"مقاله پژوهشی"

اثرات منابع مختلف سلنیوم جیره (سلنیت سدیم، سلنومتیونین و نانوسلنیوم) بر رشد، ایمنی و خون‌شناسی بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

علی حاجی بگلو*[1]، محمد سوداگر[1] و زهره امیرپور[1]

۱. گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۸

چکیده

این مطالعه به‌منظور مقایسه اثرات منابع مختلف سلنیوم بر شاخص‌های رشد، بقا، برخی پارامترهای ایمنی و خون‌شناسی ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام شد. ۱۰ جیره شامل سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)، سلنیوم آلی (سلنومتیونین) و نانوسلنیوم با مقدار صفر (شاهد)، ۰/۱ (تیمار ۱)، ۰/۵ (تیمار ۲) و ۱ (تیمار ۳) میلی‌گرم در کیلوگرم جیره غذایی ساخته شد. بعد از ۸ هفته تغذیه میزان وزن نهایی در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم بیش‌ترین مقدار را داشت. بالاترین درصد ضریب رشد ویژه (۰/۲۴±۴/۶۰) نیز در ماهیان تغذیه شده با جیره ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم مشاهده شد. پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۰/۰۲۳±۰/۷۱) و بیش‌ترین افزایش وزن (۱/۳۶±۴۱/۹۹ گرم) نیز در همین تیمار مشاهده شد که با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). تغذیه تیمارها با نانوسلنیوم همچنین موجب حصول بهترین ضریب تبدیل غذایی شد (P<۰/۰۵). تیمارهای نانوسلنیوم و سلنیوم آلی در میزان گلبول‌های قرمز و سفید، هموگلوبین و لیزوزیم با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵)؛ اما این اختلاف در تیمارهای تغذیه شده با سلنیوم معدنی مشاهده نشد (P>۰/۰۵). میزان هماتوکریت در هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی داری با گروه شاهد نشان نداد (P>۰/۰۵). میزان ایمونوگلوبولین در تمام تیمارها در هر سه منبع تغذیه‌ای با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵) و بیش‌ترین میزان آن در غلظت ۱ میلی گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره مشاهده شد. نتایج نشان دادند که افزودن نانوسلنیوم تا ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم غذا، نسبت مناسبی از شاخص‌های رشد، بقا، برخی فاکتورهای خونی و ایمنی را در بچه ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان را به‌همراه داشت.

کلمات کلیدی: نانوسلنیوم، شاخص‌های رشد، پارامترهای ایمنی و خون‌شناسی، قزل‌آلای رنگین‌کمان

* عهده‌دار مکاتبات (✉). alihajibeglou@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

مقدمه

با وجود نیاز اساسی جانوران پرورشی به ۲۹ عنصر از ۹۰ عنصر موجود در مواد غذایی (Lall and Milley, 2008)، تنها اثرات تعداد کمی از آن‌ها در ماهیان مورد بررسی کامل قرار گرفته است (Prabhu *et al*., 2014). میزان رشد، کارایی غذایی، نشانه‌های کمبود غذایی، غلظت عنصر در تمام بدن یا در یک بافت مشخص، فعالیت‌های مرتبط با ترشحات آنزیمی، دفع ادراری و حتی بیان ژن‌ها از جمله متغیرهایی بوده‌اند که پاسخ‌های متفاوتی را برای برآورد مقدار صحیح مورد نیاز یک عنصر بین مطالعات مختلف یا حتی درون یک مطالعه نشان داده‌اند (Grosell, 2010; Prabhu *et al*., 2014). بنابراین ضروری است که مقدار بهینه یک عنصر با توجه به کارکرد فیزیولوژیک آن مدنظر قرار گیرد (Jobling, 2012). سلنیوم عنصری ضروری ولی کم‌نیاز در تغذیه ماهیان است و اثرات آن تا کنون در گونه‌هایی از ماهیان شامل قزل‌آلای رنگین‌کمان (Hilton *et al*., 1980)، گربه‌ماهی آفریقایی (Wilson, Gatlin and 1984)، ماهی گروپر (*Epinephelus malabaricus*) (Lin and shiau, 2005; Lin, 2014) و ماهی kingfish yellowtail (*Seriola lalandi*) (Le and Fotedar, 2014) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌است. این عنصر در چرخه تنظیم انرژی، متابولیسم اسیدهای چرب ضروری، سنتز پایه پورین و پیریمیدین، عمل اسپرماتوژنز، سنتز پروستوگلاندین‌ها و سیستم‌های ایمنی حیوانات نقش موثری دارد (Lin, 2014). ورود سلنیوم به ساختمان همه این آنزیم‌ها از طریق ایجاد سلنوسیستئین و متیونین بوده و تجمع اشکال معدنی باقی‌مانده این عنصر قادر است اثرات سمی بر سلول‌های بدن ایجاد کند (Misra *et al*., 2009)

