±۰/۹۱^{a}	۷۰/۱۸±۰/۶۳^{a}	۷۰/۲۰±۱/۳۱^{a}

حروف نامشابه در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵). میانگین داده‌ها بر اساس واریانس یک‌طرفه مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳.۳. ترکیب اسیدهای چرب

میزان اسیدهای چرب بدن شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. میزان اسید چرب اشباع شده (SFA)، اسید چرب تک زنجیره غیر اشباع (MUFA) و اسید چرب چند زنجیره غیر اشباع (PUFA) در گروه‌های تغذیه شده با مکمل ال-کارنیتین بطور معنی‌دار بیشتر از گروه تغذیه شده با غذای کنسانتره (۰ میلی‌گرم مکمل ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا) بود (P<۰/۰۵). در حالی‌که بیشترین میزان SFA، MUFA و PUFA در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا، مشاهده شد ولی اختلاف معنی‌داری را با گروه‌های تغذیه شده با رژیم‌های غذایی حاوی ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا نشان نداد (P>۰/۰۵). میزان ایکوزنوئیک اسید ۹-n ۱: C۲۰ از دسته MUFA و لینولئیک اسید (۶-n ۲: C۱۸)، آراشیدونیک اسید (۶-n ۴: ۲۰ C)، ایکوزا پنتانوئیک اسید (۳-n ۵: C۲۲) و دیکوزا هگزانوئیک اسید (۳-n ۶: C۲۲) از دسته (PUFA) در در گروه‌های تغذیه شده با مکمل ال- کارنیتین بطور معنی‌دار بیشتر از گروه تغذیه شده با غذای کنسانتره (۰ میلی‌گرم مکمل ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا) بود (P<۰/۰۵).

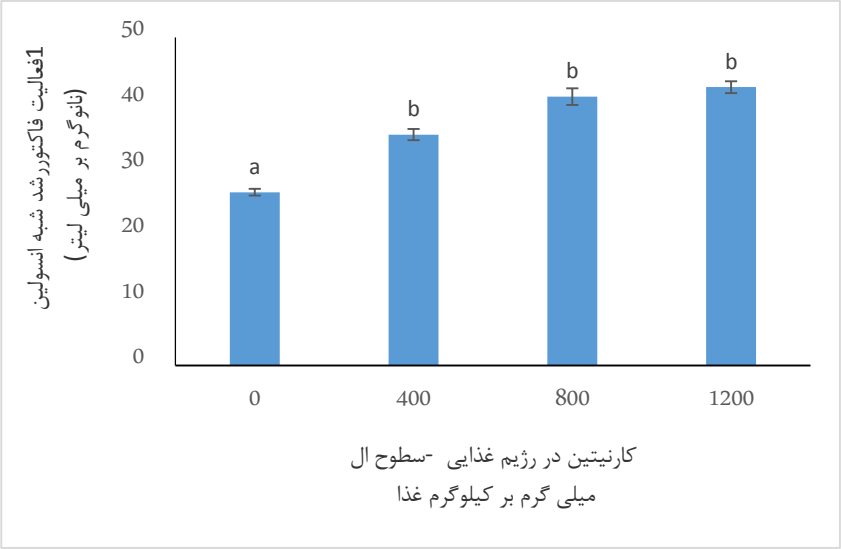
جدول۳. تغییرات میانگین (میانگین± خطای معیار) ترکیب اسیدهای چرب بدن شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی درپایان دوره آزمایش (درصد کل اسید چرب)

