

## تأثیر مکمل ال-کارنیتین بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*, Houttyn, 1782)

• پاریا اکبری (نویسنده مسئول)

گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی  
چابهار، چابهار، ایران

• ناصر شهرکی

گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی  
چابهار، چابهار، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۹۴ تاریخ پذیرش: خرداد ۹۵

Email: paria.akbary@gmail.com



### چکیده

مطالعه حاضر، به منظور بررسی اثر مکمل ال-کارنیتین بر شاخص‌های بیوشیمیایی (پروتئین تام، چربی تام، گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسیرید، گلوبولین، آلبومین و اسیدهای چرب آزاد) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز) ماهی شانک زردباله طراحی گردید. در این تحقیق، ۲۴۰ ماهی با میانگین وزنی  $3/23 \pm 0/46$  گرم بصورت تصادفی در چهار گروه ۶۰ تایی (با سه تکرار و در هر تکرار ۲۰ قطعه ماهی) در مخازن پلاستیکی ۶۰ لیتری قرار گرفتند و با رژیم غذایی ۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین به صورت روزانه مورد تغذیه قرار گرفتند. بعد از نه هفته، رژیم غذایی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین منجر به افزایش معنی‌دار اسیدهای چرب آزاد، پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین، فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز و کاهش معنی‌دار کلسترول، تری‌گلیسیرید و چربی تام شد. با توجه به نتایج حاضر می‌توان بیان نمود که رژیم غذایی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین می‌تواند بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ماهی شانک زردباله تأثیرگذار باشد.

کلمات کلیدی: گرسنگی، ال-کارنیتین، شاخص‌های بیوشیمیایی، سوپراکسیداز دیسموتاز، گلوتاتیون پراکسیداز، ماهی شانک زردباله

• Veterinary Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 115 pp: 200-205

Effects of dietary L- carnitine supplementation on biochemical indices and antioxidant activity in yellowfin seabream (*Acanthopagrus latus*, Houttyn, 1782)

By: Akbary, P., (Corresponding Author) Fisheries Group, Marine Sciences Faculty, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran. and Shahraki, N., Fisheries Group, Marine Sciences Faculty, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran.

Email: paria.akbary@gmail.com

Received: 2015-08-24 Accepted: 2016-06-07

In the present study the effect of L-carnitine supplementation on biochemical parameters (total protein, total lipid, glucose, cholesterol, triglyceride, globulin, albumin and free fatty acid) and antioxidant activity (superoxidase dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPX)) in yellow fin seabream was investigated. A number of 240 fish with mean weight of  $3.23 \pm 0.46$  g were randomly assigned into four groups (three replicates, 20 fish per tank) in 60 L-plastic tanks and fed with four experimental diets prepared by adding carnitine at the concentrations of 0, 400, 800, and 1200 mg kg<sup>-1</sup> diet (referred as C0, C400, C 800 and C1200, respectively). After nine weeks of the feeding trial, a significant increase in free fatty acids, globulin, albumin, total protein, SOD and GPX and a significant decrease in cholesterol, triglyceride and total lipid were observed, in the fish fed with C800 diet compared to those fed with other diets. The diet containing 800 mg kg<sup>-1</sup> dietary L- carnitine may have a marked effect on biochemical indices and antioxidant activity of yellow fin seabream.

Key words: Starvation, Biochemical indices, Superoxidase dismutase, Glutathione peroxidase, *Acanthopagrus latus*

#### مقدمه

کارنیتین با فرمول شیمیایی  $C_7H_{15}NO_3$  به صورت محلول در آب و دارای وزن مولکولی ۱۶۲/۲ گرم بر مول می باشد. مهمترین نقش ال- کارنیتین متابولیسم چربی و انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره به داخل سلول است. ال- کارنیتین با همراهی کردن اسیدهای چرب فعال (آسیل کوآنزیم A) جهت انتقال به داخل ماتریکس میتوکندری نقش مهمی در تولید انرژی دارد (۱۵). جیره غذایی ماهی در مقایسه با سایر حیوانات پرورشی پروتئین بیشتری نیاز دارد زیرا پروتئین به جای مصرف جهت رشد، برای تولید انرژی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. از طرفی بخش اقلام پروتئینی جیره هزینه زیادی داشته بنابراین صرفه جویی در مصرف پروتئین برای تولید انرژی اهمیت دارد. لذا ال- کارنیتین با اکسیداسیون چربی که منجر به تولید انرژی زیادی می گردد، سبب صرفه جویی در مصرف پروتئین جهت تولید انرژی می شود (۶، ۱۰، ۱۵). لذا در حیوانات تغذیه شده با رژیم های محتوی ال- کارنیتین، قابلیت دسترسی بیشتری به میزان انرژی پروتئین به منظور 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 می باشند (۱۳). برای دستیابی به یک رویکرد جامع به منظور انتخاب مکمل غذایی در صنعت آبی پروری، توجه به پارامترهای کلیدی مانند وزن اولیه، دوز مکمل غذایی،

