

بررسی اثرات نانوذرات سلنیوم (Nano-Se) در مقایسه با سلنیوم آلی (Selemax) بر عملکرد شاخص‌های رشد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

- **شراره احمدوند***: گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی: ۵۷۸
- **عبدالصمد کرامت‌امیرکلایی**: گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی: ۵۷۸
- **حسین اورجی**: گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، صندوق پستی: ۵۷۸
- **شیدا احمدوند**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۹۱۳۸-۱۵۷۳۹

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۳

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف نانوذرات سلنیوم (Nano-Se) در مقایسه با سلنیوم آلی (Selemax) بر عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، آزمایش ۶۰ روزه رشد در سالن آبی‌پروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. کپورها با وزن اولیه $8/60 \pm 0/05$ گرم به طور تصادفی در ۲۱ مخزن ۳۰۰ لیتری با تراکم ۴۰ قطعه ذخیره شدند به طوری که برای شش تیمار و گروه شاهد سه تکرار وجود داشت. نانوسلنیوم و سلنیوم آلی در سطوح ۰، ۰/۵، ۱/۵ و ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به جیره نیمه‌خالص اضافه گردید. تیمار ۱، تیمار ۲، تیمار ۳، تیمار ۴، تیمار ۵ و تیمار ۶ به ترتیب، با جیره‌های حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم، ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم، ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم، ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی، ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی و ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم آلی تغذیه شدند. گروه شاهد با جیره پایه، بدون اضافه کردن سلنیوم مورد تغذیه قرار گرفتند. بچه‌ماهی‌ها روزانه حدود ۳٪ وزن بدن، در سه وعده تغذیه شدند و هر دو هفته یک‌بار زیست‌سنجی انجام گردیدند. در پایان دوره آزمایش شاخص‌های رشد و بقا بررسی شد. نتایج نشان داد که اضافه کردن نانوسلنیوم و سلنیوم آلی در تیمارهای غذایی، وزن نهایی، نرخ رشدویژه (SGR)، درصد وزن به دست آمده بدن (WG%) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) را تحت تأثیر قرار داد. تفاوت آماری معنی‌داری ($p < 0/05$) در تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ در مقایسه با گروه شاهد در وزن نهایی، وزن به دست آمده روزانه، نرخ رشدویژه، درصد وزن به دست آمده بدن و ضریب تبدیل غذایی وجود داشت. بیشترین مقدار وزن نهایی، نرخ رشدویژه و درصد وزن به دست آمده بدن در ماهیان تغذیه شده با ۱/۵ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم، پس از آن ۴/۵ و سپس ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم و کمترین میزان در ماهیان تغذیه شده با جیره پایه مشاهده شد. نرخ بقا به وسیله تیمارهای غذایی تحت تأثیر قرار نگرفت؛ بنابراین بهترین عملکرد رشد در کپورهای تغذیه شده با سطح ۱/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم در جیره به دست آمد. در سطوح یکسان، اثر استفاده از سلنیوم به فرم نانوذره بیش‌تر از فرم آلی آن بود.

کلمات کلیدی: نانوذرات سلنیوم، Selemax، رشد، *Cyprinus carpio*



مقدمه

جدا شده و نیز مواد درشت هستند (Wang و همکاران، ۲۰۰۷؛ Albrecht و همکاران، ۲۰۰۶) که مربوط به نسبت سطح به حجم بالای آن‌هاست (شبه‌رنگ‌ه‌دهشت و میروافقی، ۱۳۹۱). خواص آن‌ها باعث شده که کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع مختلف داشته باشند. این خواص منحصر به فرد، توجه دانشمندان و محققان را به خود جلب کرده است (Liu، ۲۰۰۶). نانوذرات سلنیوم قابلیت دسترسی قابل ملاحظه‌ای دارند (Zhang و همکاران، ۲۰۰۸)، به علاوه نانوذرات سلنیوم موجود در جیره غذایی می‌تواند به افزایش وزن نهایی ماهی، افزایش درصد وزن به دست آمده، افزایش سطح آنتی‌اکسیدان و غلظت سلنیوم در عضلات ماهی کپور کاراسین (*Carassius auratus gibelio*) منجر شود (Zhou و همکاران، ۲۰۰۹)، Wang و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که مکمل سلنیوم ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌تواند عملکرد رشد ماهی کپور کاراسین را بهبود بخشد.

کپور معمولی به منظور تأمین نیاز پروتئینی انسان‌ها تقریباً در تمام دنیا پرورش داده می‌شود (Tokur و همکاران، ۲۰۰۶) و یکی از گونه‌های مهم پرورشی کشور را به خود اختصاص داده است (خرمگاہ و همکاران، ۱۳۸۶). با وجود اهمیت اقتصادی کپور معمولی اطلاعات زیادی در مورد نیازهای غذایی آن به خصوص عناصر کم‌نیاز مثل سلنیوم و کارایی انواع آن در این ماهی وجود ندارد. بنابراین با توجه به محدود بودن اطلاعات در رابطه با اثرات استفاده از نانوذرات سلنیوم در تغذیه آبزیان، این مطالعه، با هدف بررسی اثرات نانوذرات سلنیوم در مقایسه با سلنیوم آلی روی عملکرد رشد در بچه‌ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی رژیم غذایی: برای انجام این تحقیق نانوذرات سلنیوم از شرکت نانومواد کیمیاگران و سلنیوم آلی (Selemax)^۱ از شرکت Biorigin (برزیل) تهیه شد. مشخصات منابع سلنیوم مذکور در جدول ۱ آمده است. بعد از تعیین فرمولاسیون جیره نیمه‌خالص مطابق با نیازمندی‌های کپور معمولی که در جدول ۲ نشان داده شده است، رژیم غذایی بچه ماهیان