	رژیم‌های غذایی (میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا)			
	۰	۴۰۰	۸۰۰	۱۲۰۰
C۱۴:۰	۳/۸۴±۰/۰۱^{a}	۴/۴۱±۰/۰۸^{a}	۴/۴۸±۰/۰۱^{a}	۴/۵۱±۰/۰۵^{a}
C۱۶:۰	۱۳/۲۸±۰/۱۸^{a}	۱۴/۶۳±۰/۲۲^{b}	۱۵/۷۴±۰/۰۹^{c}	۱۶/۷±۰/۲۴^{d}
C۱۸:۰	۳/۵۱±۰/۰۳^{a}	۳/۸۱±۰/۰۷^{b}	۳/۹۴±۰/۰۴^{b}	۳/۶۰±۰/۰۲^{b}
C۲۲:۰	۰/۳۹±۰/۰۳^{c}	۰/۳۱±۰/۰۴^{ab}	۰/۲۸±۰/۰۴^{a}	۰/۳۴±۰/۰۵^{b}
SFA*	۲۵/۱۲±۱/۱۹^{a}	۲۶/۷۹±۲/۲۰^{b}	۲۸/۳۵±۱/۴۳^{c}	۳۴/۰۴±۲/۰۳^{c}
C۱۴ :۱ n	۰/۰۲±۰/۰۰^{a}	۰/۰۳±۰/۰۰^{a}	۰/۰۳±۰/۰۰^{a}	۰/۰۳±۰/۰۰^{a}
C۱۶ :۱ n	۶/۱۴±۰/۰۱^{a}	۵/۹۸±۰/۰۹^{a}	۵/۳۳±۰/۰۵^{a}	۵/۹۱±۰/۰۱^{a}
C۱۸ :۱ n-۹	۱۶/۷۱ ±۳/۰۳^{a}	۱۶/۵۲±۱/۰۴^{a}	۱۶/۵۶±۲/۳۲^{a}	۱۶/۵۰±۱/۰۷^{a}
C۲۰ :۱ n-۹	۰/۷۸±۰/۰۷^{b}	۰/۷۱±۰/۱۲^{a}	۰/۶۸±۰/۰۵^{a}	۰/۷۲±۰/۰۰^{b}
MUFA**	۲۵/۹۹±۰/۸۷^{a}	۲۷/۲۶±۱/۲۷^{b}	۲۷/۱۰±۱/۳۷^{b}	۲۷/۰۳±۱/۰۹^{b}
C۱۸ :۲ n-۶	۶/۲۹±۰/۰۶^{a}	۶/۸۳±۰/۰۵^{b}	۶/۵۸±۰/۰۴^{b}	۶/۶۷±۰/۰۱^{b}
C۱۸ :۳ n-۳	۱/۲۳±۰/۱۶^{a}	۱/۵۸±۰/۰۶^{a}	۱/۶۶±۰/۰۲^{a}	۱/۷۵±۰/۰۳^{a}
C۲۰ :۳ n-۳	۰/۵۸±۰/۰۱^{a}	۰/۵۱±۰/۰۲^{a}	۰/۴۸±۰/۰۳^{a}	۰/۵۱±۰/۰۱^{a}
C۲۰ :۴ n-۶	۱/۲۹±۰/۰۳^{a}	۱/۷۹±۰/۰۱^{b}	۱/۷۷±۰/۱۰^{b}	۱/۶۹±۰/۰۳^{b}
C۲۰ :۵ n-۳	۵/۱۹±۰/۰۷^{a}	۵/۲۹±۰/۰۴^{a}	۵/۳۱±۰/۴۰^{a}	۵/۳۸±۰/۱۰^{a}
C۲۲ :۵ n-۳	۵/۵۶±۰/۰۳^{a}	۶/۱۳±۰/۰۹^{b}	۵/۶۷±۰/۱۲^{ab}	۵/۶۱±۰/۰۳^{a}
C۲۲ :۶ n-۳	۱۳/۵۱±۰/۲۷^{a}	۱۴/۸۸±۰/۱۳^{c}	۱۴/۷۱±۰/۰۱^{bc}	۱۴/۰۹±۰/۰۱^{ab}
PUFA***	۲۹/۹۷±۰/۱۲^{a}	۳۵/۶۶±۱/۰۶^{b}	۳۴/۳۳±۰/۱۵^{b}	۳۳/۵۱±۰/۱۲^{ab}

