Journal Aquaculture Sciences 11(20): 42-51 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۰: ۴۲-۵۱ (۱۴۰۲)

اثر غلظت‌های مختلف نانوذره سلنیوم جیره بر شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی سرم و سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*)

شروین شیخ، فریبرز قجقی*، افشین قلیچی، سارا جرجانی

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد آزادشهر ، دانشگاه آزاد اسلامی ، آزادشهر، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷**

چکیده

این مطالعه جهت بررسی اثر سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم جیره بر شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی سرم و دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) صورت گرفت. بدین‌منظور ماهی تیلاپیای نیل با میانگین وزنی۱/۰±۳۱/۱ گرم در ۱۲ تانک فایبرگلاس با تراکم ۱۸ عدد ماهی توزیع و طی مدت ۸ هفته با غلظت‌های متفاوت نانو ذره سلنیوم شامل: ۰ (شاهد)، تیمار ۱ (۰/۵ میلی‌گرم/کیلوگرم نانوذره سلنیوم)، تیمار ۲ (۱ میلی‌گرم/کیلوگرم نانو سلنیوم) و تیمار ۳ (۲ میلی‌گرم/کیلوگرم نانو ذره سلنیم) غذادهی شدند. براساس نتایج، بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز خون، هموگلوبین و هماتوکریت در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح ۱ و ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد نشان داد (P<۰/۰۵). همچنین اختلاف معنی داری در میزان فاکتورهای پروتئین کل و گلوبولین ماهی تغذیه شده با جیره حاوی سطح ۲ میلی‌گرم نانو ذره سلنیوم با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد وجود دارد. در این پژوهش افزودن سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم به جیره موجب کاهش معنی‌دار سطح گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید خون شد و کمترین مقادیر این پارامترها در در گروه تغذیه شده با غلظت سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم مشاهده شد. میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی ALT و AST در تیمار شاهد در بیشترین میزان و در تیمار سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم کمترین میزان را به خود اختصاص داد. نتایج بیانگر آن است که اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۱ و ۲ میلی‌گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم با تیمار ۰/۵ میلی گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم؛ به‌ویژه تیمار شاهد وجود دارد. در مجموع، به‌نظر می‌رسد که تأثیر سطوح مختلف نانو ذره سلنیوم به‌ویژه در تیمار ۲ میلی‌گرم/کیلوگرم خوراک بر برخی از شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی سرم و دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهی تیلاپیای نیل مفید و معنی‌دار بوده است. بنابراین می‌توان از این نانوذره جهت بهبود عملکرد جیره‌های غذایی موجود در بازار استفاده کرد.

کلید واژگان: نانو ذره سلنیوم، ماهی تیلاپیای نیل، شاخص‌های خونی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

*نویسنده مسئول fariborz.ghojoghi@gmail.com

مقدمه

در فعالیت‌های آبزی‌پروری میزان رشد آبزیان از مهمترین شاخص محسوب می‌شود، زیرا با افزایش رشد ماهی، مدت نگهداری آن و در نتیجه هزینه نگهداری کاهش می‌یابد. بعضی از عناصر غذایی محدودکننده رشد هستند و در صورت وجود در جیره غذایی آبزیان، میزان رشد هم افزایش می‌یابد. تغذیه با سلامتی موجودات رابطه مستقیم داشته و نوع و مقدار غذای مصرفی و افزودنی‌های غذایی می‌تواند اثرات قابل توجهی در رشد، عملکرد مطلوب و بهبود سیستم ایمنی ماهی داشته باشد. در نتیجه بهبود فاکتورهای تغذیه‌ای، بهبود و ارتقای سلامتی ماهی را به‌دنبال خواهد داشت (قائدی و همکاران، ۱۳۹۳).

مواد معدنی از جمله مواد مغذی هستند که برای حفظ عملکرد طبیعی بدن مورد نیاز می‌باشند. میزان مورد نیاز این مواد مغذی در فرآیندهای طبیعی سیستم آنزیمی است که شامل انواع فعالیت‌های مرتبط با سیستم‌های متابولیک، غدد درون‌ریز و سیستم ایمنی بدن می باشد. کمبود این مواد مغذی از طریق تأثیر منفی آن بر سیستم فیزیولوژیک ماهی و دیگر موجودات باعث ایجاد اختلال‌های متابولیکی، بیماری‌ها و عفونت‌ها می‌شود. عناصر کم مصرف از جمله روی، سلنیم، مس، منگنز، کبالت و آهن برای رشد آبزیان از جمله ماهی، نقش حیاتی در سیستم ایمنی، تولید مثلی و متابولیسم طبیعی دارند. این عناصر در ساختار آنزیم‌های کلیدی سیستم ایمنی و تولید مثلی نقش کوفاکتوری دارند. همچنین در متابولیسم انرژی و سنتز هورمون‌ها نیز نقش دارند (Dawood *et al.*, 2021).

سلنیوم یک ریزمغذی ضروری و کمیاب برای حفظ رشد طبیعی و سوخت و ساز آبزیان است که بیشتر به‌صورت ترکیب با پروتئین‌ها یافت می‌شود (Khan *et al.*, 2017). بیشتر سلنیم مورد نیاز بدن آبزی از طریق خوراک و مواد غذایی تأمین می‌شود. مکمل سلنیم به دو شکل معدنی و آلی وجود دارد. اخیراً فرم نانو فلزی سلنیم به‌دلیل اثرگذاری بیشتر و سمیت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. مهمترین کاربرد شناخته شده سلنیوم نقش آن در ساختمان آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز است (Khan *et al.*, 2017). فرم نانو و آلی سلنیوم نسبت به فرم معدنی آن، عملکرد مؤثرتری بر فعالیت شاخص‌های خونی و ایمنی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) دارد (صفاری و همکاران، ۱۳۹۴). بکارگیری نانوذرات در تولید مواد منجر به استحکام آن‌ها می‌شود، وزن را کاهش و مقاومت شیمیایی و حرارتی آن‌ها را بالا می‌برد. از سوی دیگر، نانوذرات قادر به ایجاد تغییرات اساسی در واکنش مواد در برابر نور و تشعشعات هستند. در حال حاضر، شرکت‌های زیادی نانوذرات را به شکل پودر، اسپری و پوشش تولید می‌کنند که این تولیدات کاربردهای فراوانی در بخش‌های مختلف کشاورزی و آبزی‌پروری دارند (Moges *et al.*, 2022).