در میان اجزای جیره، مواد معدنی از اهمیت خاصی برخوردارند زیرا با وجود این‌که در جیره به میزان کم به کار می‌روند ولی بر فیزیولوژی و متابولیسم عمومی بدن مؤثرند (علیزاده، ۱۳۸۸). سلنیوم (Se) یک ریزمغذی ضروری برای حفظ رشد طبیعی و سوخت و ساز بدن ماهی است (Hamilton، ۲۰۰۴). یکی از اعمال مهم سلنیوم وجودش به عنوان جزء جدایی‌ناپذیر آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز (GPX) است (Rotruck و همکاران، ۱۹۷۳) که از آسیب دیواره سلولی جلوگیری می‌کند (Rey و همکاران، ۲۰۰۰). وجود سلنیوم در غذا برای عملکرد طبیعی فیزیولوژیک ماهی مورد نیاز است (Bell و همکاران، ۱۹۸۶؛ Hilton و همکاران، ۱۹۸۰). اهمیت سلنیوم در سوخت و ساز از طریق عواقب نامطلوب کمبود سلنیوم و یا بیش از حد بودن سلنیوم در ماهیان مشخص می‌گردد که به عواملی مانند گونه و نوع سلنیوم بستگی دارد (Madrid و Pedrero، ۲۰۰۹). کمبود سلنیوم می‌تواند به توقف رشد، از دست دادن اشتها، مرگ و میر، آسیب اکسیداتیو سلول‌ها و غشاها منجر شود و عملکرد دفاعی میزبان را کاهش دهد (Watanabe و همکاران، ۱۹۹۷؛ Felton و همکاران، ۱۹۹۶؛ Exon و Koller، ۱۹۸۶). سلنیوم در برخی ماهیان مانند ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (Vidal و همکاران، ۲۰۰۵؛ Bell و همکاران، ۱۹۸۵؛ Hilton و Hodson، ۱۹۸۳؛ Hilton و همکاران، ۱۹۸۰)، گربه ماهی (Gatlin و Wilson، ۱۹۸۴)، ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Lorentzen و همکاران، ۱۹۹۴) و ماهی هامور جوان (Lin و Shiau، ۲۰۰۵) مورد مطالعه قرار گرفته است.

فرم و شکل سلنیوم عامل مهمی است. سلنیوم به دو شکل آلی و معدنی در غذای آبزیان استفاده می‌شود. قابلیت استفاده ماهی از منابع آلی نسبت به منابع معدنی بیش‌تر است (Zhou و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wang و Lovell، ۱۹۹۷؛ Bell و Cowey، ۱۹۸۹) در ماهی، سلنیوم آلی با سهولت بیش‌تری جذب می‌شود و زیست‌فراهمی و اثرات آن بر سلامت، از فرم غیر آلی بیش‌تر است (Wang و همکاران، ۲۰۰۷؛ Wang و Lovell، ۱۹۹۷؛ Lorentzen و همکاران، ۱۹۹۴). علاوه بر این، سلنیوم آلی در افزایش فعالیت آنزیم گلوکوتاتیون پراکسیداز در ماهی کپور معمولی مؤثرتر است (Jovanovic و همکاران، ۱۹۹۷). در این مطالعه Selemax به عنوان منبع سلنیوم آلی در نظر گرفته شد. از شکل‌های دیگر سلنیوم، شکل نانوذره (Nano-Se) آن است؛ مواد در ابعاد نانومتری دارای خواص متفاوتی از هر دو اتم

۱. Selemax یک مخمر خشک غیرفعال و شامل سطوح بالای سلنیوم آلی است که از تخمیر بیولوژیک سلنیوم غیرآلی توسط یک گونه اختصاصی از ساکارومایسس سرویسیه نتیجه شده است. سلنیوم در Selemax به فرم آلی تبدیل و با اسیدهای آمینه باند می‌شود و به صورت Selenomethionine (SeMet) با قابلیت دسترسی بالاتر درمی‌آید.



شوند، نانوسلنیوم یا سلنیوم آلی به‌دقت و آرام‌آرام به‌همراه آب مقطر به مواد تشکیل‌دهنده رژیم غذایی اضافه و باهم مخلوط شدند. خمیر حاصل در اندازه ۲ میلی‌متر به‌صورت پلت آماده و در مقابل پنکه خشک شد. سپس این جیره در ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان استفاده نگهداری شد.

در هفت تیمار (تیمارهای ۱، ۲ و ۳ به‌ترتیب با افزودن سطوح ۰/۵، ۱/۵ و ۴/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم غذای خشک به جیره پایه و تیمارهای ۴، ۵ و ۶ به‌ترتیب با افزودن سطوح ۰/۵، ۱/۵ و ۴/۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی در کیلوگرم غذای خشک به جیره پایه و تیمار شاهد، شامل جیره پایه (بدون اضافه کردن منبع سلنیوم) تهیه شد. برای این‌که مواد به‌اندازه کافی ترکیب

جدول ۱: خصوصیات نانوذرات سلنیوم (Nano-Se) و سلنیوم آلی (Selemax) استفاده‌شده در جیره‌های آزمایشی

ماده	اندازه ذره	درصد خلوص	حالت	محدوده رنگ	غلظت (قسمت در میلیون)
نانوذرات سلنیوم	کم‌تر از ۵۰ نانومتر	+۹۹٪	محلول کلئیدی	نارنجی-قرمز	۱۰۰۰
سلنیوم آلی	-	+۹۸٪ (محتوی ۷۰٪ سلنومتیونین)	پودر	زرد کدر	۲۰۰۰

شدند و گزارش روزانه از غذای ارائه شده و باقی‌مانده، ثبت گردید. هر دو هفته یک‌بار ماهیان به‌صورت کلی وزن شدند تا میزان غذای آن‌ها تعیین گردد. باقی‌مانده غذا در صورت وجود یک ساعت پس از غذادهی و مدفوع ماهیان نیم ساعت قبل از غذادهی وعده بعدی توسط آب‌شویه کردن برداشته و تا حدی آب تعویض شده و به مخازن، آب تازه چاه ارائه شد و هر سه روز، مخازن تمیز گردید. اکسیژن محلول به‌وسیله پمپ هوای مرکزی و سنگ هواهای موجود در هر تانک تأمین شد. آزمایش در ماه پاییز انجام و دوره نوری ۱۱ ساعت نور و ۱۳ ساعت تاریکی بود. برای کنترل کیفیت آب، درجه حرارت (با دماسنج آزمایشگاهی) و اکسیژن محلول (با اکسیژن متر Aqua LYTIC ALS) به‌صورت روزانه و آنالیزهای هفتگی برای سطوح آمونوم کل (با استفاده از کیت AQUA شرکت Sera، آلمان)، pH، هدایت الکتریکی آب (EC)، کل نمک‌های محلول (TDS) و شوری (با استفاده از دستگاه HACH مدل DREL 2400) انجام شد. به‌دلیل انجام دوره آزمایش در فصل پاییز، دمای آب بین ۱۷-۲۴ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۶/۵-۵/۱ میلی‌گرم در لیتر، آمونوم کل کم‌تر از ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر، pH ۷/۱-۷/۹، هدایت الکتریکی ۱۱۵۰-۱۱۱۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، شوری ۰/۶ قسمت در هزار و کل نمک‌های محلول ۶۴۷ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. آزمایش رشد به‌مدت ۶۰ روز به‌طول انجامید.