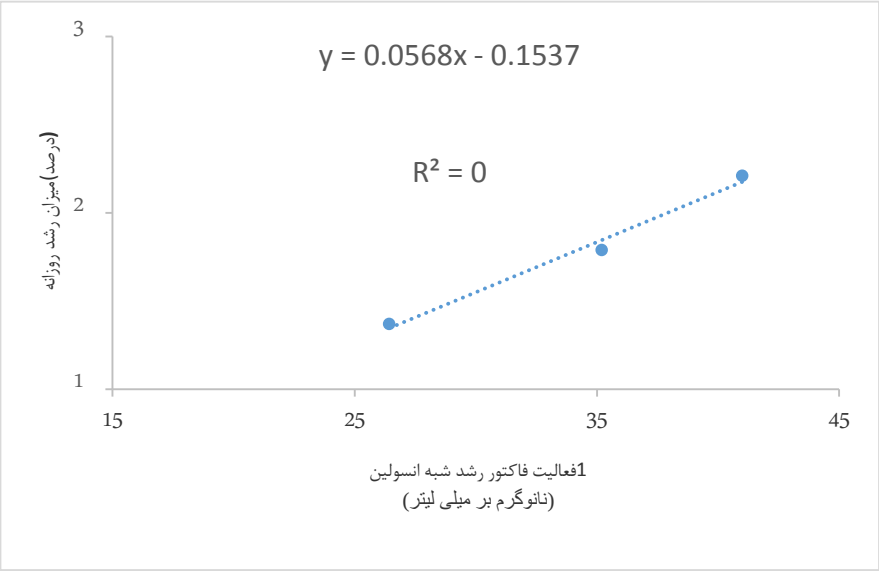
حروف نامشابه در هر ردیف نشاندهنده اختلاف معنی دار بین گروههای آزمایشی است (P<۰/۰۵). میانگین داده ها بر اساس واریانس یکطرفه مورد مقایسه قرار گرفتند. *SFA اسید چرب اشباع** MUFA اسید چرب تک زنجیره غیر اشباع ***PUFA اسید چرب چند زنجیره غیر اشباع

۴.۳. فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین ۱ (IGF-1)

فعالیت IGF-1 پلاسما شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش، همچنین همبستگی بین میزان رشد روزانه و فعالیت IGF-1 در نمودار ۱ و۲ به‌ترتیب آورده شده است. با افزایش میزان مکمل ال- کارنیتین در جیره غذایی، فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین ۱ نیز افزایش یافته است. ولی اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌های تغذیه شده با رژیم‌های غذایی حاوی ۴۰۰، ۸۰۰ و۱۲۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا مشاهده نشد (P>۰/۰۵). همبستگی مثبت و معنی‌داری (R^2=۰/۹) بین میزان رشد روزانه و فعالیت IGF-1 پلاسما گروه‌های تغذیه شده با رژیم‌های حاوی ۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد.



شکل ۱. تغییرات میانگین (میانگین± خطای معیار) فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین۱ (IGF-1) پلاسما شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی درپایان دوره آزمایش (n=۹).



شکل۲. میزان همبستگی فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین۱ و میزان رشد روزانه شانک زرد باله تحت رژیم‌های غذایی آزمایشی (به اشتنای رژیم غذایی ۱۲۰۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا) درپایان دوره آزمایش (n=۹).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق، به بررسی اثر مکمل ال-کارنیتین روی عملکرد رشد، کارایی غذا، ترکیب شیمیایی لاشه، پروفایل اسیدهای چرب بدن و فاکتور رشد شبه انسولین ۱ ماهی شانک زرد باله به‌عنوان یکی از گونه‌های تجاری مهم پرداخته است.

نتایج حاصل از این تحقیق، نشان داد که بیشترین وزن نهایی (۱۹/۴۷ گرم)، میزان کارایی تبدیل غذایی (۴۸۱/۹۳)، میزان کارایی پروتئین (۹/۱۵)، میزان تولید پروتئین (۲۳۴/۷۴ درصد) و میزان کارایی چربی (۳۵/۷۶) و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی (۰/۸۸) در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا مشاهده شد. در حالی‌که شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۱۲۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر

کیلوگرم غذا در مقایسه با گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا کاهش یافت که این موضوع نشان می‌دهد که به‌علت رهاسازی بیش از حد اسیل کارنیتین در دوز ۱۲۰۰ میلی‌گرم مکمل ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا انرژی بیشتری مورد مصرف قرار گرفته است (Mohseni andOzório, 2014Safari *et al.*, 2015;). تحقیقی مشابه با مطالعه حاضر، نشان داد که رژیم غذایی محتوی ۶۵۰-۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا منجر به افزایش معنی‌دار افزایش وزن بدن، کارایی تغذیه، میزان کارایی پروتئین و فاکتور وضعیت ماهی فیل ماهی (*Huso huso*) در مقایسه با رژیم‌های محتوی ۱۲۵۰-۹۵۰میلی‌گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا شده که نشان داد که در سطوح بهینه مکمل ال-کارنیتین، با صرفه جویی در مصرف انرژی متابولیکی میزان رشد ماهی بهبود یافته است (Safari *et al.*, 2015). در حالی‌که Nogueira و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که اضافه شدن ۶۳۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا، منجر به بهبود عملکرد رشد و تغذیه در سوف خط قرمز (*P. pagrus*) نگردید که علت این موضوع شاید مربوط به عواملی از جمله جنس، گونه و غلظت ال-کارنیتین است که می‌توانند بر رشد ماهی تاثیرگذار باشند (Nogueira *et al.*, 2010).

آنالیز ترکیب لاشه شانک زرد باله نشان داد که رژیم غذایی حاوی۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا، تاثیر مهمی بر پروتئین لاشه و چربی لاشه داشت. کاهش معنی‌داری در میزان لیپید لاشه در گروه تغذیه شده با رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا در مقایسه با گروه تغذیه شده با غذای کنسانتره نشان می‌دهد که ال-کارنیتین منجر به افزایش سوخت و ساز چربی شده و منجر به صرفه‌جویی مصرف پروتئین می‌گردد که با تحقیقات صورت گرفته بر روی گونه‌های دیگر ماهیان از جمله فیل ماهی (*Huso huso*) (Mohseni *et al.*, 2008) و سوف صورتی (*Sander lucioperca*) (Akbari *et al.*, 2014).در حالی‌که Nogueira و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که اضافه شدن ۶۳۰ میلی‌گرم مکمل ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا، تاثیر معنی‌داری بر ترکیبات شیمیایی بدن سوف خط قرمز (*P.pagrus*) نداشت که دلیل این مغایرت مربوط به عواملی نظیر گونه، جنس، میزان غلظت ال-کارنیتین می‌باشد.

مکمل ال-کارنیتین با همراهی کردن اسیدهای چرب فعال (آسیل کوآنزیم آ) جهت انتقال به داخل ماتریکس میتوکندری نقش مهمی در تولید انرژی دارد. بنابراین این ترکیب برای ورود اسیدهای چرب بلند زنجیره (به فرم استر آسیل کارنیتین) به داخل میتوکندری ضروری است و مکمل ال-کارنیتین در جیره، می‌تواند با بهبود بازده استفاده از انرژی ناشی از اکسیداسیون چربی‌ها، عملکرد ماهی‌ها را افزایش دهد (Dikel *et al.*, 2010; Chatzifotis and Takeuchi, 1997 ; Nogueira *et al.*, 2011). مطالعه حاضر نشان داد که میزان اسیدهای چرب اشباع شده (SFA)، میزان ایکوزنوئیک اسید n-۹ ۱: C۲۰ از دسته MUFA و لینولئیک اسید (n-۶ ۲: C۱۸)، آراشیدونیک اسید (n-۶ ۴: ۲۰)، ایکوزا پنتانوئیک اسید (n-۳ ۵: C۲۲) و دیکوزا هگزانوئیک اسید (n-۳ ۶: C۲۲) از دسته (PUFA) در گروه‌های تغذیه شده با مکمل ال-کارنیتین به‌طور معنی‌دار بیشتر از گروه تغذیه شده با غذای کنسانتره (۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا) بود. که با تحقیق صورت گرفته بر روی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Dikel *et al.*, 2010) همخوانی داشت. Dikel و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که میزان اسیدهای چرب اشباع شده ۱۴ الی ۱۸ کربنه، MUFA با ۱۵، ۱۶ و۱۸ کربن در گروه‌های تغذیه شده با رژیم‌های حاوی ۶۰۰-۳۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا افزایش معنی‌داری را در مقایسه با گروه کنترل نشان دادند. همچنین میزان دیکوزا هگزانوئیک اسید در گروه‌های تغذیه شده با مکمل ال-کارنیتین بیشتر از گروه کنترل گزارش شد اما اختلاف معنی‌داری را با گروه کنترل نشان نداد. Ozrorio و همکاران (۲۰۰۳)نشان دادند که رژیم محتوی ال-کارنیتین منجر به کاهش EPA و DHA در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) گردید که این موضوع نشان داد که ممکن است EPAو DHA به‌عنوان بخشی از آنزیم ترانسفراز اسیل کارنیتین به‌منظور انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب به‌کار برده شود