فرمول جیره غذایی، فلور روده، نوع پاسخ بیولوژیکی آزمایشی از جمله عملکرد رشد، میزان بقاء، کیفیت لاشه و شاخص های ایمنی و آنزیمی حائز اهمیت می باشند (۱۵). در طول دو دهه ای اخیر مطالعات متعددی در خصوص اثر ال- کارنیتین به عنوان مکمل غذایی بر روی گونه های مختلف ماهی ها به عنوان مثال، هیبرید باس راه راه (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) (۱۹) فیل ماهی (*Huso huso*) (۱۱) و قزل آلا رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (۷) انجام شده است اما اکثر این مطالعات به بررسی اثر ال- کارنیتین بر روی شاخص های رشد، بقاء و عملکرد تغذیه پرداخته اند. اخیرا مطالعاتی در زمینه اثر ال- کارنیتین بر روی پاسخ های بیوشیمیایی و فعالیت آن تی- اکسیدانی صورت گرفته است (۱۱، ۱۳-۱۵). شانک زردباله (*Acanthopagrus latus*) از گونه های مهم خانواده شانک ماهیان (Sparidae) است که به لحاظ شیلاتی و آبی پروری دارای اهمیت تجاری و اقتصادی در کشورهای آسیای شرقی و حاشیه ی خلیج فارس است. این ماهی بسیار خوش خوراک بوده و دارای میزان صید بالایی است (۲). رشد اقتصادی، تغذیه جمعیت رو به تزاید و کیفیت برتر پروتئین آبیان، صید در دریاها را چنان توسعه بخشیده است که کاهش گونه های متعددی از آبیان ارزشمند از جمله شانک زردباله در خلیج فارس را به همراه داشته است از آنجایی که تاکنون مطالعه ای در زمینه اثر مکمل غذایی ال-

درصد و خاکستر جیره غذایی ۱۰/۵۷ (درصد) حاوی ۰،۴۰۰،۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین پس از خشک شدن (آب با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد بر روی غذا اسپری شده بود) به صورت روزانه در دو نوبت (هشت صبح و پنج عصر). استفاده شدند.

به منظور تعیین شاخص های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدان ها در پایان دوره آزمایش (روز ۶۴) به صورت تصادفی از نه قطعه ماهی از هر گروه پس از بیهوشی (۲ گرم بر لیتر پودر گل میخک) و قطع ساقه دمی خونگیری صورت گرفت. خون جمع آوری شده در میکروتیوب های ۲ میلی لیتری آغشته به هپارین ریخته شد. سپس با دور ۳۰۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید و پلاسما آن جدا و در دمای  $^{\circ}\text{C} -70$  نگهداری شد.

سنجش کلسترول به روش کلسترول اکسیداز (۳)، تری گلیسرید توسط آنزیم لیپاز، گلیسرول کیناز و پر اکسیداز (۳)، گلوکز به روش واکنش پر اکسیداز- اکسیداز گلوکز (۱۸)، پروتئین تام به روش بیوره (۲۰) و آلومین به روش بروموکرزول سبزی (۲۰) توسط دستگاه اتوآنالایزر (PFPV UK)، با استفاده از محلول ها و استانداردهای مربوطه و کیت های تجاری (پارس آزمون، تهران) انجام گرفت. از تفریق کردن پروتئین تام و آلومین گلوبولین محاسبه شد. همچنین اسیدهای چرب آزاد و چربی کل بر طبق تیتز (۱۷) مورد سنجش قرار گرفت.

فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز بر طبق مهار فری سیتوکروم C در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از گزانتین اکسیداز تعیین گردید. در این روش ۰/۱ میلی لیتر پلاسما، ۵۰ میلی مولار بافر فسفات سدیم (اسیدیته

کارنیتین بر روی شاخص های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی اکسیدانی ماهی شانک زرد باله (*Acanthopagrus latus*) صورت نگرفته لذا در این تحقیق، به بررسی اثر ال-کارنیتین بر برخی شاخص های بیوشیمیایی (پروتئین تام، چربی تام، گلوکز، کلسترول، تری گلیسرید، گلوبولین، آلومین و اسیدهای چرب آزاد) و فعالیت آنتی اکسیدانی (سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز) در این ماهی پرداخته شده است.

### مواد و روش ها

در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ در موسسه تحقیقات شیلات چابهار و با انتقال ۲۴۰ قطعه ماهی شانک زرد باله با میانگین وزنی  $46 \pm 23/3$  گرم از اسکله رمین واقع در پنج کیلومتری بندر چابهار بوسیله صید گرگور توسط صیاد به محل آزمایش، انجام شد. پس از طی مرحله سازگاری بمدت دو هفته و اطمینان از سلامتی، ماهی ها با تراکم ۲۰ قطعه به ۱۲ مخزن ۶۰ لیتری (چهار گروه با سه تکرار برای هر گروه) منتقل شدند. در طول دوره، پارامترهای آب اندازه گیری شد. به طور میانگین در کل دوره شوری  $28/2 \pm 0/5$  گرم در هزار، درجه حرارت آب  $28/2 \pm 0/5$  درجه سانتی گراد، اکسیژن محلول  $7/01 \pm 0/87$  میلی گرم بر لیتر و اسیدیته آب  $7/8 \pm 0/4$  بود. در طی دوره آزمایش فتوپریود به صورت ۱۲ ساعت تاریکی- ۱۲ ساعت روشنایی بود. به منظور هوادهی و تامین نیاز اکسیژن، به هر یک از مخزن ها 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 پروتئین ۴۸ درصد، چربی ۱۴ درصد، فیبر ۱/۹

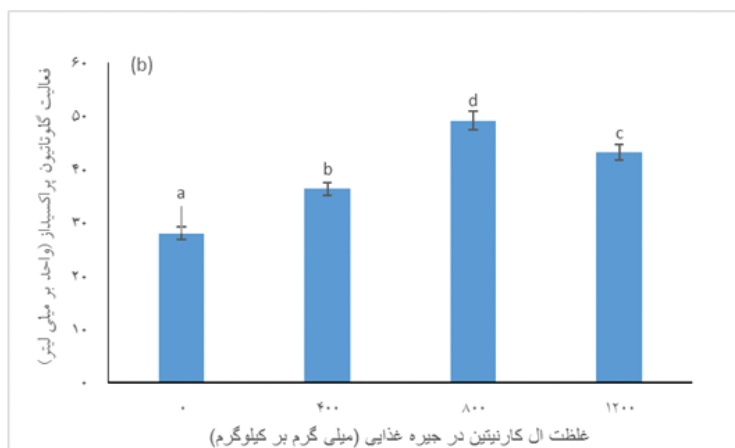
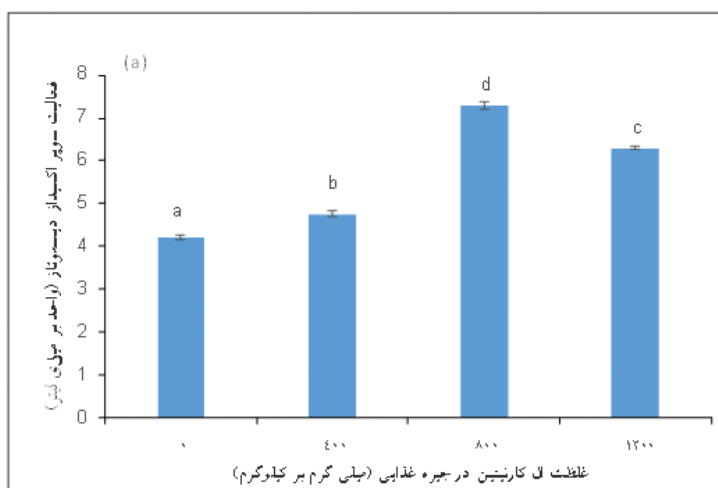
جدول ۲- مقایسه (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) فاکتورهای بیوشیمیایی در گروه های تجربی ۹۰ روز پس از دریافت رژیم های مداخله ای

