اثر سطوح مختلف ال–کارنیتین جیره غذایی بر روند رشد و تنش اکسیداتیو (Oxidative stress) فیل‌ماهی جوان پرورشی (*Huso huso*) و مقایسه آن با جیره وارداتی (بیومار)

محمود محسنی[1*]، محمد پورکاظمی[2]، رضوان‌اله کاظمی[1]، رضا طاعتی[3]

*mahmoudmohseni73@gmail.com

۱ - مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. ص.پ ۳۴۶۴ –۴۱۶۳۵.

۲ - مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳ -گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش، ایران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۶

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر سطوح مختلف ال–کارنیتین جیره غذایی (۵۰، ۱۵۰، ۳۵۰، ۶۵۰، ۹۵۰، ۱۲۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم غذا) بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و وضعیت آنتی‌اکسیدانت (Oxidative stress) در فیل‌ماهی (*Huso huso*) جوان پرورشی (۱۵/۶±۱۲۴۷ گرم، میانگین، mean± SD) طراحی و انجام شد. نتایج با جیره شاهد (خوراک بیومار فرانسه) مقایسه شدند. ماهیان در ۲۱ وان فایبرگلاس (۱۰ عدد ماهی در هر وان) با یکی از ۷ جیره غذایی به مدت ۱۷ هفته تا حد سیری تغذیه شدند. در پایان دوره پرورش، متوسط وزن کسب شده کارایی غذا، میزان کارایی پروتئین و ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با تیمار محتوی ۳۵۰ میلی گرم ال–کارنیتین در کیلوگرم جیره غذایی به میزان قابل توجهی بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۵۰، ۱۵۰،۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال–کارنیتین بود ($P<0.05$). همچنین متوسط افزایش وزن، کارایی غذا، میزان کارایی پروتئین و ضریب چاقی در فیل‌ماهیان تغذیه شده با تیمار ۶۵۰ میلی‌گرم و جیره شاهد، به طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌های ۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال–کارنیتین، بودند. مقادیر پروتئین بافت ماهیچه و لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد، تیمارهای ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره بطور معنی‌داری نسبت به ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی گرم ال–کارنیتین، بالاتر بود. فعالیت های سوپراکسید دسیموتاز (SOD)، گلوتاتیون (GSH) و پراکسیداز گلوتاتیون (GPX) در ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین، به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها حتی نسبت به جیره شاهد بالاتر بود، در صورتیکه کمترین مقادیر متوسط TBARS (Thiobarbiturice acid reactive substances) در ماهیان تغذیه شده با جیره ۳۵۰ میلی‌گرم ملاحظه گردید که به استثناء تیمار ۶۵۰ میلی‌گرم با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود. با توجه به نتایج حاصله می‌توان اذعان نمود سطح ال-کارنیتین در جیره به میزان ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌تواند باعث بهبود عملکرد رشد، مصرف غذا، صرفه جویی در مصرف پروتئین به واسطه منابع چربی، کیفیت بافت ماهیچه و لاشه، سیستم دفاعی و آنتی اکسیدانت در فیل‌ماهی جوان پرورشی شود.

واژه‌های کلیدی: وضعیت آنتی اکسیدانت، فیل ماهی، ترکیب بدن، عملکرد رشد، ال–کارنیتین

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

مقدمه

فیلماهی (*Huso huso*) یکی از ۶ گونه ماهی تجاری موجود در دریای خزر و آبهای اطراف آن است که به عنوان کاندیدی جهت آبزی‌پروری مطرح است. پرورش تاسماهیان در این منطقه بواسطه افزایش تقاضا جهت گوشت و خاویار مورد توجه قرار گرفته است (Pourkazemi, 2006; Mohseni *et al*., 2007). استفاده از مکمل‌های غذایی که در افزایش رشد، بالا بردن سیستم ایمنی و کاهش هزینه تولید نقش دارند از جمله راهکارهایی می‌باشند که در افزایش سلامت، مقاومت نسبت به استرس و عوامل بیماری زا می‌توانند مفید واقع شوند. افزودن چربی به جیره ضمن کاهش قیمت تمام شده، می‌تواند منجر به صرفه جویی در مصرف پروتئین بوسیله منابع چربی (Protein sparing effects of lipid) و موجب بهبود مصرف پروتئین در جیره غذایی شود (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). اکسیداسیون چربی و اسیدهای چرب سبب ایجاد مقرون به صرفه ترین انرژی در واحد وزن جیره غذایی می‌شود که این مورد می‌تواند از طریق افزودنی مکمل غذایی ال-کارنیتین بهبود یابد.

ال- کارنیتین یک آمین چهار جزیی محلول در آب است که به طور طبیعی در میکروارگانیسم ها، گیاهان و حیوانات وجود دارد (Bremer, 1983) و به عنوان یک ارتقاء دهنده رشد و یک ماده جاذب قدرتمند برای ماهیان و سخت پوستان عمل می‌کند (Harpaz, 2005) که میزان تبدیل غذا را بهبود و مصرف غذا را افزایش می‌دهد (Mohseni *et al*., 2008). ال- کارنیتین بواسطه سنتز اسید آمینه لیزین (با باند پپتید) و متیونین با کمک ویتامین C و سایر ترکیبات ثانویه تولیدی در بدن، ایجاد می‌شود (Harpaz, 2005). همچنین طی کاتابولیسم لیپید، جهت انتقال اسیدهای چرب دارای زنجیره بلند و متوسط از سیتوسول به میتوکندری جهت تولید انرژی، حضور آن ضروری می‌باشد (Ozorio *et al*., 2001; Gulcin, 2006).

ماهی در هر مرحله از چرخهٔ زندگی خود نیازمندهای متفاوتی از لحاظ انرژی دارند و باید با تنظیم سطح انررژی فرآیندهای فیزیولوژی خود را کنترل کنند و عملکرد بهینه داشته باشند. در برخی از شرایط، زمانی که سطح نیاز به انرژی تغییر می‌کند، سنتز ال- کارنیتین در بدن ممکن است کافی نباشد، از جمله چنانچه سطح کارنیتین جنینی در بدن پایین باشد یا به علت رژیم چرب و نیز استرس‌های متابولیک یا تغییر الگوی فعالیتی جاندار نیاز به اکسیداسریون چربی بالاتری حس کند، نیاز به کارنیتین هم افزایش خواهد یافت (Ozorio *et al*., 2002). توانایی ال–کارنیتین جهت افزایش میزان رشد و کاهش غلظت لیپید در گونه های مختلف ماهی، متفاوت می‌باشد. این اختلاف نتایج بین گونه‌ها بیان می‌کند که تاثیرات رژیم غذایی حاوی ال-کارنیتین به عواملی مختلفی همچون سن ماهی، جنسیت، نوع گونه، اندازه ماهی، شرایط پرورش، ترکیب غذایی و سطح مکمل بستگی دارد (Ma *et al*., 2008). مکمل ال–کارنیتین جیره غذایی در برخی از گونه ها مانند، ماهی سیم دریای قرمز *Pagrus major* (Chatzifotis *et al*., 1996)، کپور معمولی *Cyprinus carpio* (Focken *et al*., 1997)، ماهی باس راه راه هیبرید (*Morone Saxatilisx×Morone chrysops*) (Twibell and Brown, 2000)، بچه فیل‌ماهی (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵؛ غفاری، ۱۳۸۰؛ صالح پور، ۱۳۸۱) موجب بهبود رشد و میزان تبدیل غذا شده است.