نمونه‌گیری و روش‌های تجزیه: در پایان آزمایش، همه ماهیان هر مخزن با پودر میخک بی‌هوش شده و طول و وزن ماهیان اندازه‌گیری شد. وزن ماهیان در ابتدا و پایان آزمایش به‌ترتیب به‌عنوان وزن اولیه و وزن نهایی تحت تیماربندی، ثبت گردید. بقادر ماهیان نیز با شمارش ماهیان در هر مخزن محاسبه شد. به‌منظور بررسی عملکرد رشد و بقا در پایان آزمایش متغیرهای زیر محاسبه گردید (Hardy و Barrows, ۲۰۰۲):

جدول ۲: فرمولاسیون جیره پایه (در وزن خشک)

جزء	درصد
کازئین	۳۲/۵
ژلاتین	۱۲
نشاسته ذرت	۳۲
سلولز	۷/۵
روغن ذرت	۹
کربوکسی‌متیل سلولز	۲
پیش‌مخلوط معدنی*	۳
پیش‌مخلوط ویتامینی**	۱
مونوکلسیم فسفات	۱

* پیش‌مخلوط معدنی بر طبق جدول NRC (۱۹۸۳) و فاقد سلنیوم ارائه شد.
** پیش‌مخلوط ویتامینی بر طبق جدول NRC (۱۹۸۳) ارائه شد.

ماهی و طرح آزمایش: بچه‌ماهیان کپور معمولی سالم در پاییز ۱۳۹۲ از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرمابی نصر در ساری، تهیه و به سالن و نیروی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با سیستم فاقد جریان منتقل گردید. قبل از آزمایش، بچه‌ماهیان به‌مدت ۲ هفته به شرایط آزمایشگاهی سازگار شدند. در طول سازگاری، سه بار در روز با غذای پایه تغذیه شدند. قبل از آزمایش، ماهیان برای یک روز غذادهی نشدند؛ سپس کپورهای معمولی در ۲۱ مخزن فایبرگلاس استوانه‌ای (۳۰۰ لیتری و حجم آبگیری ۲۵۰ لیتر) (تکرار=۳) با تراکم اولیه ۴۰ قطعه توزیع شدند. تمام کپورها با وزن اولیه مشابه (۸/۶±۰/۰۵ گرم) بودند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار (تیمارهای شاهد، ۱، ۲ و ۳ (نانوسلنیوم)، ۴، ۵ و ۶ (سلنیوم آلی)) انجام شد. در طول این آزمایش، ماهیان سه بار در روز در ساعت‌های ۸:۰۰، ۱۴:۰۰ و ۲۰:۰۰ به‌میزان تقریباً ۳٪ کل وزن بدن تغذیه



افزایش وزن	=	وزن اولیه بدن - وزن نهایی بدن
درصد وزن به‌دست‌آمده بدن (%WG)	=	۱۰۰ / وزن اولیه بدن × (وزن اولیه بدن - وزن نهایی بدن)
وزن به‌دست‌آمده روزانه (DWG)	=	تعداد روزها / (میانگین وزن اولیه بدن - میانگین وزن نهایی بدن)
بازده خوراک (FE)	=	مصرف غذا / (وزن اولیه بدن - وزن نهایی بدن)
نرخ رشد ویژه (SGR)	=	۱۰۰ × دوره پرورش (روز) / (وزن اولیه Ln - وزن نهایی Ln)
فاکتور وضعیت (CF)	=	۱۰۰ × (طول ۳ / وزن نهایی بدن)
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	=	(وزن کل مرگومیر + وزن کل اولیه - وزن کل نهایی) / (کل مانده غذا - کل غذای مصرفی)
نرخ بقا	=	۱۰۰ × (تعداد اولیه ماهیان / تعداد نهایی ماهیان)

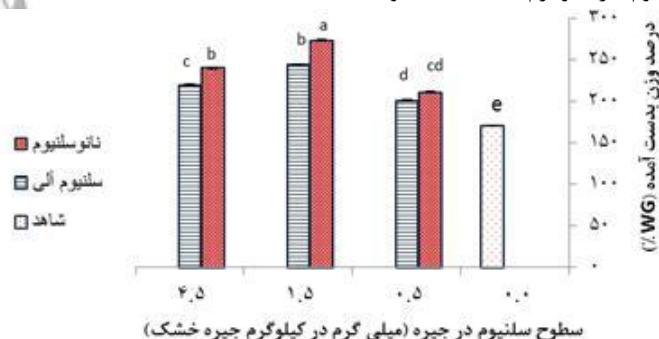
بهترین عملکرد رشد را با بیش‌ترین مقدار وزن نهایی، وزن به‌دست آمده روزانه، درصد وزن به‌دست‌آمده بدن و نرخ رشد ویژه نشان داد ($p < 0.05$)، پس از آن به‌ترتیب، از بیش‌ترین به کم‌ترین در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۱/۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی، ۴/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم، ۴/۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی، ۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم و ۰/۵ میلی‌گرم سلنیوم آلی در کیلوگرم مشاهده شد. کم‌ترین میزان وزن نهایی، وزن به‌دست‌آمده روزانه، درصد وزن به‌دست‌آمده بدن، نرخ رشد ویژه، بازده خوراک و بیش‌ترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در ماهیانی بود که با جیره غذایی پایه (تیمار شاهد) تغذیه شدند ($p < 0.05$). میزان بقا پس از ۶۰ روز پرورش تحت تأثیر تیمارهای غذایی قرار نگرفت ($p < 0.05$). ماهیان تیمارهای آزمایشی که با نانوسلنیوم مورد تغذیه قرار گرفتند نسبت به سطح مشابه خود که با سلنیوم آلی تغذیه شدند از نظر شاخص‌های مذکور مقدار بیش‌تر را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). در این مورد به‌عنوان نمونه در شکل ۱ درصد افزایش وزن نشان داده شده است. در واقع در سطوح یکسان، استفاده از سلنیوم به شکل نانوذره از فرم آلی آن تأثیر بیش‌تری بر عملکرد رشد دارد. فاکتور وضعیت در کپور ماهیان معمولی گروه شاهد در مقایسه با ماهیان تیمارهای آزمایشی ۱ تا ۶ در مدت ۶۰ روز اختلاف معنی‌دار نشان نداد ($p < 0.05$) (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل آماری: این تحقیق در قالب طرح کاملاً