رژیم های غذایی (میلی گرم ال-کارنیتین بر کیلوگرم جیره)				
۱۲۰۰	۸۰۰	۴۰۰	۰	
$6/04 \pm 0/23$	$6/38 \pm 0/55$	$5/91 \pm 0/a$	$5/67 \pm 0/a28$	پروتئین تام (گرم بر دسی لیتر)
$11/86 \pm 1/b04$	$8/18 \pm 0/4$	$12/54 \pm 1/b09$	$23/28 \pm 1/c28$	گلوکز (میلی گرم بر دسی لیتر)
$89/55 \pm 1/b23$	$56/55 \pm 0/a13$	$82/22 \pm 1/b01$	$124/55 \pm 11/c08$	کلسترول (میلی گرم بر دسی لیتر)
$90/51 \pm 0/b56$	$78/18 \pm 2/a34$	$192/33 \pm 3/b17$	$218/33 \pm 5/c84$	تری گلیسرید (میلی گرم بر دسی لیتر)
$4/16 \pm 0/a54$	$4/35 \pm 0/b12$	$4/28 \pm 0/a$	$4/12 \pm 0/a19$	(آلومین (گرم بر دسی لیتر
$3/25 \pm 0/a12$	$3/43 \pm 0/c22$	$3/03 \pm 0/b42$	$3/23 \pm 0/a69$	(گلوبولین (گرم بر دسی لیتر
$119/43 \pm 4/b19$	$93/05 \pm 1/a78$	$128/21 \pm 7/b23$	$223/12 \pm 5/c32$	چربی تام (میلی گرم بر دسی لیتر)
$464/02 \pm 13/c56$	$445/32 \pm 11/d49$	$364/17 \pm 9/b78$	$284/55 \pm 11/a45$	اسیدهای چرب آزاد (میکرومول بر لیتر)

حروف نامشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه های آزمایشی است ( $P < 0/05$ ). میانگین داده ها بر اساس واریانس یک طرفه مورد مقایسه قرار گرفته اند.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ در محیط ویندوز XP استفاده گردید. با استفاده از تست کالموگراف اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. همچنین به منظور بررسی برابری واریانس‌ها از تست لون استفاده شد و از کلیه داده‌هایی که بر حسب درصد بودند در ابتدا لگاریتم طبیعی گرفته شد.

(۷/۸)، ۰/۱ میلی-مولاراتیلین دی آمین تترا استیک اسید (EDTA)، ۱۰ میلی مولار گزانتین و ۵۰ میلی مولار سیتوکروم C به همراه ۰/۳ واحد بر میلی لیتر گزانتین با یکدیگر مخلوط شدند و واکنش با اضافه شدن گزانتین اکسیداز مهار گردید (۱). فعالیت گلوکاتایون پراکسیداز با استفاده از کیت تجاری (Nanjing Jiancheng Bioengineering Institute, Nanjing, China) و بر اساس روش لاورنس و بریس (۸) در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد و طول موج ۳۵۰ نانومتر به مدت پنج دقیقه محاسبه گردید. نتایج بر اساس واحد بر میلی لیتر نشان داده شد.



شکل ۱- (a) فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و (b) فعالیت گلوکاتایون پراکسیداز بلاسما در شانگ زردباله تغذیه شده با رژیم های غذایی مختلف بعد از نه هفته. حروف نامشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $P < 0.05$ ).

همکاران (۴) مطابقت دارد. آن‌ها بیان نمودند که ال-کارنیتین به‌منظور خنثی نمودن نسبت میزان استیل کوآنزیم آ به کوآنزیم آ منجر به افزایش مصرف گلوکز می‌شود. میزان پروتئین تام، گلوبولین و آلبومین پلاسما در شانک ماهیان تغذیه شده با ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ال-کارنیتین به‌صورت معنی داری بیشتر از شانک ماهیان تغذیه شده با رژیم‌های غذایی مختلف آزمایشی بود که با نتایج بدست آمده از تحقیق صفری و همکاران (۱۵) مطابقت دارد. این موضوع نشان می‌دهد که ال-کارنیتین نقش مهمی در صرفه‌جویی در مصرف پروتئین به‌منظور تامین انرژی داشته و تغییرات میزان آلبومین و گلوبولین نشان می‌دهد که این ماده در سنتز پروتئین بسیار مؤثر است (۱۵).

به‌منظور حذف اثرهای منفی رادیکال‌های آزاد تولید شده در سلول‌های هوازی، ماهی دارای سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. در این سیستم از دسته آنزیم‌های فعال موجود می‌توان به سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز اشاره نمود (۱۲). نتایج حاصل از این تحقیق، نشان داد که بیشترین میزان فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز در شانک ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی محتوی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ال-کارنیتین مشاهده شد که با تحقیق صورت گرفته بر روی فیل ماهی (Huso huso) مطابقت دارد (۱۲). محسنی و همکاران (۱۲) نشان دادند که رژیم غذایی محتوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز در فیل ماهی در مقایسه با رژیم‌های غذایی محتوی ۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین شد.

در کل می‌توان نتیجه گرفت که ال-کارنیتین به‌عنوان مکمل غذایی نقش مهمی در متابولیسم چربی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش مصرف پروتئین به‌عنوان تامین‌کننده انرژی دارد. بیشترین میزان اسیدهای چرب آزاد، پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین، پروتئین تام، فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز و کمترین کلسترول، تری‌گلیسرید، چربی تام در شانک ماهی تغذیه شده با رژیم غذایی محتوی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین مشاهده شد که نشان می‌دهد رژیم غذایی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین می‌تواند بر شاخص‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ماهی شانک زردباله تأثیرگذار باشد.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری ریاست و پرسنل محترم موسسه تحقیقات شیلات چابهار، کارشناس محترم آزمایشگاه دانشکده دامپزشکی شیراز آزمایشگاه تشخیص طبی و پاتوبیولوژی صدف چابهار و پژوهشکده غدد درون ریز و متابولیسم شهید بهشتی تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع مورد استفاده

1. Ali, M., A. Nicieza and R. J. Wootton. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries* 4: 147-190.
2. Bromage, N. R. and R. G. Robert. 1994. Broodstock management and egg and larval quality. Wiley Blackwell.

### نتایج

میزان شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما ماهی شانک زردباله تحت رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. در رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین بیشترین پروتئین تام، گلوبولین، آلبومین و اسیدهای چرب آزاد و کمترین کلسترول، چربی تام و تری‌گلیسرید پلاسما در ماهی شانک زردباله در مقایسه با سایر رژیم‌های غذایی مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). رژیم‌های غذایی محتوی ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین منجر به کاهش معنی‌دار کلسترول، چربی تام و تری‌گلیسرید و افزایش معنی‌دار میزان پروتئین تام و اسیدهای چرب آزاد پلاسما در مقایسه با رژیم غذایی فاقد مکمل ال-کارنیتین شد ( $P < 0/05$ ), ولی اختلاف معنی‌داری در میزان گلوبولین و آلبومین پلاسما در مقایسه با رژیم غذایی فاقد مکمل ال-کارنیتین مشاهده نشد ( $P > 0/05$ ).

میزان فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز پلاسما شانک زردباله تحت رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره آزمایش در شکل ۱ آورده شده است. در رژیم غذایی حاوی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ال-کارنیتین بیشترین میزان فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). همچنین فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز و گلوکاتایون پراکسیداز در رژیم‌های غذایی مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ( $P < 0/05$ ).