اثرات ارتقاء دهنده رشد در ال- کارنیتین جیره غذایی همراه با افزایش مصرف انرژی بواسطه افزایش اکسیداسیون اسیدهای چرب (Lipid Oxidation) مطرح می‌باشد (Becker *et al*., 1999). همچنین به عنوان یک کوفاکتور برای سیستم‌های آنتی اکسیدان‌های آنزیمی و غیر آنزیمی از قبیل سوپر اکسید دسیموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، گلوتاتیون-ای ترانسفراز(GST)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و کل گروه های سولفید ریل (TSH) که غشاء سلول را از تخریب محافظت می‌کنند، دارای اهمیت قابل توجهی هستند (Kalaiselvi and Ponnerselvam, 1998). از سوی دیگر، اثرات جانبی احتمالی مشخص شده در اغلب آنتی اکسیدان‌های سنتتیک از قبیل هیدروکسی تولوئن بوتیله (BHT) و هیدروکسی آنیزول بوتیله (BHA) مورد بحث و بررسی می‌باشد (Sherwin *et al*., 1990). اخیرا، بر نقش ال-

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

کارنیتین به عنوان یک آنتی اکسیدان در جلوگیری از تخریب غشاء بواسطه آدریامیسین تزریق شده (Adriamycin-induced)، سموم دیفتری (Diphtheria toxins) و کاهش ذخیره خون در بافت (Ischaemia-reperfusion) برقراری مجدد جریان خون، تأکید شده است (Sinatra and 1999; Ma *et al*., 2008 Sinatra,). بنابراین، علاقه فزاینده‌ای به افزودنی‌های طبیعی از قبیل آنتی اکسیدانهای بالقوه وجود دارد (Ma *et al*., 2008). از سوی دیگر، انجام تحقیقات مختلف تغذیه‌ای به منظور دستیابی به مناسب‌ترین جیره برای هر گونه و در اوزان مختلف مهم و ضروری می‌باشد. با توجه به مطالب ارائه شده، مطالعه حاضر به منظور بررسی ال–کارنیتین جیره غذایی بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و همچنین وضعیت آنتی اکسیدانت در فیل‌ماهی جوان پرورشی (*Huso huso*) طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش کار

آماده‌سازی جیره

به منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی و ال–کارنیتین مورد نیاز بترتیب به آزمایشگاه (آزمایشگاه آنالیز غذایی مرکز تحقیقات علوم دامی کشور و آزمایشگاه آنالیز غذایی دانشگاه پوک یانگ، بوسان- کره جنوبی) منتقل گردید تا بر اساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواد اولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد. قبل از تعیین مقدار ال–کارنیتین جیره، ۱۰ گرم از جیره غذایی در ۹ حجم از ۰/۶ مول در لیتر اسید $HClo_4$ هموژنیزه شد. مقدار ال–کارنیتین موجود در جیره پایه به صورت کالرومتریک در محلول‌های خنثی محلول در اسید با روش ارایه شده توسط wieland و همکاران (۱۹۸۵) بوسیله کیت آنزیم تجاری (Bochringer Manchein Gmbh,Manchein, Germany) تعیین گردید. بر اساس آنالیز ترکیبات غذایی در دسترس، جیره پایه شامل پروتئین خام به میزان ۴۱۰ گرم در کیلوگرم، چربی خام به میزان ۱۴۰ گرم در کیلوگرم لیپید، انرژی خالص به میزان ۲۰ میکروژول در کیلوگرم با میزان ۵۰ میلی‌گرم ال–کارنیتین تهیه گردید (محسنی و همکاران، ۱۳۹۲). سپس میزان ۱۵۰، ۳۵۰، ۶۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال–کارنیتین در کیلوگرم به جیره پایه اضافه گردید (جدول ۱). مقدار لیزین در جیره پایه در حدود ۶۰ گرم در کیلوگرم بود که بالاتر از سطوح آپتیمم لیزین برای فیل‌ماهی (۴۰-۲۰ گرم در کیلوگرم پروتئین جیره غذایی) در مطالعات مقدماتی بود. مقدار متیونین در جیره به میزان ۳۱ گرم در هر کیلوگرم پروتئین جیره بوده است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۳). مواد خشک قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب (Damicor Co, Damico mill (Tehran, Iran به سایز کمتر از ۸۰۰ میکرون تبدیل شدند. مواد ریز مغذی از قبیل ویتامین‌ها، مواد معدنی و ال-کارنیتین با پودر گندم به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه همزن (Twin- shell) کاملاً با یگدیگر مخلوط شدند. سپس مجدداً مخلوط حاصل به سایر ترکیبات اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه دیگر با مخلوط کن (Pooya notash Machinery Co., Mashhad,Iran) مخلوط شدند. محصول نهایی با استفاده از یک چرخ دستگاه پلت زن CPM پلت شدند (California Pellet Mill Co., San Francisco, Ca, USA). سپس پلت‌ها در خشک‌کن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا جایی که رطوبت آنها به کمتر از ۱۰ درصد برسد، خشک شدند تا پلت‌های شناور تشکیل شود و تا زمان استفاده در محفظه‌های عاری از هوا در دمای ۲۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. همچنین به منظور تعیین کیفیت و عملکرد جیره‌های طراحی شده در کارایی رشد و تغذیه، نتایج با جیره بیومار فرانسه مقایسه شدند.

تهیه ماهیان و نحوه پرورش

تمام ماهیان به مدت ۴ هفته قبل از شروع آزمایش با سیستم پرورش سازگار و با غذای شاهد تغذیه شدند. در مجموع ۲۱۰ عدد فیل‌ماهی با وزن متوسط اولیه ۱۲۴۷±۱۵/۶ بدون هیچگونه اختلاف معنی‌دار آماری به طور تصادفی در ۲۱ مخزن فایبرگلاس با حجم ۳/۲ متر مکعب و تراکم کشت ۱۰ ماهی در هر مخزن قرار گرفتند. تیمارها به طور تصادفی با ۳ تکرار انجام شد و ماهی تا حد سیری تقریباً ۳ درصد وزن بدن در روز و در سه زمان مختلف در ساعت های ۸ ، ۱۸ و۲۴ تغذیه شدند (محسنی و همکاران، ۱۳۸۴).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

جدول ۱: اجزای غذایی (جیره پایه) و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1: Composition and proximate analysis (g kg^{-1}, unless otherwise stated) of basal diet.