در مطالعه حاضر تأثیر سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم جیره بر شاخص‌های خون و بیوشیمیایی سرم و دفاع آنتی‌اکسیدانی ماهی تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند راهکارهای عملی در راستای بهبود عملکرد پرورش این گونه را ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک دوره ۸ هفته‌ای در فصل بهار سال ۱۴۰۰ در کارگاه پرورش ماهی تیلاپیا بخش خصوصی در استان خراسان (شهر مشهد) صورت گرفت. در ابتدای آزمایش، به مدت ۷ روز به‌منظور سازگاری ماهیان با شرایط جدید پرورشی، تعداد ۱۸۰ ماهی با میانگین وزنی ۱/۰±۳۱/۱ گرم در تانک فایبرگلاس با گنجایش ۳۰۰ لیتر آب با شرایط یکسان از نظر حجم آب و فاکتورهای کمی و کیفی مشابه به‌صورت تصادفی توزیع شدند. این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با تکرار به‌اجرا درآمد که دارای ۴ تیمار و ۳ تکرار بود. ویژگی‌های آب و شرایط محیطی شامل درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) و اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر) به‌صورت روزانه توسط دستگاه دماسنج و اکسیژن‌سنج اندازه‌گیری و اطلاعات آن‌ها ثبت شد. اندازه-گیری این فاکتورها با کمک یک دستگاه پرتابل ساخت شرکت لوترون مدل ۲۰۱۷ صورت گرفت. میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما ۱/۰±۲۷/۰ (درجه سانتی‌گراد)، اکسیژن محلول ۰/۳±۷/۲ (میلی‌گرم در لیتر) و pH ۰/۳±۷/۸ در طی دوره پرورش بود.

تهیه و آماده‌سازی تیمارهای مورد مطالعه: در این تحقیق نانوذره سلنیوم از شرکت پیشگامان نانو مواد ایرانیان در اندازه ۴۵-۱۰ نانومتر و جرم حقیقی ۳/۸۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه گردید. جهت ساخت جیره غذایی،

جدول ۱- ترکیبات تشکیل‌دهنده در خوراک مورد استفاده ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*)

ترکیبات	درصد
کنجاله سویا	۱۵
پودر ماهی	۴۰
ذرت	۲۰
ارد گندم	۱۵
روغن ماهی	۳
ملاس	۲
سبوس برنج	۲
مکمل معدنی	۱/۵
مکمل ویتامینی	۱/۵
مجموع	۱۰۰

نانوذرات سلنیوم تهیه شده در تیمارهای مختلف شامل تیمار شاهد (تیمار ۱) بدون هیچ ماده افزودنی به جیره، (تیمار ۲) حاوی ۰/۵۰ میلی‌گرم نانوسلنیوم در هر کیلو خوراک، (تیمار ۳) جیره حاوی ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم (تیمار ۴) و جیره حاوی ۲ میلی‌گرم نانوسلنیوم در هر کیلو جیره ماهی تیلاپیای نیل به جیره پایه اضافه شد (جدول ۱). پس از مخلوط شدن اولیه با جیره، در همزن به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط و سپس آب به آن اضافه و مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه دیگر مخلوط شدند. سپس جیره‌ها دوبار از چرخ گوشت گذرانده شدند و توسط آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و پلت‌هایی با قطر ۳ میلی‌متر تهیه و در دمای ۱۸- فریزر نگهداری شد. در مورد جیره گروه شاهد فقط سرم فیزیولوژی و روغن مایع روی خوراک پایه اسپری شد (Rasoarahona *et al.*, 2005). میزان جیره‌های آزمایشی هر دو هفته یکبار و براساس زیست‌سنجی انجام‌شده، محاسبه و آماده شدند. نتایج آنالیز شیمیایی خوراک پایه نشان داد که این خوراک حاوی ۳۶/۸±۰/۴۲٪ پروتئین، ۱۰/۱±۰/۲٪ چربی، ۸/۴±۰/۳٪ خاکستر، ۲/۲±۰/۱٪ فیبر و ۸/۱±۰/۲٪ رطوبت بود. میزان سلنیم اندازه‌گیری شده در خوراک‌های تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی گرم/کیلوگرم نانو سلنیم به‌ترتیب ۰/۳۸، ۰/۹۱، ۱/۲۸ و ۲/۳ میلی گرم/کیلوگرم خوراک نانوذرات سلنیم اندازه‌گیری شد.

دوره پرورش: ماهیان به‌مدت ۵۶ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شـــدند. میزان غذای روزانه برحســـب وزن توده زنده (بیومس)، در جه حرارت آب، میانگین وزن ماهی و میزان غذادهی ۵ درصد وزن بدن تعیین شد. تعداد دفعات غذادهی ۳ با در روز (۶ صـــبح، ۱۲ ظهر، ۵ عصـــر) صـــورت گرفت (Dawit Moges *et al.*, 2022). بـه‌منظور جلوگیری از آلودگی محیط پرورش، به‌طور روزا نه ۳۰ درصـــد از آب مخازن تعویض و مدفوع و غذای باقیمانده با اســـتفاده از سیفون از محیط خارج شد.