تصادفی انجام گرفت. برای مشاهده تأثیر منابع سلنیوم بر عملکرد رشد ماهیان کپور پس از تجزیه و تحلیل یک‌طرفه واریانس (One-Way ANOVA)، آزمون دانکن برای تشخیص وجود یا عدم وجود معنی‌داری اختلاف میانگین بین گروه‌ها استفاده شد. اثرات با احتمال $p \leq 0.05$ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ و ویندوز ۷ انجام شد.

نتایج

منابع مختلف سلنیوم روی کیفیت آب هیچ اثری نداشت. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان کپور معمولی در تیمارهای مختلف نشان داد با آن‌که در ابتدای دوره آزمایش در وزن اولیه تیمارها (وزن اولیه مشابه 8.60 ± 0.05 گرم) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p < 0.05$) ولی وزن نهایی، وزن به‌دست‌آمده روزانه، درصد وزن به‌دست‌آمده بدن، نرخ رشد ویژه، بازده خوراک و ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تیمارهای ۱ تا ۶ که با نانوسلنیوم و سلنیوم آلی تغذیه شدند در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($p < 0.05$). در میان تیمارهای شاهد و آن‌هایی که با نانوسلنیوم و سلنیوم آلی تغذیه شده بودند، تیمار ۲ که با ۱/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم تغذیه شده بود



شکل ۱: نمودار مقایسه درصد وزن به‌دست‌آمده بدن (%WG) در اثر تغذیه بچه‌ماهیان کپور با سه سطح نانوسلنیوم، سلنیوم آلی و بدون مکمل سلنیوم (گروه شاهد)

حروف مختلف بالای ستون‌های نمودار، اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین سطوح مختلف سلنیوم جیره را در شاخص درصد وزن به‌دست‌آمده بدن نشان می‌دهد.



جدول ۳: عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با جیره حاوی منابع مختلف سلنیوم در سه غلظت به مدت ۶۰ روز

گروه/ تیمار	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶
غلظت سلنیوم	۰	۰/۵	۱/۵	۴/۵	۰/۵	۱/۵	۴/۵
وزن اولیه (گرم)	۸/۵۷±۰/۰۲ ^a	۸/۵۸±۰/۰۲ ^a	۸/۵۹±۰/۰۸ ^a	۸/۶۰±۰/۰۵ ^a	۸/۵۷±۰/۰۳ ^a	۸/۶۳±۰/۰۴ ^a	۸/۶۴±۰/۰۵ ^a
وزن نهایی (گرم)	۲۳/۲۴±۰/۲۳ ^f	۲۶/۷۲±۰/۷۸ ^d	۳۲/۱۳±۰/۵۰ ^a	۲۹/۳۱±۰/۴۸ ^b	۲۵/۸۳±۰/۴۸ ^e	۲۹/۷۴±۰/۲۹ ^b	۲۷/۶۷±۰/۴۵ ^c
وزن به دست آمده روزانه (گرم)	۰/۲۴±۰/۰۰۵ ^e	۰/۳۰±۰/۰۱ ^d	۰/۳۹±۰/۰۱ ^a	۰/۳۴±۰/۰۰۵ ^b	۰/۲۸±۰/۰۰۵ ^d	۰/۳۵±۰/۰۰۵ ^b	۰/۳۱±۰/۰۰۵ ^c
نرخ رشد ویژه (درصد)	۱/۶۶±۰/۰۱ ^e	۱/۸۹±۰/۰۴ ^{cd}	۲/۲۰±۰/۰۴ ^a	۲/۰۴±۰/۰۲ ^b	۱/۸۴±۰/۰۳ ^d	۲/۰۶±۰/۰۱ ^b	۱/۹۴±۰/۰۳ ^c
فاکتور وضعیت (درصد)	۱/۷۰±۰/۰۲ ^b	۱/۷۰±۰/۰۹ ^b	۱/۴۷±۰/۰۳ ^d	۱/۶۰±۰/۰۴ ^c	۱/۸۱±۰/۰۲ ^a	۱/۵۱±۰/۰۴ ^d	۱/۶۲±۰/۰۴ ^{bc}
بازده خوراک	۰/۵۴±۰ ^c	۰/۵۷±۰/۰۱ ^{ab}	۰/۵۷±۰ ^{ab}	۰/۵۷±۰/۰۱ ^{ab}	۰/۵۸±۰/۰۱ ^a	۰/۵۶±۰ ^b	۰/۵۶±۰ ^b
ضریب تبدیل غذایی	۱/۸۴±۰ ^a	۱/۷۵±۰/۰۳ ^{bc}	۱/۷۳±۰/۰۲ ^c	۱/۷۶±۰/۰۲ ^{bc}	۱/۷۲±۰/۰۳ ^c	۱/۷۷±۰/۰۲ ^{bc}	۱/۷۸±۰ ^b
نرخ بقا (%)	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار (۳ تکرار) بیان شده است. حروف مختلف برای میانگین‌های موجود در یک سطر مشابه، اختلاف معنی‌دار ($p < 0.05$) بین سطوح مختلف سلنیوم جیره را نشان می‌دهد.