ترکیبات غذایی	مقادیر (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)
آرد ماهی	۳۸۲
پودر گوشت	۶۰
کنجاله سویا	۱۲۰
مخمر	۵۰
گلوتن گندم	۸۰
روغن (گیاهی + جانوری)	۱۲۲
دکسترین	۱۰۵
مکمل ویتامینی	۲۰
مکمل معدنی	۵
کولین کلراید	۶
ملاس	۳۰
سلولز	۲۰
ال- کارنیتین	۰

آنالیز تقریبی جیره های آزمایشی (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

آنالیز تقریبی/ مقادیر ال-کارنیتین (میلی گرم در کیلو گرم جیره)	جیره بیومار	۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۶۵۰	۹۵۰	۱۲۵۰
ماده خشک (گرم بر گیلوگرم)	-	۹۱۷	۹۱۹	۹۱۴	۹۱۷	۹۱۵	۹۱۳
پروتئین خام (گرم بر گیلوگرم)	۴۳۰	۳۸۵	۳۹۰	۳۸۷	۳۸۴	۳۸۷	۳۸۳
چربی خام (گرم بر گیلوگرم)	۱۸۰	۱۳۸	۱۳۹	۱۳۵	۱۴۰	۱۳۷	۱۳۸
خاکستر (گرم بر گیلوگرم)	۱۰۰	۱۲۵	۱۲۴	۱۲۶	۱۲۴	۱۲۴	۱۲۵
ال- کارنیتین (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۱۸	۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۶۵۰	۹۵۰	۱۲۵۰

مکمل ویتامینی:

Vitamin A 1200,000 I.U. ; Vit. D_3 400,000 I.U. ; Vit. E 50 g ; Vit. K_3 0.8 g ; Vit. B_1 2.5 g ; Vit. B_2 4 g; Vit. B_6 2.5 g; Vit. B_{12} 8 mg; Niacin 35 mg; Calcium Pantothenate, 10 mg; Vit. B_9 1 g; Biotin 150 mg; Inositol 50 g; Vit. C 30 g.

مکمل معدنی:

Mineral supplement supplied (mg/kg diet): Mg (as MgSO4·7H2O) 1 g ; Fe (as FeC6H5O7·5H2O) 26 g ; Zn (as ZnSO4·7H2O) 12.5 g ; Cu (as CuSO4·5H2O) 4.2 ; Co (as CoCl2·6H2O) 480 mg ; I (as KIO3) 1g ; Se (Selenoitionine) 2 g ; Colin Chloride (as C5H14CINO) 12g. Carniking, 50% L-carnitine, 35% silica and 15% water (Lonza Ltd, Basel, Switzerland).

غذا یک ساعت قبل از تغذیه در دمای اتاق به منظور هم دمایی قرار گرفت، سپس توزین و با توجه به زیتوده ماهیان در هر وان، به ماهی داده شد. غذادهی به آهستگی انجام شد تا اطمینان حاصل شود که غذا بلع شده است و پلت‌های خورده نشده توسط توری که در زیر لوله فاضلاب هر مخزن قرار گرفته بود، جمع آوری می‌شدند. میزان مصرف غذا از طریق کم کردن مقدار غذای مصرف نشده از کل غذای عرضه شده محاسبه شد و بدین ترتیب، هر روز طی دوره آزمایش مورد کنترل قرار گرفت. هر دو هفته یکبار ماهیان در هر مخزن بیهوش، شمارش توزین می‌شدند. به منظور کاهش استرس، غذادهی ماهیان در روز توزین قطع می‌شد. میزان آب ورودی (آب رودخانه سفیدرود) در هر وان، ۳ لیتر در دقیقه تنظیم گردید. کیفیت آب به صورت روزانه کنترل می‌گردید. غلظت

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

اکسیژن به میزان ۰/۵± ۷/۸ میلی گرم در لیتر و اسیدیته ۰/۲ ± ۷/۳، متوسط دمای آب ۰/۸± ۲۱/۸۲ سانتی‌گراد و دوره نوری روزانه تقریباً ۱۰ ساعت روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی طی ۱۷ هفته دوره آزمایش بود.

تعیین شاخص‌های رشد، کبدی، آنالیز اجزا و جیره غذایی

وزن کسب شده (WG)، کارایی غذا (FE)، میزان کارایی پروتئین (PER)، ضریب چاقی(CF)، شاخص هپاتوسوماتیک (HSI) و بازماندگی طی دوره پرورش برآورد گردید. آنالیز تقریبی ترکیبات، مواد اولیه و جیره‌های آزمایشی بر اساس روش‌های استاندارد جیره AOAC (1995) انجام شد. پس از ۱۲ ساعت قطع غذادهی به منظور اطمینان از تخلیه محتویات شکمی ماهیان در پایان دوره پرورش و بیهوش نمودن ماهیان توسط محلول ۳۰۰ppm پودرگل میخک (*Syzygium aromaticam*) ، از هر تکرار ۳ عدد ماهی به طور تصادفی برداشت گردید و پس از خارج نمودن کبد و امعاء و احشا، به منظور محاسبه شاخص کبدی، لاشه ماهیان جهت تجزیه لاشه (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر) به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه جیره‌ها و ماهی در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت تا رسیدن به یک وزن ثابت، برای اندازه‌گیری رطوبت خشک شدند. پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×۶/۲۵) با استفاده از روش کجلدال استخراج، چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفروم با نقطه جوش ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۴ ساعت استخراج، میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی بوسیله بمب کالریمتر و خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شدند. قبل از تعیین مقدار ال- کارنیتین جیره، ۱۰ گرم از جیره غذایی در ۹ حجم از ۰/۶ مول در لیتر اسید HClo4 هموژنیزه شد. مقدار ال–کارنیتین موجود در جیره پایه به صورت کالرومتریک در محلول‌های خنثی محلول در اسید با روش ارائه شده توسط wieland و همکاران (۱۹۸۵) بوسیله کیت آنزیم تجاری Bochringer Manchein Gmbh,Manchein,) Germany) تعیین گردید.

کبد از بدن ماهی جهت اندازه‌گیری فعالیت سوپر اکسید دسیموتاز (SOD)، گلوتاتیون(GSH) و مقدار گلوتاتیون پراکسیداز(GPX) خارج گردید. کبد بلافاصله بعد از انجماد با ازت مایع در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. فعالیت‌های SOD و GPX در دانشگاه تبریز انجام شد. هپاتیک SOD با استفاده از روش اسپکتوفتومتری بررسی شد. فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز طبق روش Paglia and Valentine (1967) با استفاده از Randox (Grumlin,UK) اندازه‌گیری شد. غلظت GSH در بافت از طریق کالرومتری شیمیایی اندازه‌گیری شد. یک میلی‌لیتر از نمونه سرم ماهی یا نمونه‌های بافت به معرف تحلیلی اضافه شد. واکنش به مدت ۵ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انجام شد و سپس جذب سوسپانسیون از طریق اسپکتوفتومتری در ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار مواد فعال اسیدی تیوباریتوریک (TBARS) طبق روش Mihara, Uchiyama (۱۹۷۸) مورد تحلیل قرار گرفت. جذب محلول در دمای ۵۳۰ نانومتر تعیین گردید. غلظت TBARS در نمونه از طریق چند برابر کردن تراکم نوری ۵/۲ اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری

تحقیق حاضر در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل در سه تکرار بر بچه فیل‌ماهیان مورد بررسی قرار گرفت. پس از کنترل همگنی واریانس و نرمال بودن داده‌ها بوسیله آزمون Kolmogorov-Smirnov، نتایج بوسیله آزمون چند دامنه توکی با سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شد. اختلاف معنی‌دار آماری با سطح $P<0.05$ در نظر گرفته شد. داده‌های این مطالعه به صورت Mean ± SD نشان داده شده است.