شاخص‌های خونی: نمونه‌گیری در انتهای روز ۵۶ دوره پرورش و گذشت ۲۴ ساعت از زمان قطع غذادهی و اطمینان کامل از دفع محتویات لوله گوارش صورت گرفت. بعد از بیهوش کردن ماهیان با اسانس پودر گل میخک (۱۵۰ ppm) (Simões *et al.*, 2011)، عملیات خون‌گیری به میزان ۲ میلی‌لیتر خون از ورید ساقه دمی صورت گرفت (از هرتانک سه ماهی به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شد) و به ظروف حاوی ماده ضد انعقاد هپارین، منتقل گردید. سپس نمونه‌ها در کنار یخ بلافاصله به آزمایشگاه خون‌شناسی منتقل و شاخص‌های خونی شامل: شمارش گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید، میزان هماتوکریت و هموگلوبین مورد اندازه‌گیری و سنجش قرار گرفت. شمارش گلبول‌های قرمز و سفید توسط لام نئوبار با شمارش مجموع گلبول‌های موجود در ۵ خانه از قسمت‌های مجزای لام و ضرب میانگین اعداد در ۱۰۰۰۰ ضرب به‌دست آمد تا تعداد گلبول‌ها بر حسب عدد در میلی‌متر مکعب مشخص شود. تعیین میزان هماتوکریت نیز از طریق سانتریفیوژ لوله‌های موئین حاوی خون، به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه صورت گرفت. اندازه‌گیری هموگلوبین با روش سیان مت‌هموگلوبین انجام شد. در این روش گلبول‌های قرمز خون همولیز و هموگلوبین آن به سیان مت هموگلوبین تبدیل شد. برای انجام این آزمایش از دارابکین استفاده شد (Fadaei, 2013). شاخص‌های مربوط به شاخص‌های خونی شامل حجم متوسط گلبولی (Mean corpuscular volume= MCV) براساس فمتولیتر، وزن هموگلوبین داخل گلبولی (Mean corpuscular hemoglobin= MCH) برحسب پیکوگرم و غلظت هموگلوبین داخل گلبولی (Mean corpuscular hemoglobin concentration= MCHC) برحسب گرم بر دسی‌لیتر براساس معادله‌های زیر در هر یک از تیمارهای آزمایشی محاسبه شد:

$$MCHC = \frac{\text{هموگلوبین} \times ۱۰۰}{\text{هماتوکریت}}$$

$$MCV = \frac{\text{هماتوکریت} \times ۱۰}{\text{گلبول قرمز به میلیون}}$$

$$MCH = \frac{\text{هموگلوبین} \times ۱۰}{\text{گلبول قرمز به میلیون}}$$

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم: در پایان، نمونه‌های خون پس از جمع‌آوری در تیوب‌های اپندروف فاقد ماده ضد انعقاد خون، به‌مدت ۲ ساعت در یخچال نگهداری و سپس با استفاده از سانتریفیوژ (۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۵ دقیقه)، نمونه‌های سرم جدا گردید. برای سنجش پارامترهای بیوشیمیایی خون، سرم خون جداسازی و با استفاده از دستگاه Semianalyser طبق دستورالعمل شرکت سازنده با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون انجام شد. فاکتورهای بیوشیمیایی مورد استفاده شامل پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین، کلسترول، تری‌گلیسرید وگلوکز بود. اندازه‌گیری آلبومین، گلوبولین و آنزیم‌های کبدی شامل آنزیم‌های آلاتین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) با استفاده از کیت آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، تهران) و براساس دستورالعمل‌های شرکت سازنده و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر (Semianalyser) انجام شد (Abarike *et al*., 2022).

شاخص‌های آنتی اکسیدانی سرم: فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) با استفاده از کیت شرکت پادگین طب و براساس دستورالعمل (به ۱۰ میکرولیتر نمونه سرم، ۲۵۰ میکرولیتر محلول R۱، ۱۰ میکرولیتر محلول R۲، ۱۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر و ۲۰ میکرولیتر Chromogen اضافه گردید) اندازه‌گیری شد. برای تهیه نمونه شاهد نیز همه این مراحل انجام شد، با این تفاوت که در مرحله آخر از ۲۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر استفاده شد. در نهایت نمونه سرم و شاهد در زمان‌های ۰ و ۲ دقیقه در طول موج ۴۲۰ نانومتر در الایزر قرائت شدند (Heikkila and Cabbat, 1976). میزان فعالیت SOD به‌صورت درصد ممانعت کاهش در NBT به‌وسیله SOD بیان شد.

فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) با استفاده از روش Lawrence وBurk (۱۹۷۶) صورت گرفت. در این روش ۰/۹ میلی‌لیتر از محلول واکنش شامل ۵۰ میلی‌مولار بر لیتر بافر پتاسیم فسفات (pH=۷)، ۱ میلی‌مول بر لیتر EDTA، یک میلی‌مول بر لیتر سدیم آزید، ۰/۲ میلی‌مول بر لیتر NADPH، ۲۰ میلی‌یونیت گلوتاتیون ردوکتاز و ۱ میلی‌مول بر لیتر گلوتاتیون کاهش یافته به‌مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد گرم‌خانه‌گذاری شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر H2O2 (۰/۲۵ میلی‌مول بر لیتر) و ۵۰ میکرولیتر سرم به محلول سنجش اضافه شد. تغییر در جذب در طول ۳۴۰ نانومتر در برابر شاهد (آب مقطر جایگزین سرم شد) به‌مدت یک دقیقه قرائت شد. فعالیت هر واحد GPX به‌شکل میزان میکرومول NADPH مصرف شده در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین همولنف با استفاده از ضریب جذب مولار مناسب برای NADPH (۶۲۲۰ میلی‌مول در لیتر در سانتی‌متر) محاسبه شد.