### بحث

نتایج حاصل از این تحقیق، نشان داد رژیم‌های غذایی محتوی ۸۰۰، ۴۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ال-کارنیتین منجر به کاهش معنی‌دار میزان تری‌گلیسرید، چربی تام و کلسترول پلاسما در مقایسه با رژیم غذایی فاقد مکمل ال-کارنیتین شدند. سانگ و همکاران (۱۶) گزارش کردند که رژیم غذایی محتوی ۰/۰۸ درصد مکمل ال-کارنیتین منجر به کاهش معنی‌دار میزان تری‌گلیسرید و کلسترول قورباغه ماهی (*Pseudosciaena crocea*) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق، همخوانی دارد. در حالی که لین و هورنگ (۹) نشان دادند مکمل ال-کارنیتین تأثیر معنی‌داری بر میزان کلسترول و تری‌گلیسرید نداشت که با نتایج حاصل از این تحقیق، مغایرت دارد. این اختلاف به عواملی نظیر نوع گونه ماهی، ترکیب جیره غذایی و فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی بستگی دارد (۵). همچنین این تحقیق نشان داد که میزان اسیدهای چرب آزاد پلاسما شانک ماهیان تغذیه شده با رژیم‌های غذایی محتوی ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ال-کارنیتین، به‌صورت معنی‌داری بیشتر از شانک ماهیان تغذیه شده با رژیم غذایی فاقد مکمل ال-کارنیتین بود که با مطالعه صورت گرفته توسط سانگ و همکاران (۱۶)، با بیان این موضوع که مکمل ال-کارنیتین نقش مهمی در لیپولیز، انتقال و اکسیداسیون اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع به میتوکندری به‌منظور تولید استیل کوآنزیم آ دارد، مطابقت دارد. مطالعه حاضر نشان داد که رژیم غذایی محتوی ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مکمل ال-کارنیتین منجر به کاهش معنی‌دار میزان گلوکز پلاسما در مقایسه با سایر رژیم‌های غذایی مختلف آزمایشی شد که این موضوع نشان می‌دهد ال-کارنیتین می‌تواند نقش مهمی در مهار متابولیسم گلوکز ایفا نماید که با نتایج بدست آمده از مطالعه بویس و

3. Burtis, C. A., E. R. Ashwood and D. E. Brund. 1994. Tietz Textbook of Clinical Chemistry (5th ed.). W.B. Saunders Company. Philadelphia. USA.
4. Buyse, J., G.P. Janssens and E. Decuyper. 2001. The effects of dietary L-carnitine supplementation on the performance, organ weights and circulating hormone and metabolite concentrations of broiler chickens reared under a normal or low temperature schedule. *British Poultry Science* 42:230-241.
5. Harpaz, S. 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition a review. *Aquaculture* 249:3-21.
6. Harpaz, S. 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition a review. *Aquaculture* 249:3-21.
7. Jalali Haji-abadi, S. M. A., N. Mahboobi Soofiani, A. A. M. C. Sadeghi and G. Riazi. 2010. Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research* 41: 1582-1591
8. Lawrence, R. A. and R. F. Burk. 1976. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 71: 952-958.
9. Lien, T. F. and Y. M. Horng. 2001. The effect of supplementary dietary L-carnitine on the growth performance, serum components, carcass traits and enzyme activities in relation to fatty acid b-oxidation of broiler chickens. *British Poultry Science* 42:92-95.
10. Ma, J. J., Z. R. Xu, Q. J. Shao, J. Z. Xu, S. S. O. Hung and W. L. Hu. 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.
11. Mohseni, M., R.O.A. Ozorio, M. Pourkazemi and S. C. Bai. 2008. Effects of dietary Lcarnitine supplements on growth and body composition in beluga sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Journal of Applied Ichthyology* 24:646-649.
12. Mohseni, M. and R. O. A. Ozório. 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.
13. Nogueira, N., N. Cordeiro, P. Canada, P. Cuz e Silva and R. O. A. Ozório. 2011. Separate and combined effects of cyclic fasting and L-carnitine supplementation in red porgy (*Pagrus pagrus*, L. 1758). *Aquaculture Research* 41:795-806.
14. Ozório, R. O. A., T. H. B. Van Eekeren, E. A. Huisman and J. A. J. Verreth. 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.
15. Safari, O., M. Mehraban Sang Atash and M. Paolucci. 2015. Effects of dietary L-carnitine level on growth performance, immune responses and stress resistance of juvenile narrow clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture* 439:20-28.
16. Sang, W., S. Deng, J. Shentu, L. Wang and Q. Duan. 2012. Effects of Dietary L-carnitine and Betaine on Serum Biochemical Indices of Large Yellow Croaker (*Pseudosciaena crocea*) Cultured in Floating Net Cages. *Advance Journal of Food Science and Technology* 4: 304-308.
17. Tietz, N. W. 1995. Clinical guide to laboratory tests, 3rd ed. Saunders WB, Philadelphia USA
18. Trinder, P. 1969. Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Annals of Clinical Biochemistry* 6: 24-7.
19. Twibell, R. G. and P. B. Brown. 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.
20. Wootton, L. I. 1964. Micro-analysis in medical biochemistry in micrometer, 4th.ed. J & A Churchill, London.