نتایج

هیچ علائم حاکی از عفونت یا مرگ و میر طی آزمایش دیده نشد. عملکرد رشد ماهیان با جیره حاوی سطوح

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

مختلف ال-کارنیتین به مدت ۱۷ هفته در جدول ۲ ارائه شده است. در انتهای دوره پرورش، ماهیانی که از جیره‌های غذایی حاوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال–کارنیتین استفاده کردند، به میزان قابل ملاحظه‌ای سریعتر از بقیه گروه‌ها رشد کردند. همچنین ماهیانی که از جیره غذایی حاوی ۱۲۵۰ میلی گرم ال–کارنیتین در کیلوگرم استفاده کردند، دارای کمترین میزان افزایش وزن کسب شده (WG) بودند (جدول ۲). وزن نهایی بدن (FBW) ماهیانی که از جیره بیومار، جیره‌های حاوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین، به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بودند.

افزایش وزن بدن(WG)، کارایی غذا (FE)، میزان کارایی پروتئین (PER) و ضریب چاقی (CF) ماهیانی که از جیره حاوی ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین استفاده کرده بودند، به طور معنی دارای از ماهیان تغذیه شده با جیره ۵۰، ۱۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال-کارنتین در کیلوگرم جیره بالاتر بود ($P<0.05$).

جذب غذا (Feed intake) ماهیانی تغذیه شده با جیره‌های محتوی ۳۵۰، ۶۵۰ و ۱۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین به طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بالاتر بود ($P<0.05$). بازده غذا (FE) در ماهیانی که از جیره ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تغذیه کرده بودند، به طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌های ۵۰، ۱۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم بود. همچنین تفاوت معنی‌دار آماری در بین ماهیان تغذیه شده با جیره بیومار و جیره محتوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم و جیره محتوی ۵۰،۱۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در مقادیر ضریب چاقی (CF) مشاهده نشد.

شاخص هپاتوسوماتیک (HSI%) در ماهیانی که از جیره حاوی ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین در کیلوگرم تغذیه کرده بودند، به طور معنی‌داری، کمتر از ماهیانی بود که از جیره‌های حاوی ۵۰، ۱۵۰، ۳۵۰ و ۹۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره استفاده کرده بودند. بازماندگی ماهیان تحت تاثیر تیمارهای غذایی قرار نگرفت (جدول ۲).

جدول ۳ نشان‌دهنده اثرات سطوح ال- کارنیتین جیره غذایی بر بدن ماهی و ترکیب ماهیچه ماهی است. اختلاف معنی‌دار آماری در مقادیر رطوبت ماهیچه ماهیان در تمام جیره‌ها ملاحظه نشد، به استثناء ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین که میانگین رطوبت ماهیچه آنها به طور معنی‌دار آماری بالاتر از سایر تیمارها بود ($P<0.05$).

میزان لیپید خام در ماهیانی که از جیره حاوی ۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در کیلوگرم تغذیه کرده بودند، به طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره ۱۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. بهرحال، تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقدار لیپید ماهیچه در بین ماهیانی که از جیره‌های حاوی ۵۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم یا بین ماهیانی که از ۱۵۰، ۳۵۰،۶۵۰و ۹۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین استفاده کرده بودند، مشاهده نشد. میزان پروتئین خام ماهیچه با افزایش مقادیر ال-کارنیتین در جیره تا حد ۳۵۰ میلی‌گرم از روند افزایشی برخوردار بود و با افزایش مقادیر ال- کارنیتین از نظر کمی، از روند کاهشی برخوردار بود. همچنین بالاترین مقادیر پروتئین خام ماهیچه در جیره ۳۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین ملاحظه گردید که به استثناء ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۶۵۰ میلی‌گرم، با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود ($P<0.05$). مقدار لیپید کل بدن در ماهیانی که از ۱۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین تغذیه نموده بودند، به میزان قابل توجهی کمتر از ماهیان تغذیه شده با جیره بیومار و جیره محتوی ۵۰، ۱۵۰، ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین در کیلوگرم جیره بود ($P<0.05$).

مقدار پروتئین کل بدن در فیل ماهیانی که از ۳۵۰ میلی گرم در کیلوگرم تغذیه کرده بودند، به طور معنی داری بالاتر از ماهیانی بود که از جیره بیومار، جیره‌های محتوی ۵۰، ۱۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی گرم ال- کارنیتین در کیلوگرم استفاده کرده بودند.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

جدول ۲ : میانگین رشد و شاخص هپاتوسوماتیک فیل‌ماهی جوان پرورشی (وزن اولیه ۱۵/۶± ۱۲۴۷گرم) تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی

Table 2: Growth performance and Hepatosomatic index of beluga (initial average weight 1247 ± 15.6 g) fed various diets.

پارامتر	مقادیر ال-کارنیتین در جیره غذایی (میلی گرم در کیلوگرم جیره)							Pooled SEM[8]
	بیومار	۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۶۵۰	۹۵۰	۱۲۵۰	
وزن ثانویه (گرم)[1]	۴۵۴۶ ^{a}	۳۸۸۱ ^{bc}	۴۰۳۲ ^{b}	۴۷۹۵ ^{a}	۴۵۵۱ ^{a}	۳۸۹۹ ^{c}	۳۶۵۰ ^{bc}	۱۰۴/۵
وزن کسب شده (درصد) [2]	۲۴۷/۶ ^{ab}	۲۰۴/۹ ^{c}	۲۳۱/۳ ^{bc}	۲۹۸/۵ ^{a}	۲۵۷/۸ ^{ab}	۲۰۴/۷ ^{c}	۱۹۹/۲ ^{c}	۸/۶۹
غذای جذب شده[3]	۳۰۴۹ ^{b}	۲۸۱۹ ^{b}	۳۱۹۵ ^{ab}	۳۴۵۳ ^{a}	۳۳۶۷ ^{a}	۳۱۰۴ ^{ab}	۳۴۱۶ ^{a}	۶۲/۹
بازده غذایی[4]	۷۵/۹ ^{ab}	۰/۶۶ ^{bc}	۶۴/۷ ^{bc}	۸۲/۳ ^{a}	۷۵/۰ ^{ab}	۶۰/۲ ^{d}	۴۸/۸ ^{cd}	۲/۷۹
نسبت بازده پروتئین[5]	۰/۷۷ ^{ab}	۰/۶۶ ^{c}	۰/۷۰ ^{bc}	۰/۸۲ ^{a}	۰/۷۶ ^{ab}	۰/۶۶ ^{c}	۰/۶۴ ^{c}	۰/۰۶
ضریب چاقی[6]	۰/۵۵ ^{ab}	۰/۴۹ ^{c}	۰/۵۱ ^{bc}	۰/۵۷ ^{a}	۰/۵۵ ^{ab}	۰/۵۰ ^{c}	۰/۴۸ ^{c}	۰/۰۴
شاخص هپاتوسوماتیک[7]	۳/۰۹ ^{bc}	۳/۳۱ ^{a}	۳/۲۴ ^{ab}	۳/۱۳ ^{abc}	۳/۱۱ ^{bc}	۲/۹۴ ^{c}	۲/۶۸ ^{d}	۰/۰۵