بحث

روزانه، درصد وزن به دست آمده بدن و ضریب رشد ویژه در تیمار ۲ نسبت به ۵ و ۳ نسبت به ۶ بیش تر بود ($p < 0.05$)؛ اما ماهیان تیمار ۱ نسبت به ۴ از نظر وزن نهایی دارای تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) و از نظر شاخص‌های مذکور دیگر، تفاوت معنی‌دار نشان ندادند ($p < 0.05$). در واقع این نتایج گویای این است که در سطوح یکسان، تأثیر استفاده از سلنیوم به فرم نانوذره از فرم آلی آن بیش تر است که می‌توان این نتیجه را با خصوصیات ویژه نانوذرات توجیه نمود. نتایج این مطالعه به روشنی نشان داد که نانوسلنیوم در سطح ۱/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، بیش‌ترین افزایش را در وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، درصد وزن به دست آمده بدن و ضریب رشد ویژه در بچه ماهیان کپور معمولی به وجود آورد. به همین ترتیب در آزمایش Han و همکاران (۲۰۱۱) نیازمندی مناسب برای ماهی کپور کاراسین ۱/۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره به دست آمد که به نتایج این مطالعه نزدیک است. هم‌چنین نتایج مطالعه Elia و همکاران (۲۰۱۱) روی کپور معمولی در دو دوز ۰/۲۵ و ۱ میلی‌گرم سلنیوم بر کیلوگرم نشان داد که جیره حاوی ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم، رشد سریع‌تری در طول کل و وزن نسبت به تیمار تغذیه شده با ۰/۲۵ میلی‌گرم سلنیوم به وجود آورد. طبق مطالعه حاضر بهترین عملکرد رشد، در ماهیان تغذیه شده با ۱/۵ میلی‌گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره برای ماهیان کپور معمولی اتفاق افتاد و این مقدار برای کپور معمولی بالاتر از مقداری است که برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۰/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم، Hilton و همکاران (۱۹۸۰)، گربه ماهی کانالی (۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، Gatlin و Wilson (۱۹۸۴)، گروپر (۰/۷۷ میلی‌گرم

سلنیوم یک عنصر ضروری برای ماهیان است (Hamilton, ۲۰۰۴). Lin و Shiao (۲۰۰۵)، بیان داشتند که ماهی Grouper (نوعی ماهی دریاهای گرمسیر) به سلنیوم نیازی دارد که این نیاز نمی‌تواند از طریق رژیم فاقد مکمل سلنیوم تأمین شود. Lin و Shiao (۲۰۰۵) و Wang و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که کمبود سلنیوم ممکن است توقف رشد را نتیجه دهد و جیره مکمل شده سلنیوم می‌تواند عملکرد رشد ماهی را بهبود بخشد. همان‌طور که Gatlin و Wilson (۱۹۸۴) نیز با مطالعه بر گربه ماهی کانالی (*Zcatalurus punctatus*) بیان داشتند که رشد به واسطه سلنیوم جیره غذایی تحت تأثیر قرار گرفت و در آزمایش Zhou و همکاران (۲۰۰۹) روی کپور کاراسین به وضوح مشخص شد که سلنیوم مکمل شده در رژیم غذایی توانست وزن نهایی و درصد وزن به دست آمده را بهبود بخشد، نتایج این مطالعه نیز تأثیر سطوح سلنیوم بر عملکرد رشد را نشان داد. در مطالعه Zhou و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده شد که میزان درصد وزن به دست آمده در ماهیانی که در غذایشان نانوسلنیوم مکمل شده بیش از ماهیانی است که با سلنیوم آلی (سلنومیتوین) تغذیه شدند ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. در این آزمایش نیز ماهیان تیمارهای آزمایشی که با نانوسلنیوم مورد تغذیه قرار گرفتند نسبت به سطح مشابه خود که با سلنیوم آلی (تیمار ۱ نسبت به ۴، ۲ نسبت به ۵ و ۳ نسبت به ۶) تغذیه شدند از نظر وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، درصد وزن به دست آمده بدن و نرخ رشد ویژه مقدار بیش تر را به خود اختصاص دادند و این افزایش در شاخص‌های وزن نهایی، افزایش وزن



مختلف سلنیوم زیست‌فراهمی مختلفی دارند (Wang و Lovell، ۱۹۹۷) و این بر نیاز ماهیان به سلنیوم اثر می‌گذارد. فرم سلنیوم مورد استفاده در مطالعات Gatlin و Wilson (۱۹۸۴) و Lin و همکاران (۱۹۸۰)، سلنیت سدیم بود؛ درحالی‌که Lin و Shiau (۲۰۰۵)، Abdel-Tawwaba و همکاران (۲۰۰۷) و Han و همکاران (۲۰۱۱) مانند این مطالعه از سلنیوم آلی استفاده نمودند. اگرچه شکل‌های آلی و غیرآلی از مانع روده عبور می‌کنند ولی Zhou و همکاران (۲۰۰۹) با توجه به نتایج مقایسه‌ای که روی نانوسلنیوم و سلنومتیونین انجام دادند عنوان نمودند که نانوسلنیوم و سلنومتیونین مسیره‌های مختلف متابولیکی داشتند. به‌طور کلی آزمایش‌ها بر روی حیوانات نشان داده که زیست‌فراهمی اشکال آلی سلنیوم (سلنومتیونین) بالاتر از اشکال معدنی (سلنیت سدیم) آن بود (Smith و Picciano، ۱۹۸۷؛ Levander، ۱۹۸۳). زمانی که متیونین محدود یا کاتابولیزه است سلنومتیونین می‌تواند با انتشار و ورود سلنیوم که به ذخیره‌گاه دیگر وارد می‌شود در پروتئین ذخیره شود؛ بنابراین زیست‌فراهمی سلنیوم نه فقط به جذب آن در روده، هم‌چنین در تبدیل آن به یک شکل بیولوژیکی فعال بستگی دارد (Foster و Sumar، ۱۹۹۵). نانوسلنیوم در شرایط القای سلنواکزیم‌ها در سلول‌های کشت داده شده و در موش‌های صحرایی که کمبود سلنیوم داشتند، زیست‌فراهمی مشابهی داشت (Zhang و همکاران، ۲۰۰۱)؛ بنابراین نانوسلنیوم ممکن است با طی مسیر متابولیکی متفاوت نسبت به دیگر سلنیوم‌های معدنی، زیست‌فراهمی متفاوتی داشته و به‌صورتی دیگر عمل کرده و با اثر بیش‌تر، در نهایت به عملکرد بهینه رشد منجر گردد.