فعالیت کاتالاز به روش Goth (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. در این روش، ۰/۱ میلی‌لیتر نمونه از سرم در یک میلی‌لیتر محلول واکنش حاوی ۵۰ میلی‌مول بر لیتر بافر پتاسیم فسفات (pH=۷) و ۱۰/۶میلی‌مول بر لیتر H2O2 تازه تهیه شده اضافه شد و در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرم خانه گذاری شد. این واکنش پس از ۶۰ ثانیه با اضافه کردن ۰/۵ میلی‌لیتر محلول آلومینیوم مولبیدات ۳۲/۴ میلی‌مول بر لیتر متوقف شد. ترکیب زردرنگ آمونیوم مولبیدات و هیدروژن پراکسید تشکیل شد. میزان جذب این محلول زرد در طول موج ۴۰۵ نانومتر در مقابل شاهد (آب مقطر به جای همولنف) قرائت شد. هر واحد فعالیت کاتالاز به‌صورت میزان آنزیم کاتالاز مورد نیاز برای تجزیه ۱ میلی‌مول هیدروژن پراکسید در دقیقه بیان شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncans Multiple- range test) در سطح احتمال ۵ درصد تعیین گردید ($P<۰/۰۵$).

نتایج

شاخص‌های خونی: مقایسه نتایج حاصل از شاخص‌های خونی ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذره سلنیوم در انتهای آزمایش (روز ۵۶ آزمایش) بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز خون، هموگلوبین و هماتوکریت را در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح ۱ و ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم نشان داد (جدول ۲) که از نظر آماری تفاوت معنیداری را با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد نشان داد

جدول ۲- میانگین شاخص‌های خونی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) تغذیه شده با نانو ذره سلنیوم در انتهای روز ٥٦ پرورش

تیمار / شاخص	شاهد	تیمار ۱ (۰/۵ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم)	تیمار ۲ (۱ میلی‌گرم نانو سلنیوم)	تیمار ۳ (۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیم)
RBC (۱۰^۶ × تعداد در میلی‌متر مکعب)	۱/۱۷±۰/۰۴^{a}	۱/۲۹±۰/۰۸^{b}	۱/۳۳±۰/۰۴^{b}	۱/۴۱±۰/۰۱^{a}
WBC (۱۰^۴ × تعداد در میلی‌متر مکعب)	۱۱/۲±۰/۲^{c}	۱۱/۲۵±۰/۳^{b}	۱۱/۲۲±۰/۲^{c}	۱۱/۲۸±۰/۱^{a}
هموگلوبین (گرم/دسی لیتر)	۸/۰۴±۰/۰۴^{b}	۸/۵±۰/۰۶^{b}	۹/۱±۰/۰۱^{a}	۹/۰±۳/۰۲^{a}
هماتوکریت (٪)	۲۶/۵±۰/۰۵^{b}	۲۶/۲±۰/۰۶^{b}	۲۸/۰±۰/۰۹^{a}	۲۸/۵±۰/۰۳^{a}
متوسط حجم گلبول قرمز (فلومتر)MCV	۲۱۲/۲±۰/۰۴^{c}	۲۰۸/۴±۰/۳^{d}	۲۱۴/۱±۳/۲^{b}	۲۱۹/۳±۰/۵^{a}
متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (پیکوگرم)MCH	۵۸/۵±۰/۰۸^{a}	۵۹/۲±۰/۲۲^{a}	۵۸/۱۳±۰/۰۱^{a}	۵۸/۳±۰/۱۱^{a}
متوسط غلظت هموگلوبین سلولی MCHC (گرم/دسی لیتر)	۲۸/۹±۰/۰۶^{a}	۲۸/۳±۰/۱۰^{a}	۲۹/۱±۰/۱۴^{a}	۲۸/۸±۰/۱۶^{a}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

جدول ۳- میانگین شاخص‌های بیوشیمیایی سرم ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*). شده با نانو ذره سلنیوم در انتهای دوره پرورشی

تیمار / شاخص	شاهد	تیمار ۱ (۰/۵ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم)	تیمار ۲ (۱ میلی‌گرم نانو سلنیوم)	تیمار ۳ (۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیم)
آلبومین (گرم/میلی‌لیتر)	۱/۴±۰/۰۴^{d}	۱/۸±۰/۰۴^{c}	۱/۹۱±۰/۰۲^{b}	۱/۹۴±۰/۰۱^{a}
پروتئین کل (گرم/میلی‌لیتر)	۳/۲±۰/۰۵^{d}	۳/۸±۰/۰۶^{c}	۴/۱±۰/۰۳^{b}	۴/۸±۰/۰۸^{a}
گلوبولین (گرم/میلی‌لیتر)	۱/۸۵±۰/۰۶^{d}	۲/۲±۰/۰۱^{c}	۲/۳±۰/۰۲^{b}	۲/۷±۰/۰۲^{a}
ALT[1] (U/l)	۲۱/۴±۰/۰۶^{a}	۱۷/۸±۰/۰۶^{b}	۱۷/۴±۰/۱^{b}	۱۷/۶±۰/۰۲^{b}
AST[2] (U/l)	۲۸/۰±۰/۰۳^{a}	۲۶/۵±۰/۰۶^{b}	۲۶/۰±۰/۰۵^{b}	۲۴/۸±۰/۱^{c}
کلسترول (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)	۸۵/۶±۰/۳^{a}	۷۲/۳±۰/۲^{b}	۶۹/۳±۰/۳^{c}	۷۰/۰±۰/۱^{c}
تری گلیسرید (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)	۲۰۰/۳±۰/۰^{a}	۱۹۰/۸±۴/۶^{b}	۱۸۳/۷±۱/۰^{c}	۱۷۳/۱±۰/۳^{d}
گلوکز (میلی‌گرم/میلی‌لیتر)	۶۸/۰±۰/۲^{a}	۶۲/۵±۰/۳^{b}	۵۳/۰±۰/۱^{c}	۴۵/۵±۰/۵^{d}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

[1]ALT: alanine transaminase
[2]AST: aspartate aminotransferase

(P<۰/۰۵). اگر چه از نظر متوسط حجم گلبول قرمز، متوسط هموگلوبین گلبول قرمز و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی اختلاف مشاهده شده در تیمار حاوی سطوح مختلف نانو ذره سلنیوم با تیمار شاهد معنی‌دار مشاهده نشد (P<۰/۰۵).