[1] Final weight (FBW, g fish^{-1}). [2] Weight gain (WG,%) = (final weight-initial weight) ×100/initial weight.
[3] Feed intake (FI, g/dry feed fish). [4] Feed efficiency (FE,%) = wet weight gain (g) ×100/dry feed intake (g).
[5] Protein efficiency ratio (PER) = Wet weight gain/protein intake. [6] Condition factor (CF): (W/L3) ×100.
[7] Hepatosomatic index (HSI,%) = 100× (liver weight/fish weight). [8] Pooled standard error of mean: SD/√n

جدول ۳ : تغییرات ترکیبات بیوشیمیایی (گرم بر کیلوگرم وزن تر) ماهیچه و لاشه فیلماهی جوان پرورشی تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی در مدت ۱۷ هفته

Table 3: Proximate compositions (g kg^{-1} wet matter) of dorsal muscle and whole body of beluga fed different diets for 17 weeks.

پارامتر	مقادیر ال-کارنیتین در جیره غذایی (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره)							Pooled SEM[2]
	بیومار	۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۶۵۰	۹۵۰	۱۲۵۰	
ماهیچه								
رطوبت	۷۳۲/۴ ^{b}	۷۳۳/۸ ^{b}	۷۳۶/۴ ^{b}	۷۸۵/۳ ^{b}	۷۳۶/۸ ^{b}	۷۳۶/۹ ^{b}	۷۴۱/۶ ^{a}	۷/۳۹
چربی	۵۱/۰ ^{bc}	۶۳/۷ ^{a}	۵۲/۳ ^{abc}	۵۰/۷ ^{bc}	۵۱/۱ ^{bc}	۴۴/۳ ^{bc}	۴۰/۴ ^{c}	۲/۵۴
پروتئین	۱۸۵ ^{b}	۱۷۹ ^{c}	۱۸۶ ^{b}	۱۹۶ ^{a}	۱۸۸ ^{ab}	۱۶۷ ^{d}	۱۵۸ ^{e}	۵/۰۹
خاکستر	۱۹/۳	۲۰/۵	۲۰/۷	۲۱/۱	۱۸/۳	۱۹/۱	۲۳/۷	۰/۶۹
کل بدن								
رطوبت	۷۵۹/۷	۷۵۸/۲	۷۵۸/۴	۷۵۷/۱	۷۵۶/۵	۷۵۹/۷	۷۵۸/۲	۳/۱۹
چربی	۸۴/۴ ^{b}	۹۶/۳ ^{a}	۹۸/۴ ^{a}	۸۷/۴ ^{ab}	۸۰/۵ ^{b}	۷۳/۳ ^{bc}	۶۷/۲ ^{c}	۳/۶۴
پروتئین	۱۷۴ ^{b}	۱۶۱ ^{c}	۱۷۳ ^{b}	۱۸۷ ^{a}	۱۷۹ ^{ab}	۱۵۷ ^{c}	۱۵۵ ^{c}	۴/۲۷
خاکستر	۲۴/۳	۲۲/۹	۲۳/۷	۲۴/۷	۲۴/۲	۲۸/۴	۲۵/۷	۰/۶۶

اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار آماری هستند (**P** ≥ ۰/۰۵).

Pooled standard error of mean: SD/√n[2]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

مقادیر آنتی اکسیدان‌های آنزیمی از قبیل سوپراکسید دسیموتاز (SOD; unit mg prot^{-1})، گلوتاتیون (GSH; mg g prot^{-1}) فعالیتهای گلوتاتیون پراکسیداز (GPX; unit g prot^{-1}) و مقدار مواد فعال موجود در اسید تیوباربیتوریک در کبد (TBARS; nmol MDA ml^{-1}) در کبد (جدول ۴)، با مقادیر متوسط مکمل ال-کارنیتین جیره غذایی ارتباط مستقیم داشتند. مقادیر SOD ، GSH و GPX با افزایش ال-کارنیتین از ۱۵۰ به ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به طور معنی‌داری افزایش ($P<0.05$) و سپس کاهش یافت. بالاترین میزان فعالیت SOD، GSH وGPX در کبد ماهیانی تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین مشاهده شد. مواد فعال اسید تیوباربیتوریک (TBARS) کبد ماهیانی که از جیره‌های غذایی حاوی ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین استفاده کرده بودند، به طور معنی‌داری پایین‌تر از ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۵۰، ۱۵۰، ۹۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال-کارنیتین بود ($P<0.05$). هرچند تفاوت معنی‌داری آماری در مقادیر TBARS کبد ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۵۰ و ۶۵۰ میلی‌گرم، بین جیره بیومار و تیمار۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین، جیره‌های محتوی ۱۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین و همچنین بین ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۵۰ و ۱۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ال- کارنیتین، مشاهده نشد.

جدول ۴ : مقادیر شاخص های بیوشیمیایی مورد مطالعه فیلماهی جوان پرورشی تغذیه شده با جیره های مختلف غذایی در مدت ۱۷ هفته

Table 4: Mean haematocrit of beluga fed various diets for 17 weeks.

پارامتر	مقادیر ال-کارنیتین در جیره غذایی (میلی گرم در کیلوگرم جیره)							Pooled SEM[۲]
	بیومار	۵۰	۱۵۰	۳۵۰	۶۵۰	۹۵۰	۱۲۵۰	
SOD	۱۲۷/۸ ^{b}	۱۱۹/۴ ^{cd}	۱۲۸/۹ ^{b}	۱۳۹/۲ ^{a}	۱۳۵/۶ ^{a}	۱۲۴/۴ ^{bc}	۱۱۷/۷ ^{d}	۲/۵۷
GSH	۲/۰۸ ^{bc}	۲/۰۵ ^{bc}	۲/۱۷ ^{b}	۲/۲۹ ^{a}	۲/۲۵ ^{a}	۲/۲۱ ^{bc}	۲/۱۸ ^{c}	۰/۰۸
GPX	۳۰۹ ^{b}	۲۷۸ ^{c}	۲۸۸ ^{c}	۳۱۸ ^{a}	۳۳۱ ^{a}	۳۰۱ ^{b}	۲۹۶ ^{bc}	۵/۲۱
TBARS	۴/۱۷ ^{d}	۶/۶۷ ^{a}	۵/۳۱ ^{b}	۳/۲۹ ^{e}	۳/۵۸ ^{de}	۴/۴۶ ^{c}	۶/۰۵ ^{ab}	۰/۳۱

اعداد با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار آماری هستند ($P \geq$ ۰/۰۵).