اهمیت سلنیوم و میزان نیاز به آن به گونه نیز بستگی دارد (Pedrero و Madrid، ۲۰۰۹) و نیاز به سلنیوم ممکن است در گونه‌های ماهیان متفاوت باشد (Lorentzen و همکاران، ۱۹۹۴). از سوی دیگر میزان نیازمندی و سمیت سلنیوم خیلی به هم نزدیک است (Watanabe و همکاران، ۱۹۹۷). DeForest و همکاران (۱۹۹۹) بیان داشتند که ماهیان سردآبی نسبت به سمیت سلنیوم از ماهیان گرمایی حساس‌تر بودند و کپور معمولی که از ماهیان گرمایی است به سمیت سلنیوم مقاومت نشان داد (Hamilton، ۲۰۰۴)، Vidal و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش نمودند که لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان که به مدت ۹۰ روز با جیره حاوی ۴/۶ میلی‌گرم سلنومتیونین در کیلوگرم تغذیه شدند کاهش معنی‌داری در وزن بدن و طول چنگالی در مقایسه با گروه شاهد داشتند، هم‌چنین Hamilton و همکاران (۱۹۹۰) در ماهیان آزاد چینوک تغذیه‌شده با جیره حاوی ۵

در کیلوگرم، Lin و Shiau (۲۰۰۵) و ماهی کپور کاراسین (۱/۱۸ میلی‌گرم در کیلوگرم، Han و همکاران (۲۰۱۱)، گزارش شده است. ولی Abdel-Tawwaba و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی که روی گربه‌ماهی آفریقایی انجام دادند بیان داشتند که نیاز این ماهی به سلنیوم ۳/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم است. Lorentzen و همکاران (۱۹۹۴) و Monteiro و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که جیره‌های مکمل شده با اشکال سلنیوم معدنی و یا آلی از سطوح ۱ تا ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، رشد گونه‌های ماهی را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. در مقابل نتایج مطالعه Gaber (۲۰۰۹) نشان داد که جیره غذایی مکمل شده با ۰/۱۲ و ۰/۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم رشد و بقای بچه و کپورهای نوجوان را بهبود بخشید، درحالی‌که سطح سلنیوم بالاتر (۰/۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) رشد گونه‌ها را کاهش داد. به‌نظر می‌رسد در ماهیان میزان نیاز به سلنیوم در جیره غذایی و تغییرات در رشد به‌عوامل مختلفی مرتبط باشد و با وجود آن‌که روی اثرات اشکال سلنیوم و نیازمندی ماهی کپور معمولی مطالعات کمی صورت گرفته است در ادامه به دلایل احتمالی وجود اختلاف در نتایج مطالعات انجام شده در ماهیان مختلف پرداخته می‌شود.

ماهیان می‌توانند سلنیوم را به‌طور مستقیم از آب اندوخته یا ذخیره کنند، اما مسیر غالب جذب سلنیوم از مواد غذایی است (Watanabe و همکاران، ۱۹۹۷). غلظت سلنیوم در آب پرورش نیز می‌تواند روی نتایج مطالعه تأثیر گذارد (Liu و همکاران، ۲۰۱۰). محدوده غلظت سلنیوم انتقالی از راه آب در مطالعات Gatlin و Wilson (۱۹۸۴) و Hilton و همکاران (۱۹۸۰)، ۲/۵-۰/۴ میکروگرم سلنیوم بر لیتر بود، درحالی‌که غلظت سلنیوم آب پرورش در مطالعات Lin و Shiau (۲۰۰۵) و Abdel-Tawwaba و همکاران (۲۰۰۷) قابل تشخیص نیست. در این مطالعه، سطح سلنیوم آب محل پرورش بسیار ناچیز و قابل اغماض بود و نتایج حاضر نشان داد که کپور معمولی به سلنیوم به‌میزانی نیاز دارد که نمی‌تواند آن را از طریق جیره غذایی بدون مکمل و محیط آب تأمین کند. به‌طوری‌که شاخص‌های رشد (وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، درصد وزن به‌دست آمده بدن و ضریب رشد ویژه) در ماهیان تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار بود ($p < 0.05$)؛ Han و همکاران (۲۰۱۱) نیز در آزمایش خود روی ماهی کپور کاراسین به این نتیجه رسیدند. به‌نظر می‌رسد تغییرات در رشد به‌شدت به غلظت و اشکال شیمیایی سلنیوم وابسته باشد (Elia و همکاران، ۲۰۱۱) و فرم سلنیوم مکمل شده عامل مهمی است چراکه اشکال



مؤثرتر از سلنیوم آلی ظهور یافت و بیشترین عملکرد رشد در بچه ماهیان کپور تغذیه شده با سطح ۱/۵ میلی گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره مشاهده شد.

تشکر و قدردانی

از اساتید و کارمندان محترم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشکده علوم دامی و شیلات برای فراهم کردن امکانات این تحقیق، به ویژه آقای دکتر فیروزبخش، خانم دکتر یگانه و همکاری صمیمانه آقای مهندس خلیلی نهایت سپاس را دارد. همچنین از جناب آقای دکتر نظری، آقای مهندس عمادی، آقای مهندس نوری و کارکنان شرکت خوراک آبزیان تشکر می‌گردد.