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم: تغییرات سطوح شاخص‌های بیوشیمیایی سرم ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف نانو ذره سلنیوم در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری در میزان فاکتورهای پروتئین کل و هموگلوبولین ماهی‌های تغذیه شده با جیره حاوی سطح ۲ میلی گرم نانو ذره سلنیوم با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد وجود دارد (P<۰/۰۵). در این پژوهش افزودن سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم به جیره موجب کاهش معنی‌دار سطح گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید خون شد و کمترین مقادیر این پارامترها در در گروه تغذیه شده با غلظت سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد دارد. بیشترین میزان آلبومین سرم در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطح ۲ میلی‌گرم نانو ذره سلنیوم نشان داد (جدول ۳) که با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی ALT و AST در تیمار شاهد در بیشترین میزان و در تیمار سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم کمترین مقدار را به‌خود

جدول ٤- میانگین شاخص آنتی اکسیدانی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) تغذیه شده با نانو ذره سلنیوم در انتهای دوره پرورشی

تیمار / شاخص	شاهد	تیمار ۱ (۰/۵ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم)	تیمار ۲ (۱ میلی‌گرم نانو سلنیوم)	تیمار ۳ (۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیم)
کاتالاز (واحد بین‌المللی/لیتر)	۲۳/۹±۱/۳^{d}	۲۸/۷±۰/۳۲^{c}	۲۹/۷±۰/۴۰^{b}	۳۰/۷±۰/۳۸^{a}
سوپراکسید دیسموتاز (واحد بین‌المللی/لیتر)	۰/۱±۰/۰۲^{d}	۰/۰±۲/۰۱^{c}	۰/۰±۳/۰۳^{b}	۰/۴ ۰±/۰۵^{a}
گلوتاتیون پراکسیداز (میکرومول/میلی‌گرم پروتئین)	۱۱/۰±۰/۰۳^{c}	۱۳/۶±۰/۱^{b}	۱۵/۴±۰/۰۷^{a}	۱۵/۶±۰/۰۸^{a}

حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

اختصاص داد (P<۰/۰۵).

شاخص آنتی‌اکسیدانی: نتایج شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی سرم ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره سلنیوم در جدول ۴ ارائه شده است. براساس، در انتهای روز ۵۶، اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز در بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مشاهده شد (P<۰/۰۵). نتایج بیانگر اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۱ و ۲ میلی گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم با تیمار ۰/۵ میلی گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم، به‌ویژه تیمار شاهد است (P<۰/۰۵). بیشترین و کمترین میزان گلوتاتیون پراکسیداز به‌ترتیب در تیمار ۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیم و شاهد و با مقدار ۲/۰±۰/۰۳ و ۳/۶±۰/۰۸ (واحد بین‌المللی/میلی‌گرم پروتئین) مشاهده شد (P<۰/۰۵).

بحث

آزمایش‌های خون‌شناسی و آنالیز اجزاء سرم به‌عنوان ابزاری مناسب در تشخیص اختلالات متابولیکی، ارزیابی وضعیت سلامتی ماهیان در شرایط پرورشی متراکم، مقاومت غیراختصاصی گونه‌های مختلف ماهی‌ها و مولدین، ارزیابی وضعیت تغذیه و ارزیابی تأثیر مواد افزودنی به غذای ماهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Adel *et al*., 2015). خون شناسی شامل درصد هماتوکریت، مقدار هموگلوبین و گلبول قرمز، یک شاخص مناسب در تعیین ظرفیت انتقال اکسیژن است و بیانگر مقدار اکسیژن در دسترس برای ماهی و شاخصی برای تعیین وضعیت سلامت ماهی می‌باشد. مقایسه نتایج حاصل از شاخص‌های خونی ماهی تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره سلنیوم در انتهای آزمایش بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز خون، هموگلوبین و هماتوکریت را در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح ۱ و ۲ میلی‌گرم نانو ذره سلنیوم نشان داد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد نشان داد. افزودن نانو ذرات سلنیوم در مقادیر گلبول‌های سفید روندی افزایشی نشان داد و بالاترین میزان گلبول‌های سفید در تیمار ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف نشان داد که بیانگر تقویت سیستم ایمنی در ماهیان تغذیه‌شده با مکمل نانو سلنیم می‌باشد و توانایی ماهی را در برابر عوامل استرس‌زا و عفونی افزایش می‌دهد. در مطالعه El-Kader و همکاران (۲۰۲۰) نیز استفاده از سطوح ۱-۰/۵ میلی‌گرم/کیلوگرم خوراک در ماهی سی‌باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) موجب بهبود شاخص‌های خونی، تعداد گلبول‌های سفید و قرمز خون، هموگلوبین و هماتوکریت در مقایسه با تیمار شاهد و ۰/۲۵ میلی-گرم/کیلوگرم خوراک شد. نتایج مطالعه حاضر با بررسی Khan و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی داشت که اثر هم‌افزایی نانوذرات سلینیوم و ویتامین C بر رشد و شاخص های فیزیولوژیک در ماهی ماهسیر (*Tor putitora*) را مورد بررسی قرار داند. در این مطالعه ماهی‌هایی که با جیره همراه با مکمل ویتامین C و نانوسلنیوم حاوی ۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم سلنیوم را همراه با ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ویتامین C تغذیه شده بودند به‌طور معنی‌داری در تعداد گلبول‌های قرمز خون، سطح هموگلوبین خون مقادیر هماتوکریت و فعالیت لیزوزیم‌ها نتایج بهتری داشتند. نتایج بررسی حاجی‌بگلو و همکاران (۱۴۰۰) نیز نشان داد که میزان گلبول‌های سفید و قرمز در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی گرم بر کیلوگرم جیره سلنیوم آلی و نانوسلنیوم بیشتر از گروه شاهد و تیمارهای تغذیه شده با سلنیوم معدنی بود. افزایش پارامترهای خونی نیز احتمالاً به‌دلیل تأثیر این مکمل در اندام‌های خون‌ساز ماهی و افزایش جذب آهن در محیط روده

ماهی تیلاپیای نیل باشد.