Pooled standard error of mean: SD/$\sqrt{n}$[۲]

بحث

در مطالعه حاضر، مقادیر متوسط وزن کسب شده (WG)، کارایی غذا (FE)، و میزان کارایی پروتئین (PER) با افزایش سطح ال- کارنیتین جیره به میزان ۶۵۰-۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر تیمارها بهبود یافت. این خود بیانگر استفاده بیشتر از پروتئین جیره غذایی برای رشد است. در حالیکه مقادیر متوسط شاخص‌های مذکور فوق بتدریج با افزایش ال-کارنیتین جیره به بیش از ۶۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، از روند کاهشی برخوردار بودند. نتایج Becker و همکاران (۱۹۹۱) مشخص نمود استفاده از مقادیر ۵۰۰-۱۵۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در کیلوگرم جیره بواسطه افزایش اکسیداسیون لیپید، سبب بهبود عملکرد رشد و دسترسی پروتئین می‌گردد. نتایج مطالعات Keshavanath و Renuka (۱۹۹۸) با دستاورد مطالعه حاضر همخوانی داشت. آنان افزایش روند رشد و مصرف غذا در ماهیانی که تا ۵۰۰ میلی‌گرم ال-کارنیتین در کیلوگرم جیره غذایی استفاده کرده بودند را گزارش نمودند. مطالعات قبلی نشان داد که عملکرد رشد بچه فیل‌ماهی با افزایش مصرف غذا افزایش یافت (Mohseni *et al*., 2008). به دلیل بهبود

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

کارایی غذا در ماهیان تغذیه شده با سطوح بهینه ال-کارنیتین، زیتوده نیز افزایش یافت. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود که در صورت مصرف بهینه ال-کارنیتین با جیره تعیین شده ایرانی، نیاز به غذا و زمان کمتری جهت دستیابی به حداکثر وزن نهایی نسبت به تیمار بیومار می‌باشد. شاید به همین دلیل است که به رغم بالابودن قیمت ال-کارنیتین، پرورش‌دهندگان ماهی ترجیح می‌دهند، جهت کاهش هزینه نهایی تولید از ال-کارنیتین در جیره غذایی استفاده نمایند. در مقابل تاثیر مثبت ال-کارنیتین جیره غذایی در افزایش روند رشد در ماهیان سالمون آتلانتیک (Ji *et al*., 1996) یا گربه ماهی آفریقایی (Ozorio *et al*., 2002) مشاهده نشد. مغایرت این نتایج نشان می‌دهد که اثرگذاری ماده ال-کارنیتین موجود در ترکیب غذایی، می‌تواند علاوه بر میزان آن در جیره، تحت تاثیر عوامل دیگری از جمله تفاوت‌های گونه‌ای، مراحل تکامل و شرایط نگهداری قرار گیرد. هر چند مکانیزم‌هایی که طی آن مکمل غذایی ال-کارنیتین می‌تواند اثرات سودمندی در عملکرد رشد ماهیان ایفاء کند، هنوز چندان شناخته نشده است (Ma *et al*., 2008).

در مطالعه حاضر، میزان بهینه و مطلوب مکمل ال-کارنیتین سبب کاهش قابل ملاحظه مقدار لیپید در کل بدن گردید. همچنین مقدار پروتئین در کل بدن و ماهیچه به طور معنی‌داری افزایش یافت. گزارش مشابهی هم با یافته‌های ما مبنی بر تاثیر ال-کارنیتین جیره بر کاهش مقدار لیپید در ماهیچه سالمون آتلانتیک (Ji *et al*., 1996)، ماهی کپور (Keshavanath and Renuka, 1998) ماهی سیم دریایی سیاه جوان (Ma *et al*., 2008) و فیل‌ماهی جوان (Mohseni *et al*., 2008) ارائه شده است. ال- کارنیتین می‌تواند نقش حیاتی در متابولیسم چربی ایفاء کند، در نتیجه، با افزایش قابلیت جذب پروتئین سبب افزایش روند رشد گردد. به عبارت دیگر، به دلیل نقش واسطه‌ای ال –کارنیتین در افزایش ورود اسیدهای چرب بلند زنجیره بر میتوکندی برای انجام دادن عمل اکسیداسیون، کاتابویسم پروتئین برای تولید انرژی ذخیره می‌شود. بنظر می‌رسد ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ال- کارنیتین، میزان پروتئین بیشتری برای رشد در دسترس داشته باشند (Torreele *et al*., 1993). بنابراین، به منظور دستیابی به یک جیره مناسب بخصوص دستیابی به مولدین مناسب جهت بلوغ جنسی و استحصال خاویار (که هدف اصلی بیشتر پرورش دهندگان ماهی خاویاری است)، نه تنها بایستی حاوی مواد مغذی ضروری باشد، بلکه باید حاوی مقدار مناسبی از مکمل‌های غذایی خاص باشد، چون عدم توازن این افزودنی‌ها در جیره غذایی می‌تواند منجر به ایجاد اثرات منفی در تولید مثل شود.

اگرچه اثرات ال- کارنیتین بر عملکرد رشد در بسیاری از ماهیان مورد بررسی قرار گرفته است، ولی نقش آن به عنوان یک اکسیدان در جیره غذایی ماهی هنوز نیاز به تحقیق و بررسی بیشتری دارد. در بررسی حاضر، فعالیت‌های نسبی آنزیم‌های آنتی اکسیدان (SOD and GPX) با افزایش سطح ال-کارنیتین جیره از ۱۵۰ به ۳۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یافت، اما در ادامه با افزایش ال-کارنیتین به طور معنی‌داری کاهش یافت. این نشان می‌دهد که ال-کارنیتین جیره سبب کاهش پراکسیداسیون و بهبود مقاومت فیل‌ماهی نسبت به استرس اکسیداتیو می‌شود. مشخص گردید که ال-کارنیتین جیره غذایی می‌تواند عملکرد آنتی اکسیدان را بهبود دهد و رادیکال‌های آزاد را در موش‌های دارای سن بالا (Kalaiselvi and Panneerselvam, 1998)، در مرغ در دوره تخم‌گذاری (Rabie *et al*., 1997) و در ماهی سیم دریایی سیاه جوان (Ma *et al*., 2008) حذف نماید. پراکسیداسیون لیپید تجزیه طبیعی است و اختلال در غشاء وجود دارد. گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) سبب کاتالیز شدن کاهش پراکسید هیدروژن و پراکسیدهای لیپید می‌شود و به عنوان یک آنزیم حمایتی موثر در مقابل پراکسیداسیون لیپید است. مقدار مالون ویال دهید (MDA; malondialdehyde) پلاسما دارای ارتباط مثبت با فعالیت GPS است و معمولاً جهت بررسی اینکه تحت تاثیر وضعیت اکسیداتیو است یا خیر، تعیین می‌شود