(Ozrorio *et al.*, 2003)که با نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطابقت نداشت.

در مطالعه حاضر، فعالیت IGF-1 پلاسما در گروه‌های تغذیه شده با سطوح مختلف ال-کارنیتین به‌صورت معنی‌دار در مقایسه با گروه تغذیه شده با غذای کنسانتره افزایش یافت که این موضوع نشان می‌دهد که مکمل ال-کارنیتین ممکن است حاوی موادی باشند که محرک محور هورمون رشد و فاکتور شبه انسولین ۱ باشد (Doberenz *et al.*, 2006). همچنین گزارش شده است که IGF-1 نقش مهمی در پاسخ ایمنی و تنظیم رشد حیوان و انسان می‌تواند داشته باشد (Heo *et al.*, 2001; Kita *et al.*, 2002; Doberenz *et al.*, 2006). همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان رشد روزانه و فعالیت IGF-1 در غلظت‌های ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال- کارنیتین بر کیلوگرم غذا موضوع بالا را می‌تواند تایید نماید.

در کل، مطالعه حاضر نشان داد که رژیم حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین منجر به بهبود عملکرد رشد، کارایی تغذیه، متابولیسم چربی و صرفه جویی در مصرف پروتئین به‌منظور تامین انرژی شد همچنین میزان فعالیت فاکتور رشد شبه انسولین ۱ با استفاده از مکمل ال- کارنیتین افزایش یافت که نشان می دهد که استفاده از مکمل ال- کارنیتین در جیره غذایی شانک زرد باله می‌تواند نقش مهمی درعملکرد رشد و متابولیسم این گونه داشته باشد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان رشد روزانه و IGF-1 این موضوع را تایید می‌نماید. لذا به‌منظور بهبود رشد و کیفیت لاشه و صرفه جویی در مصرف پروتئین در جیره غذایی استفاده از ۸۰۰ میلی‌گرم مکمل ال-کارنیتین بر کیلوگرم غذا در رژیم غذایی ماهی شانک زرد باله ضروری به نظر می‌رسد.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از همکاری ریاست و پرسنل محترم انستیتو موسسه تحقیقات شیلات چابهار،کارشناس محترم آزمایشگاه شبکه دامپزشکی چابهار، آزمایشگاه و کارشناس محترم دانشکده دامپزشکی دانشگاه شیراز تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Akbari, M., Zakipour, E., Sourinejad, I., Azimi Rad, M., Efatpanah, E., Khanjani, M.H., 2014. Growth Performance and Body Composition of Pikeperch (*Sander lucioperca*) Fingerlings under Dietary L-Carnitine. *Marine Science* 5, 57-64

AOAC, 1989. Assosiation of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Method of Analysis of the Assosiation of Official Analytical Chemists, 15th ed. Assosiation of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Bromage, N.R., Robert, R.G., 2001. Broodstock management and egg and larval quality. Blackwell Science. 425 p.

Chatzifotis, S., Takeuchi, T., 1997 E¡ect of supplemental carnitine on body weight loss, proximate and lipid compositions and carnitine content of Red Sea bream (*Pagrus major*) during starvation. *Aquaculture* 158, 129-140.

Chatzifotis, S., Takeuchi, T., 1997 Effect of supplemental carnitine on body weight loss, proximate and lipid compositions and carnitine content of Red Sea bream (*Pagrus major)* during starvation. . *Aquaculture* 129-140-158.