منابع

۱. خرمگاه، م.؛ رضایی، م.؛ اجاق، س.م. و باباخانی لشکان، آ.، ۱۳۸۶. مقایسه ارزش‌های تغذیه‌ای و اسیدهای چرب امگا ۳ عضله‌های پشتی و شکمی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) وحشی و پرورشی. مجله علوم و فنون دریایی. دوره ۶، شماره ۳ و ۴، صفحات ۳۱ تا ۳۷.
۲. شبه‌رنگ‌هره‌دشت، م. و میروافقی، ع.ر.، ۱۳۹۱. کاربردهای فناوری نانو در شیلات. ماهنامه فناوری نانو. سال ۱۱، شماره ۶، صفحات ۱۳ تا ۱۵.
۳. علیزاده، م.، ۱۳۸۸. در ترجمه تغذیه و غذادهی ماهی و سخت پوستان. گیوم، ج.، کاشیک، س.، پراگات، پ. و متیلر، ر. چاپ اول. تهران. موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۸۹ صفحه.
4. **Abdel-Tawwaba, M.; Mousaa, M.A.A. and Abbass, F.E., 2007.** Growth performance and physiological response of African catfish, *Clarias gariepinus* (B.) fed organic selenium prior to the exposure to environmental copper toxicity. *Aquac.* Vol. 272, pp: 335-345.
5. **Albrecht, M.A.; Evans, C.W. and Raston, C.L., 2006.** Green chemistry and the health implications of nanoparticles. *Green Chem.* Vol. 8, pp: 417-432.
6. **Baker, R.T.M. and Davies, S.J., 1997.** The quantitative requirement for alpha-tocopherol by juvenile African catfish. *Burchell. Anim. Sci.* Vol. 65, pp: 135-142.
7. **Bell, J.G. and Cowey, C.B., 1989.** Digestibility and bioavailability of dietary selenium from fishmeal, selenite, selenomethionine and selenocystine in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquac.* Vol. 81, pp: 61-68.
8. **Bell, J.G.; Cowey, C.B.; Adron, J.W. and Shanks, A.M., 1985.** Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout. *British J. of Nutr.* Vol. 53, pp: 149-157.
9. **Bell, J.G.; Pirie, B.J.S.; Adron, J.W. and Cowey, C.B., 1986.** Some effects of selenium deficiency on glutathione peroxidase activity and tissue pathology in rainbow trout. *British J. of Nutr.* Vol. 55, pp: 305-311.
10. **De Forest, D.K.; Brix, K.V. and Adams, W.J., 1999.** Critical review of proposed residue-based selenium

میلی گرم سلنیوم، کاهش رشد را مشاهده کردند و مطرح نمودند که جیره محتوی ۶/۵ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم سبب مرگ و میر ماهیان شد، اما در مطالعه Han و همکاران (۲۰۱۱)، سلنیوم در غلظت ۵ میلی گرم در کیلوگرم هیچ اثر منفی بر رشد، شاخص هپاتوسوماتیک، فاکتور وضعیت و بقا در کپورهای کاراسین نداشت. در پژوهش حاضر نیز سلنیوم بکار رفته در بالاترین غلظت (۴/۵ میلی گرم در کیلوگرم جیره) هیچ اختلال، مرگ و میر و یا تغییری در رفتار تغذیه‌ای و هیچ اثر منفی در رشد بچه ماهیان کپور معمولی برجا نگذاشت. به نظر می‌رسد بالاترین غلظت سلنیوم به کار رفته در این آزمایش برای کپور معمولی مضر نباشد، چراکه کم‌تر از حد آستانه سمی سلنیوم گزارش شده برای دیگر گونه‌های ماهی است (Hamilton, ۲۰۰۴؛ Hamilton, ۲۰۰۳)، از طرفی فاکتور وضعیت، سلامت خوب ماهیان را در انتهای آزمایش با مقادیر بیش‌تر از ۱/۵ نشان داد و نداشتن اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایش مشهود بود، بنابراین ماهی کپور معمولی مثل قزل‌آلای رنگین کمان و ماهی آزاد چینوک به سلنیوم حساس نبود و نیاز به سلنیوم می‌تواند در گونه‌های مختلف ماهی متفاوت باشد. تعامل بین سلنیوم و ویتامین E رژیم غذایی بر نیازمندی سلنیوم در ماهی اثر می‌گذارد (Abdel-Tawwaba و همکاران، ۲۰۰۷؛ Lin و Shiau, ۲۰۰۵) غلظت ویتامین E جیره غذایی در مطالعه Hilton و همکاران (۱۹۸۰)، ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بود که بسیار بالاتر از ویتامین E مورد نیاز برای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان است (Watanabe و همکاران، ۱۹۸۱)؛ Lin و Shiau (۲۰۰۵)، ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم جیره، ویتامین E براساس نیاز این ویتامین برای هامور استفاده نمودند. در مطالعه Baker و Davies (۱۹۹۷)، مقدار ویتامین E در جیره گربه ماهی آفریقای، ۴۰/۲ میلی گرم در کیلوگرم و میزان مورد نیاز برای گونه‌ها ۳۰-۴۰ میلی گرم آلفا توکوفرل استات در هر کیلوگرم جیره خشک بود. در آزمایش Han و همکاران (۲۰۱۱)، غلظت ویتامین E مورد استفاده در جیره غذایی، مشابه مطالعه حاضر و برابر ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم برای کپور معمولی به کار رفت. به طور خلاصه این تحقیق نشان داد که منابع سلنیوم (نانوسلنیوم و سلنیوم آلی) استفاده شده در جیره غذایی پایه می‌تواند وزن نهایی، افزایش وزن روزانه، درصد وزن به دست آمده بدن و ضریب رشد ویژه کپور معمولی را بهبود بخشد. از بین تیمارهای آزمایشی بچه ماهیان کپور معمولی تغذیه شده با سطح ۱/۵ میلی گرم سلنیوم در کیلوگرم جیره، اثر بهتری از نظر شاخص‌های مذکور نشان دادند. علاوه بر این، در سطح مشابه نانوسلنیوم



- selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquac.* Vol. 121, pp: 359-367.
30. **Monteiro, D.A.; Rantin, F.T. and Kalinin, A.L., 2009.** The effects of selenium on oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish *matrinxa* exposed to organophosphate insecticide Folisuper 600 BR (methyl parathion). *Comp. Biochem. Phys.* Vol. 149, pp: 40-49.
 31. **NRC (National research Council). 1983.** Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press, Washington, DC. 102 P.
 32. **Pedrero, Z. and Madrid, Y., 2009.** Novel approaches for selenium speciation in foodstuffs and biological specimens. *Anal. Chim. Acta.* Vol. 634, pp: 135-152.
 33. **Rey, G.; Batra, S.; Shukla, K.N.; Deo, S.; Raina, V.; Ashok, S. and Husain, S.A., 2000.** Lipid peroxidation, free radical production and antioxidant status in breast cancer. *Breast. Canc. Res. and Treat.* Vol. 59, pp: 163-170.
 34. **Rotruck, J.T.; Pope, A.L.; Ganther, H.E.; Swanson, A.B.; Hafeman, D.G. and Hoekstra, W.G., 1973.** Selenium: biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Sci. Vol.* 179, pp: 585-590.
 35. **Smith, A.M. and Picciano, M.F., 1987.** Relative bioavailability of selenocompounds in the lactating rat. *J. Nutr.* Vol. 117, pp: 725-731.
 36. **Tokur, B.; Ozkutuk, S.; Atici, E.; Ozyurt, G. and Ozyurt, C.E., 2006.** Chemical and sensory quality changes of fish fingers, made from mirror carp during frozen storage (-18°C). *Food Chem.* Vol. 99, pp: 335-341.
 37. **Vidal, D.; Bay, S.M. and Schlenk, D., 2005.** Effects of dietary selenomethionine on larval rainbow trout. *Arch. of Environ. Contamin and Toxicol.* Vol. 49, pp: 71-75.
 38. **Wang, C. and Lovell, R.T., 1997.** Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source, sodium selenite, in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquac.* Vol. 152, pp: 223-234.
 39. **Wang, H.L.; Zhang, J.S. and Yu, H.Q., 2007.** Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. *Free Radic. Biol. Med.* Vol. 42, pp: 1524-1533.
 40. **Wang, Y.; Han, J.; Li, W. and Xu, Z., 2007.** Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp. *Anim. Feed Sci. and Tech.* Vol. 134, pp: 243-251.
 41. **Watanabe, T.; Kiron, V. and Satoh, S., 1997.** Trace minerals in fish nutrition. *Aquac.* Vol. 151, pp: 185-207.
 42. **Watanabe, T.; Takeuchi, T. and Wada, M., 1981.** Dietary lipid levels and a-tocopherol requirement of carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* Vol. 47, pp: 1585-1590.
 43. **Zhang, J.; Gao, X.; Zhang, L. and Bao, Y.P., 2001.** Biological effects of nano red elemental selenium. *BioFact.* Vol. 15, pp: 27-38.
 44. **Zhang, J.; Wang, X. and Xu, T., 2008.** Elemental selenium at nano Size (Nano-Se) as a potential chemopreventive agent with reduced risk of selenium toxicity: Comparison with se-methylselenocysteine in mice. *Toxicol. Sci.* Vol. 101, pp: 22-31.
 45. **Zhou, X.; Wang, Y.; Gu, Q. and Li, W., 2009.** Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquac.* Vol. 291, pp: 78-81.
 11. **Elia, A.C.; Prearo, M.; Pacini, N.; Dorr, A.J.M. and Abete, M.C., 2011.** Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp. *Ecotox and Environ. Safe.* Vol. 74, pp: 166-173.
 12. **Felton, S.P.; Landolt, M.L.; Grace, R. and Palmisano, A., 1996.** Effects of selenium dietary enhancement on hatchery-reared *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), when compared with wild coho: hepatic enzymes and seawater adaptation evaluated. *Aquac. Res.* Vol. 27, pp: 135-142.
 13. **Foster, L.H. and Sumar, S., 1995.** Selenium in the environment, food and health. *Nutr. Food Sci.* 5:17-23.
 14. **Gaber, M.M., 2009.** Efficiency of selenium ion inclusion into common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) diets. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 4, pp: 348-353.
 15. **Gatlin, D.M. and Wilson, R.P., 1984.** Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. *J. of Nutr.* Vol. 114, pp: 627-633.
 16. **Hamilton, S.J., 2004.** Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Sci. Total Environ.* Vol. 326, pp: 1-31.
 17. **Hamilton, S.J.; Buhl, K.J.; Faerber, N.L.; Wiedmeyer, R.H. and Bullard, F.A., 1990.** Toxicity of organic selenium in the diet to Chinook salmon. *Environ. Toxicol. Chem.* Vol. 9, pp: 347-358.
 18. **Hamilton, S.J., 2003.** Review of residue-based selenium toxicity thresholds for freshwater fish. *Ecotox and Environ. Safe.* Vol. 56, pp: 201-210.
 19. **Han, D.; Liu, M.; Xiao, X.; Liu, H.; Zhu, X. and Yang, Y., 2011.** The effect of dietary selenium on growth performances, oxidative stress and tissue selenium concentration of gibel carp (*carassius auratus gibelio*). *Aquac. Nutr.* Vol. 17, pp: 741-749.
 20. **Hardy, R.W. and Barrows, F.T., 2002.** Diet formulation and manufacture. In *Fish Nutrition*. Edited by JE Halver and RW Hardy. 3rd Ed. Academic Press, San Diego, CA, USA. pp: 505-600.
 21. **Hilton, J.W. and Hodson, P.V., 1983.** Effect of increased dietary carbohydrate on selenium metabolism and toxicity in rainbow trout. *J. Nutr.* Vol. 113, pp: 1241-1248.
 22. **Hilton, J.W.; Hudson, P.V. and Slinger, S.J., 1980.** The Requirement and Toxicity of Selenium in Rainbow Trout (*Salmo Gairdneri*). *J. of Nutr.* Vol. 110, pp: 2527-2535.
 23. **Jovanovic, A.; Grubor-Lajsic, G.; Djukic, N.; Gardinovacki, G.; Matic, A. and Spasic, M., 1997.** The effect of selenium on antioxidant system in erythrocytes and liver of the carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *Crit. Rev. Food Sci.* Vol. 37, pp: 443-448.
 24. **Koller, L.D. and Exon, J.H., 1986.** The two faces of selenium-deficiency and toxicity – are similar in animals and man. *Can. J. Vet. Res.* Vol. 50, pp: 297-306.
 25. **Levander, O.A., 1983.** Considerations in the design of selenium bioavailability studies. *Fed. Proc.* Vol. 1, pp: 1721-1725.
 26. **Lin, Y.H. and Shiau, S.Y., 2005.** Dietary selenium requirements of grouper. *Aquac.* Vol. 250, pp: 356-363.
 27. **Liu, K.; Wang, X.J.; Ai, Q.; Mai, K. and Zhang, W., 2010.** Dietary selenium requirement for juvenile *Rachycentron canadum*. *Aquac Res.* Vol. 41, pp: 594-601.
 28. **Liu, W.T., 2006.** Nanoparticles and Their Biological and Environmental Applications. *J. of biosci and bioeng.* Vol. 102, pp: 1-7.
 29. **Lorentzen, M.; Maage, A. and Julshamn, K., 1994.** Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue