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

(محسنی و ستوده، ۱۳۹۱). علاوه بر GPX، کاتالاز (CAT) و سوپر اکسید دسیموتاز (SOD) جزء دو آنزیم آنتی اکسیدانی اصلی و موثر دیگر در سیستم دفاعی آنتی اکسیدان هستند (Ozorio, 2009). گزارش‌های Kalaiselvi و Penneersevan (۱۹۹۸) و Ma و همکاران (۲۰۰۸)، حاکی از آن است که مصرف ال-کارنیتین سبب کاهش مقدار پراکسید لیپید (LPO; Lipid peroxide)، افزایش فعالیت‌های نسبی آنزیم‌های آنتی اکسیدان (CAT, GPX و SOD) و همچنین موجب افزایش فعالیت‌های نسبی غیر آنزیمی (TSH، ویتامین E ، ویتامین C و GSH) در موش‌های سن بالا می‌شود. در ضمن، ال- کارنیتین و استرهای آن تا حدودی مانع از پراکسیداسیون لیپید آهن در لیپوزوم می‌شود که این اقدام از طریق تشکیل کمپلکس با آهن آزاد صورت می‌گیرد (Ma *et al.*, 2008).

آنالیز Thiobarbiturice acid reactive substances (TBARS) یکی از رایج‌ترین اندیکاتورهای مورد استفاده در پری اکسیداسیون بافت (Tissue peroxidation) است (Rosmini *et al.*, 1996). بنابراین، کاهش پراکسیداسیون در تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از ویژگی ثلاثه‌کننده آهن (Iron chelafing property) باشد (Gulci, 2006; Ma *et al.*, 2008). n مقادیر بالاتر TBARS کبد در فیل‌ماهیانی که از مقادیر بالاتر و پایین‌تر ال-کارنیتین جیره غذایی نسبت به آنهایی که از مقدار مناسب استفاده کرده بودند، ملاحظه شد. می‌توان اذعان نمود، وجود مقادیر کم یا زیاد ال- کارنیتین در جیره غذایی می‌تواند سبب ایجاد استرس اکسیداتیو در فیل‌ماهی شود. مقادیر TBARS کبد نشان‌دهنده روند معکوس عملکرد در فعالیت SOD هپاتیک است. مقادیر بالای TBARS در ماهیانی که هر دو نوع جیره غذایی محتوی کم و مازاد ال- کارنیتین تغذیه کردند، می‌تواند بواسطه فعالیت پایین SOD باشد. احتمالاً ال-کارنیتین مازاد ذخیره شده در کبد، می‌تواند سبب افزایش استرس اکسیداتیو و تخریب فعالیت‌های آنزیمی شود.

با توجه با نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود، استفاده از مکمل ال- کارنیتین به میزان ۶۵۰-۳۵۰ میلی‌گرم ال- کارنیتین در هر کیلوگرم جیره، سبب بهبود عملکرد رشد و صرفه جویی در مصرف پروتئین بوسیله منابع چربی (Protein sparing effects of lipid)در فیل‌ماهی جوان پرورشی می‌گردد. نتایج حاصله، بیانگر آن است که سطح اپتیمم ال-کارنیتین می‌تواند بیشتر از ۳۵۰ میلی‌گرم اما کمتر از ۶۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی برای فیل‌ماهیان پرورشی در شرایط پرورشی متراکم باشد. استفاده از مکمل ال-کارنیتین به میزان بیشتر از ۹۵۰ میلی‌گرم دارای اثرات معکوس بر فیل‌ماهی می‌باشد. سطوح بهینه مکمل ال-کارنیتین در جیره غذایی همچنین می‌تواند سبب کاهش رسوب چربی و کاهش پراکسیداسیون لیپید شود و سیستم دفاعی آنتی اکسیداسیون را در فیل‌ماهی حتی خیلی مناسب‌تر از جیره وارداتی بیومار ارتقاء دهد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر در قالب طرح مصوب شورای تحقیقات و فناوری استان گیلان– شهرستان رشت (با حمایت مالی استانداری استان گیلان) با عنوان "بهینه سازی جیره غذایی با هدف افزایش شاخص‌های رشد، بهبود کارایی تغذیه و ارتقاء سیستم ایمنی تاسماهیان پرورشی (فاز اول: فیلماهی و تاسماهی سیبری)" با شماره مصوب: ۹۴۱۰۴-۴-۳۲-۳۲ در مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر انجام شده است. از کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه دست یاری دادند و با کمک و زحمات بیدریغ در شرایط سخت بزرگترین پشتیبان ما بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

صالح پور، م.، ۱۳۸۱. تاثیر ال- کارنیتین بر رشد و نسبت چربی به پروتئین در مراحل اولیه رشد فیل‌ماهی (*Huso huso*). پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات. دانشکده علوم وفنون دریایی. دانشگاه آزاد اسلامی تهران. ۵۱ صفحه.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

غفاری، م.، ۱۳۸۰. بررسی تأثیر ماده ال- کارنیتین بر رشد فیل‌ماهی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد واحد تهران شمال . ۶۴ صفحه.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، صالح پور، م.، پورعلی، ح. و کاظمی، ر.، ۱۳۸۴. بررسی اثر دفعات غذادهی بر ویژگیهای رشد بچه فیل‌ماهیان (*Huso huso*) پرورشی. مجله علمی شیلات ایران. سال چهاردهم، شماره ۴. صفحات ۱۵۹-۱۴۵.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی، ر. و علیزاده، م.، ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه تعیین احتیاجات غذایی فیل‌ماهی از مرحله لاروی تا مرحله عرضه به بازار. انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۲۲۴ صفحه.

محسنی، م. و ستوده، ا.، ۱۳۹۱. اثر سطوح مختلف سلنیوم جیره غذایی بر روند رشد و استرس اکسیداتیو بچه فیل ماهی (*Huso huso*) تغذیه شده با سطوح بالای مس. مجله علمی شیلات ایران. سال بیست و یکم، شماره ۴. صفحات ۱۱۴-۱۰۵.

محسنی، م.، امیرخانی، ا.، حسنی، ح. و پورعلی، ح.، ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف پروتئین و انرژی بر روند رشد بچه فیلماهی پرورشی (*Huso huso*). مجله علمی شیلات ایران. سال بیست و دوم، شماره ۴. صفحات ۱۱۹-۱۰۷.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، فلاحی کپورچالی، م.، سپهداری، ا.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، سید حسنی، م. ح.، کاظمی، ر.، حلاجیان، ع. و صالحی، م.، ۱۳۹۳. گزارش نهایی پروژه مطالعه پرورش گوشتی فیل‌ماهی (*Huso huso*) با استفاده از جیره‌های مختلف غذایی. موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان تاسماهیان دریای خزر. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۱۳۹ صفحه.