Chatzifotis, S., Takeuchi, T., Seikai, T., 1996 The e¡ect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream *(Pagrus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine. Aquaculture 147, 235-248.

Chatzifotis, S., Takeuchi, T., Seikai, T., 1995. The effect of dietaryL-carnitine on growth performance and lipid composition in red sea bream fingerlings. *Fisheries Science* 61,1004-1008

Dikel, S., Ünalan, B., Eroldoğan, O.T., Özlüer Hunt, A., 2010. Effects of dietary L-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10, 173-180.

Doberenz, J., Birkenfeld, C., Kluge, H., Eder, K., 2006. Effects of L-carnitine supplementation in pregnant sows on plasma concentrations of insulinlike growth factors, various hormones and metabolites and chorion characteristics. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (Berl) 90, 487-499.

Duan, C., Hirano, T., 1990. Stimulation of 35 S-sulfate uptake by mammalian insulin-like growth factor I and II in cultured cartilages of the Japanese eel,*Anguilla japonica. Journal of Experimental Zoology* 256, 347-350.

Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Jornal of Biology and Chemistry* 226, 496-509.

Harpaz, S., 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition, a review. *Aquaculture* 249, 3-21.

Heo, Y.R., Kang ,C.W., Cha, Y.S., 2001. L-Carnitine changes the levels of insulin-like growth factors (IGFs) and IGF binding proteins in streptozotocin-induced diabetic rat. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* (*Tokyo*) 47, 329-334.

Jalali Haji-abadi, S.M.A., Mahboobi Soofiani, N.,

Sadeghi, A.A., M., C., Riazi, G., 2010. Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research* 41, 1582-1591

Kita, K., Kato, S., Amanyaman, M., Okumura, J., Yokota, H., 2002. Dietary L-carnitine increases plasma insulin-like growth factor-I concentration in chicks fed a diet with adequate dietary protein level. *British Poultry Science* 43, 117-121.

Mohseni, M., Ozorio R.O.A., Pourkazemi, M., Bai, S.C., 2008 Effects of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition in beluga sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Journal of Applied Ichthyology* 24, 646-649.

Mohseni, M., Ozório, R.O.A., 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.

Nogueira, N., Cordeiro, N., Canada, P., Cruz e Silva, P., Ozorio, R.O.A., 2010. Separate and combined effects of cyclic fasting and L-carnitine supplementation in red porgy (*Pagrus pagrus*, L. 1758). *Aquaculture Research* 41, 795 - 806.

Nogueira, N., Cordeiro, N., Canada, P., Cuz e Silva, P., Ozório, R.O.A., 2011. Separate and combined effects of cyclic fasting and L-carnitine supplementation in red porgy (*Pagrus pagrus*, L. 1758). *Aquaculture Research* 41, 795-806.

Nogueira, N., Cordeiro, N., Canada, P., Cuz e Silva, P., Ozório, R.O.A., 2011. Separate and combined effects of cyclic fasting and L-carnitine supplementation in red porgy (*Pagrus pagrus*, L. 1758). *Aquaculture Research* 41, 795-806.

Ozório, R.O.A., Van Eekeren, T.H.B., Huisman, E.A., 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, C*larias gariepinus* (Burchell) juveniles. *Aquaculture Research* 32, 406-414.

Ozrorio, R.O.A., Verreth, J.A.J., Aragao, C.R., Vermeulen, C.J., Schrama, J.W., Verstegen, M.W.A., 2003. Evaluation of dietary carnitine supplements on plasma metabolite indices and fatty acid composition in African catfish (*Clarias gariepinus)* juveniles. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 18, 225-238.

Safari, O., Mehraban Sang Atash, M., Paolucci, M., 2015. Effects of dietaryL-carnitine level on growth performance, immune responses and stress resistance of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture* 439, 20-28.

Twibell, R.G., 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, 153-161.

Wahli, T., Verlhac, V., Griling, P., Gabaudan, J., Aebischer, C., 2003. Influence of dietary vitamin C on the wound healing process in rainbow trout (*Oncorhyncus mykiss*). *Aquaculture* 225, 371-386.