افزایش سطح پروتئین‌های سرم به‌عنوان شاخص مناسب برای بررسی وضعیت سیستم ایمنی ماهی مطرح می‌باشد. پروتئین کل پلاسما شامل پروتئین‌های آلبومین و گلوبولین است. تصور می‌شود که افزایش میزان گلوبولین و پروتئین سرم در ارتباط با تحریک سیستم ایمنی غیر اختصاصی میزبان باشد (Wiegertjes *et al*., 1996). نتایج نشان داد که بیشترین میزان آلبومین سرم در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با سایر تیمارها به‌ویژه تیمار شاهد داشت. افزایش میزان پروتئین کل سرم و غلظت آلبومین ممکن است در ارتباط با پاسخ غیراختصاصی ماهی باشد (Hustad *et al*., 2022). در مطالعه مشابهی، Dawood و همکاران (۲۰۱۹) اثر مکمل نانوذرات سلنیوم در سه سطح (۰/۵، ۱ و ۲) بر فاکتورهای ایمنی موکوسی و سرم، آنزیم‌های تنظیم کننده بدن و مقاومت به استرس شوری در ماهی سی‌بریم قرمز مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان دادند که سطوح ۱ و ۲ میلی‌گرم نانو ذره سلنیوم به‌طور معنی‌داری باعث افزایش پروتئین کل و فعالیت آنتی سرم نسبت به تیمار شاهد شد. در مطالعه Ziaei-nejad و همکاران (۲۰۲۱) نیز به‌دنبال استفاده از غلظت ۱ و ۲ میلی-گرم بر کیلوگرم نانوذرات سلنیوم در جیره غذایی ماهی سی بریم دم زرد (*Acanthopagrus latus*) افزایش معنی‌دار شاخص‌های پروتئین کل و گلوبولین سرم در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد.

گلوکز یکی از فاکتورهای شیمیایی خون است که به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم در تعیین وضعیت فیزیولوژیک ماهی مطرح است. با افزایش مصرف گلوکز و متابولیت‌های دیگر، ذخایر گلیکوژن و چربی‌ها کاهش یافته و به‌دنبال آن پروتئین‌ها برای تأمین انرژی شکسته می‌شوند (Iwama and Nakanishi, 1996). در این پژوهش، افزودن سطح ۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیوم به جیره موجب کاهش معنی‌دار سطح گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید خون شد و کمترین مقادیر این پارامترها در در تیمار تغذیه شده با غلظت ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم مشاهده شد. در مطالعه مشابه، Gholizadeh Zare Tavana و همکاران (۲۰۱۸) گزارش دادند که استفاده از غلظت‌های مختلف مکمل حاوی سلنیم+ساکارومایسز سرویزیه (Sel-Plex) در جیره غذایی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) در غلظت‌های ۰/۵ تا ۱/۵ گرم بر کیلوگرم جیره موجب کاهش معنی‌دار گلوکز خون شده است که علت احتمالی آن فعال شدن فرآیند سنتز گلیوکوژن در کبد ماهی است.

آنزیم‌های کبدی به‌عنوان شاخص فعالیت کبدی محسوب می‌شوند و تغییر در میزان فعالیت و ترشح آن‌ها متأثر از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، تراکم، شرایط پرورشی، نوع جیره مصرفی، سن، جنس و وضعیت سلامت ماهیان است. در مطالعه حاضر مقادیر آنزیم‌های سرمی تحت تأثیر سطوح مختلف نانو ذرات سلنیوم اضافه‌شده به جیره ماهیان، میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی ALT و AST کاهشی بوده به‌طوری‌که در تیمار شاهد بیشترین و در تیمار سطح ۲ میلی‌گرم نانو سلنیوم کمترین مقدار را به‌خود اختصاص داد. کاهش مقادیر آنزیم‌های کبدی مورد مطالعه بیانگر آن است که نانو ذرات سلنیوم فاقد ترکیبات سمی و آسیب‌رسان سلول‌های کبدی (هپاتوسیت‌ها) بوده هر چند که انجام مطالعات تکمیلی هیستوپاتولوژی برای تأیید این مسئله ضروری است. Ziaei-nejad و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیره غذایی ماهی سی‌بریم دم زرد به میزان ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم موجب بهبود شاخص‌های رشد و بیوشیمیایی سرم ماهی گردید. در این مطالعه میزان کلسترول و شاخص‌های آنزیمی کبدی در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوذرات سلنیوم کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت. در بررسیLiu و همکاران نیز (۲۰۱۸) ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idellus*) تغذیه شده با سلنیوم موجب کاهش رهاسازی ALT و AST از سلول‌های کبدی شد که این امر اثرات مثبت سلنیوم در کاهش صدمات سلولی و همچنین کاهش فعالیت این آنزیم‌ها در خون نشان می‌دهد که با نتایج حاضر مطابقت دارد.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی اولین خط دفاعی موجودات از جمله آبزیان در شرایط استرسی است و ارزیابی آن‌ها می‌تواند در بررسی وضعیت سیستم ایمنی مهم تلقی می‌شود. از جمله مهم‌ترین این آنزیم‌ها در ماهیان می‌توان به گلوتاتیون اس‌ترانسفراز، گلوتاتیون ردوکتاز و گلوتاتیون پراکسیداز اشاره کرد (Köhrle *et al*., 2000). نتایج شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی سرم ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با سطوح مختلف نانوذره سلنیوم نشان داد که در مقادیر آنزیم‌های

کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۱ و ۲ میلی گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم با تیمار ۰/۵ میلی گرم/کیلوگرم نانوذرات سلنیم اختلاف معنی‌داری وجود دارد که می‌تواند به نقش کوفاکتوری نانوذرات سلنیوم برای آنزیم‌های مذکور یا نقش سلنیوم در از بین بردن رادیکال‌های آزاد نسبت داده شود. سلنیوم به‌عنوان اجزای سازنده آنزیم‌هایی مانند گلوتاتیون پراکسیداز و همچنین سلنوپروتئین است که نقش مهمی در فرآیندهای زیستی مختلف (دفاع آنتی‌اکسیدانی و عملکرد ایمنی آبزیان) ایفا می‌کند (Wischhusen, 2020). همچنین آنتی‌اکسیدان-های سیستم دفاعی بدن به شکل سلنوسیستئین که باعث فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز می‌شود، را فعال می‌کند (Köhrle *et al*., 2000). در این مطالعه بیشترین و کمترین میزان گلوتاتیون پراکسیداز به‌ترتیب در تیمار ۲ میلی‌گرم نانو ذرات سلنیوم و شاهد و به‌ترتیب به میزان ۰/۰۳±۲/۰ و ۰/۰۸±۳/۶ (واحد بین‌المللی/ میلی‌گرم پروتئین) مشاهده شد. در مطالعه مشابه، Swain و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که استفاده از مکمل غذایی حاوی نانوذرات سلنیوم (۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک) در جیره غذایی کپور ماهی هندی (*Labeo rohita*) موجب بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز، لاکتات دهیدروژناز) ماهیان در مقایسه با تیمار شاهد شد. در مطالعه ارثی و همکاران (۱۳۹۸) نیز بیشترین میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و گلوتاتیون پراکسیداز در ماهیان شانک (*Acanthopagrus latus*) تغذیه شده با سطوح ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانو ذره سلنیوم نسبت به تیمار شاهد گزارش شد. Wang و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیان کردند که استفاده از نانوذرات روی تا سطح ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خوراک موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز ماهیان دریایی *Oryzias melastigma* و*Sciaenops ocellatus* شده است.

نتایج این مطالعه نشان داد که تأثیر سطوح مختلف نانوذره سلنیوم به‌ویژه سطح ۲ میلی‌گرم/کیلوگرم خوراک روی برخی از شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی سرم و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مورد مطالعه در ماهی تیلاپیای نیل مثبت و معنی‌دار ارزیابی شد. هر چند که انجام بررسی‌های تکمیلی جهت تعیین دوز بهینه آن و بررسی تأثیرات آن بر عملکرد رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و تراکم باکتریایی روده کاملاً ضروری به‌نظر می‌رسد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از تلاش‌ها و زحمات همه افرادی که در این تحقیق همکاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

ارثی ک.، صفاهیه ف.، علیرضا سلامات ن.، سلاطی ا.پ.، هوشمند ح. ۱۳۹۸. مقایسه اثرات خوراکی سلنیت سدیم و نانو ذره سلنیوم بر عملکرد رشد، آنزیم های کبدی و دفاع آنتی اکسیدانی ماهی شانک زرد باله. مجله علمی شیلات ایران. ۲۸(۶): ۶۸-۵۷.

حاجی بگلو ع.، سوداگر، م.، امیرپور ز. ۱۴۰۰. اثرات منابع مختلف سلنیوم جیره (سلنیت سدیم، سلنومتیونین و نانوسلنیوم) بر رشد، ایمنی و خونشناسی بچه ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان. نشریه توسعه آبزی پروری. ۱۵(۲): ۵۴-۴۱.

قائدی ع.، حسین‌زاده صحافی ه.، ضرغام د. ۱۳۹۳. نقش تغذیه در افزایش کارایی سیستم ایمنی ماهیان. آبزیان زینتی. ۱(۴): ۲۸-۲۱.

Abarike E.D., Dandi S.O., Ampofo-Yeboah A. 2022. A blend of Guava, Bitter, and Neem Leaf extracts improves haematology and resistance to co-infection of *Streptococcus agalactiae* and *Aeromonas jandaie* but not Liver health in Nile tilapia. *Fish and Shellfish Immunology Reports* 3, 100066.

Adel M., Amiri A.A., Zorriehzahra J., Nematolahi A., Esteban M.Á. 2015. Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). *Fish & Shellfish Immunology* 45(2), 841-847.

Dawit Moges F., Hamdi H., Al-Barty A., Zaid A.A., Sundaray M., Parashar S. K. S., Das B. 2022. Effects of selenium nanoparticle on the growth performance and nutritional quality in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *PloS One* 17(6), e0268348.

Dawood M.A., Koshio S., Zaineldin A.I., Van Doan H., Ahmed H.A., Elsabagh M., Abdel-Daim M.M. 2019. An evaluation of dietary selenium nanoparticles for red sea bream (Pagrus major) aquaculture: growth, tissue bioaccumulation, and antioxidative responses. *Environmental Science and Pollution Research* 26(30), 30876-30884.

Dawood M.A., Basuini M.F.E., Yilmaz S., Abdel-Latif H.M., Kari Z.A., Abdul Razab M.K.A., Gewaily M.S. 2021. Selenium nanoparticles as a natural antioxidant and metabolic regulator in aquaculture: A review. *Antioxidants* 10(9), 1364.

El-Kader A., Marwa F., Fath El-Bab A.F., Abd-Elghany M.F., Abdel-Warith A.W.A., Younis E.M., Dawood M.A. 2021. Selenium nanoparticles act potentially on the growth performance, hemato-biochemical indices, antioxidative, and immune-related genes of European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Biological Trace Element Research* 199(8), 3126-3134.

Heikkila R.E., Cabbat F. 1976. A sensitive assay for superoxide dismutase based on the autoxidation of 6-hydroxydopamine. *Analytical biochemistry*, 75(2), 356-362.