AOAC, 1995. 16th edn. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemist, Vol. I, Washington, DC, USA,1234 pp.

Becker, K., Schreiber, S., Angoti, C. and Blum, R., 1999. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis auratus* hybrids to L- carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions. Aquaculture, 174, 162-176. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00019-8.

Bremer, J., 1983. Carnitine- metabolism and functions. Physiological Reviews 63, 1420-1480.DOI: 10.1111/j.1469-7793.2001.0297.

Chatzifotis, S., Takeuchi, T. and Seikai, T., 1996. The effect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream (*Pargus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine. Aquaculture, 147: 235-248. DOI: 10.4194/trjfas.2010.0203

Focken, U., Becker, K. and Lawrence, P., 1997. A note on the effects of L-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, Cyprimus carpio L. Aquacult. Nutr., 3, 261–264. DOI: 10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x

Gulcin, I., 2006. Antioxidant and antiradical activities of L-Carnitine. Life Sciences 78, 803-811. DOI: 10.1016/j.lfs.2005.05.103

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.

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. J. Nutr., 126, 1937–1950.DOI: 10.4172/2155-9899.1000501

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

Kalaiselvi, T. and Panneerselvam, C., 1998. Effect of L-carnitine on the status of lipid peroxidation and antioxidants in aging rats. J. Nutr. Biochem., 9, 575–581. DOI: 10.1016/S0955-2863(98)00052-7

Keshavanath, P. and Renuka, P., 1998. Effect of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, Labeo rohita (Hamilton). Aquacult. Nutr., 4, 83–87. **DOI**: 10.1046/j.1365-2095.1998.00052.x.

Ma, J.J., Xu, Z.R.Q., Shao, J.J., Xu, 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*. Aquacult. Nutr., 14, 464–471. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00551.x.

Mohseni, M., Sajjadi, M. and Pourkazemi, M., 2007. Growth performance and body composition of sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin, 1897), fed different dietary protein and lipid levels. J. Appl. Icthyol., 23, 204–208. Doi:10.1111/j.1439-0426.2007.00866.x.

Mohseni, M., Ozorio, R.O.A., Pourkazemi, M. and Bai, S.C., 2008 .Effects of dietary L-carnitine supplements on growth and body composition in beluga, *H. huso*, juveniles. J. Appl. Icthyol., 24, 646–649. DOI: 10.1111/j.1439- 0426.2008.01121

Ozorio, R.O.A., Booms, G.H.R., Huisman, E.A. and Verreth, J.A.J., 2002. Changes in amino acid composition in the tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a consequence of dietary L-carnitine supplements. J. Appl. Icthyol., 18, 140–147. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2002.00317.

Ozorio, R.O.A., 2009. Dietary L-carnitine supplementation to cultivated fish: A Mini-Review. Current Nutrition and Food Science 5, 40-48. doi.org/10. 2174/ 157340109787314758.

Paglia, D.E. and Valentine, W.N., 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. J. Lab. Clin. Med., 70, 158–167.

Pourkazemi, M., 2006. Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: past, present, future. J. Appl. Icthyol., 22, 12–16. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00923.

Rabie, M.H., Szilagyi, M. and Gipert, T., 1997. Effect of dietary L-carnitine on the performance and egg quality of laying hens from 65-73 weeks of age. Br. J. Nutr., 78, 615–623. doi.org/10.1079/BJN19970178.

Rosmini, M.R., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J.A., Pagán-Moreno, M.J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F. and Aranda-Catalá, V., 1996. TBA test by an extractive method applied to 'Paté'. *Meat Science*, 42,103-110.

Sherwin, E.R., Branen, A.L. and Davidson, P.M.S., 1990. Food Additives, pp. 139–193. Marcel Dekker Inc., New York.

Sinatra, S.T. and Sinatra, J., 1999. L-Carnitine and the heart, 64 pp. McGraw Hill, New York.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

Torreele, E., Van Der Sluiszen, A. and Verreth, J., 1993. The effect of dietary L-c arnitine on the growth performance in fingerlings of the African cat fish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. BR. J. Nutr. 69, 289-299. doi.org/10.1079/BJN19930030.

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 9 M. chrysops female). Aquaculture, 187, 153–161.

Uchiyama, M. and Mihara, M., 1978. Determination of malonaldehyde precursor in tissue by thiobarbituric acid test. Anal. Biochem., 86, 271–278. doi.org/10. 1016/0003-2697(78)90342-1.

Wieland, O.H., Deufel, T. and Paetzke-Brunner, I., 1985. Free and esterified carnitine: colorimetric method. In: Methods of Enzymatic Analysis, Vol. VIII, 3rd edn (Bergmeyer, H.U. ed), pp. 481–488. Verlag Chemie, Deerfield Beach, FL.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]

Effects of dietary L-carnitine on growth performance, body composition and antioxidant status of beluga (*Huso huso*) and comparison with Biomar diet

Mohseni M.[1*], Pourkazemi M.[2], Kazemi R.[1], Taati R.[3]

*mahmoudmohseni73@gmail.com

1-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agriculture Research and Education Organization (AREEO) - International Sturgeon Research Institute Rasht. P.O.Box: 41635 – 3464.
2-Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran
3- Fisheries Department, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran

Abstract

A 17-week feeding trial was carried out to evaluate the effects of dietary L-carnitine level in beluga, *Huso huso*. A total of fish averaging 1247 ± 15.6 g (mean ± SD) were randomly distributed into 21 fibreglass tanks, and each tank holding 10 fish was then randomly assigned to one of three replicates of seven diets with 50, 150, 350, 650, 950 and 1250 mg L-carnitine kg^{-1} diet or control diet (Biomar). At the end of 17 weeks of feeding trial, average weight gain (WG), feed efficiency (FE), protein efficiency ratio (PER) and condition factor (CF) of fish fed 350 mg kg^{-1} diet were significantly ($P < 0.05$) higher than those of fish fed 50, 150, 950 and 1250 mg kg^{-1} diets. WG, FE, PER and CF of beluga fed 650 mg kg^{-1} diet or control diet (Biomar) were also significantly higher than those of fish fed 50, 950 and 1250 mg kg^{-1} diets. Whole body and muscle protein were significantly improved by the elevation of dietary L-carnitine level up to 350 mg kg^{-1}. Liver superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities of fish fed 350 and 650 mg kg^{-1} diets were significantly higher than those of fish fed other diets. The dietary L-carnitine level of 350mg kg^{-1} diet could improve growth performance, feed utilization, protein-sparing effects of lipid, immune response, antioxidant defence system and reproductive success.

Keywords: Antioxidant status, beluga (*Huso huso*), body composition, growth performance, L-carnitine

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-10]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.3.1.2]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113558]