Iwama G., Nakanishi T. 1996. The fish immune system. Academic Press, London. Chapter 3: innate Immunity in fish, pp: 73-114.

Fadaei M. 2013. Effect of dietary oligosaccharide-mannan on growth performance, survival, body composition and some hematological parameters in giant sturgeon juvenile (*Huso huso* Linnaeus, 1754). *Fish Physiology and Biochemistry*, 38: 829-835.

Gholizadeh Zare Tavana B., Banaee M., Yousefi Jourdehi A., Nematdoost Haghi B., Seyed Hassani M.H. 2018. Effects of selenium (Sel-Plex) supplement on blood biochemical parameters of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 17(2), 300-312.

Goth L. 1991. A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. *Clinica Chimica Acta* 196(2-3), 143-151.

Köhrle J., Brigelius-Flohé R., Böck A., Gärtner R., Meyer O., Flohé L. 2000. Selenium in biology: facts and medical perspectives.

Khan K.U., Zuberi A., Nazir S., Fernandes J.B.K., Jamil Z., Sarwar H. 2017. Effects of dietary selenium nanoparticles on physiological andbiochemical aspects of juvenile Tor putitora. *Turkish Journal of Zoology* 40(5), 704-712.

Hustad K.S., Ottestad I., Olsen T., Sæther T., Ulven S.M., Holven K.B. 2022. Salmon fish protein supplement increases serum vitamin B12 and selenium concentrations: Secondary analysis of a randomised controlled trial. *European Journal of Nutrition* 61(6), 3085-3093.

Lawrence R.A., Burk R.F. 1976. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 71(4), 952-958.

Liu L.W., Liang X.F., Li J., Fang J.G., Yuan X.C., Li J., Alam M.S. 2018. Effects of dietary selenium on growth performance and oxidative stress in juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idellus*. *Aquaculture Nutrition* 24(4), 1296-1303.

Rasoarahona, J. R., Barnathan, G., Bianchini, J. P. and Gaydou, E. M., 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (Oreochromis niloticus, O. macrochir and Tilapia rendalli) from Madagascar. *Food Chemistry* 91(4), 683-694.

Swain H.S., Das, B.K., Upadhyay A., Ramteke M.H., Kumar,V., Meena D.K., Rawat K.D. 2022. Stocking density mediated stress modulates growth attributes in cage reared *Labeo rohita* (Hamilton) using multifarious biomarker approach. *Scientific Reports* 12(1), 1-14.

Simões L.N., Lombardi D.C., Gomide A., Gomes L.C, 2011. Efficacy of clove oil as anesthetic in handling and transportation of Nile tilapia, Oreochromis niloticus (Actinopterygii: Cichlidae) juveniles. *Zoologia (Curitiba)* 28, 285-290.

Wang J., Wang, A., Wang W.X. 2017. Evaluation of nano-ZnOs as a novel Zn source for marine fish: importance of digestive physiology. *Nanotoxicology* 11(8), 1026-1039.

Wiegertjes G.F., Stet R.M., Parmentier H.K., van Muiswinkel W.B. 1996. Immunogenetics of disease resistance in fish: a comparative approach. *Developmental & Comparative Immunology* 20(6), 365-381.

Wischhusen P. 2020. Parental selenium and antioxidant status in fish (Doctoral dissertation, Pau).

Ziaei-Nejad S., Hosseini S.M., Seyed Mortezaei S.R. 2021. Effects of Selenium Nanoparticles Supplemented Feed on Biochemical Indices, Growth and Survival of Yellow-Tail Seabream (*Acanthopagrus latus*). *Journal of Agricultural Science and Technology* 23(5), 1001-1011.

Journal Aquaculture Sciences Vol. 11, No 20, 42-51
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Effects of dietary selenium nanoparticles on hematological and biochemical indices, immune and antioxidant system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Shervin Sheikh, Fariborz Ghojoghi*, Afshin Ghelichi, Sara Jorjani

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture Sciences and Natural Resources, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran.

*Corresponding author: fariborz.ghojoghi@gmail.com

Received: 05.Feb.2023 **Accepted: 18.Mar.2023**

Abstract

This study was conducted to evaluate the effect of different concentrations of selenium nanoparticles on the hematological, serum biochemical indices, and antioxidant system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish with an average weight of 31.1±1.0 g were distributed in 12 fiberglass tanks and were fed for 56 days with different concentrations of selenium nanoparticles including 0, T1 (0.5), T2 (1) and T3 (2 mg/kg of selenium nanoparticles). The highest number of red blood cells, hemoglobin and hematocrit were observed in T2 and T3, which statistically showed a significant difference with other treatments, especially the control treatment ($P<0.05$). The results showed a significant difference in the total protein and globulin levels of fish fed with a diet containing 1 and 2 mg/kg of selenium nanoparticles. In this study, the addition of 2 mg/kg of nano selenium to the diet lead to a significant decrease in glucose, cholesterol, and triglyceride levels, and the lowest values of these parameters were observed in the group fed with 2 mg/kg of nano selenium, which is significantly different from others. The activity level of liver enzymes including ALT and AST was the highest level in the control treatment and those lowest were observed in the 2 mg/kg nano selenium treatment ($P<0.05$). There was a significant difference in the amounts of catalase and superoxide dismutase enzymes among fish fed with 1 and 2 mg/kg of selenium nanoparticles compare to the treatment of 0.5 mg/kg of selenium nanoparticles ($P<0.05$). In conclusion, the effect of different concentrations of selenium nanoparticles, especially in the concentration of 2 mg/kg, had positive effects on the hematological, biochemical indices, and antioxidant system of Nile tilapia and this nanoparticle can be a suitable agent for improving available food quality in aquaculture.

Keywords: Selenium nanoparticles, *Oreochromis niloticus*, Blood indices, Antioxidant activities