بیشتر سلنیوم مورد نیاز بدن از مواد غذایی تامین می‌شود. فرم سلنیوم می‌تواند به‌صورت معدنی نظیر: سلنیت و سلنات یا به فرم آلی و فلزی مانند سلنومتیونین، سلنوسیستئین و سلنوسیستین در طبیعت وجود داشته باشد (Kucukbay *et al*., 2009). سلنیت سدیم متداول‌ترین شکل معدنی آن است که در تغذیه دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد. دسترسی زیستی سلنیوم به فرم آن بستگی دارد (Kouba *et al*., 2014) به‌طوری‌که امروزه فرم آلی سلنیوم مانند مخمر سلنیوم در آمریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Federal Register, 2002). در ماهیان مشاهده شده است که سلنیوم آلی نسبت به فرم معدنی با سهولت بیشتری جذب شده و از نظر دسترسی زیستی و بهبود سلامت موثرتر عمل می‌کند (Lorentzen *et al*., 1994; Wang and Lovell, 1997; Wang *et al*., 2007) مواد در ابعاد و مقیاس نانو ویژگی‌های جدیدی را از خود نشان می‌دهند از جمله فعالیت سطحی بالا، ناحیه سطحی اختصاصی بیشتر، بازده و کارایی کاتالیزوری بالا، مراکز سطحی فعال متعدد و قابلیت جذب سطحی فراوان (Wang *et al*., 2007). اخیرا فرم نانوی عنصر سلنیوم به دلیل اثرگذاری بیشتر و سمیت کمتر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Shi *et al*., 2010; Wang *et al*., 2013). نتایج بررسی در ماهی کپور نشان داد مکمل نانوسلنیوم می‌تواند موجب بهبود عملکرد رشد و سیستم ایمنی آنتی‌اکسیدانی در ماهی کپور معمولی شود (Ashouri *et al*., 2015).

قزل‌آلای رنگین‌کمان از مهم‌ترین ماهیان اقتصادی و از خانواده آزادماهیان است که امروزه به صورت ماهی شماره یک اکثر مزارع پرورش ماهیان سردآبی در بیشتر نقاط جهان از جمله ایران درآمده است (خارا

و همکاران، ۱۳۹۲). در حال حاضر این ماهی به دلیل شرایط بوم‌شناختی و سازگاری با شرایط زیست‌محیطی و رشد سریع به یک صنعت در حال توسعه تبدیل شده است (امیرپور و همکاران، ۱۳۹۸). کشور ایران ازجمله بزرگترین تولیدکنندگان ماهی قزل‌آلا در جهان می‌باشد و سالانه میلیون‌ها قطعه تخم چشم‌زده از خارج کشور وارد می‌شود (حاجی‌بگلو و صفری، ۱۳۹۶).باتوجه به این که مطالعات اندکی در مورد نیازهای غذایی در ماهیان تریپلوئید قزل‌آلا وجود دارد و با توجه به این‌که اثرات جیره‌های حاوی منابع مختلف سلنیوم بر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید مورد مقایسه قرار نگرفته است، بنابراین هدف از مطالعه حاضر ارزیابی و مقایسه اثرات استفاده از منابع مختلف سلنیوم اعم از سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)، سلنیوم آلی (سلنومتیونین) و نانوسلنیوم به‌عنوان افزودنی در جیره بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان برای نخستین‌بار بود.

مواد و روش‌ها

زمان، مکان و شرایط انجام تحقیق

تحقیق حاضر در کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (گلستان، علی‌آباد کتول، زرین-گل) انجام شد. برای انجام آزمایش تعداد ۱۵۰۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۱ ± ۳ گرم در ۱۰ تیمار و سه تکرار به ازای هر تیمار، در مجموع در ۳۰ حوضچه بتنی مستطیل شکل (۱۰۰۰ لیتری) و در هر حوضچه تعداد ۵۰ قطعه بچه‌ماهی به‌طور تصادفی رهاسازی شدند.

از آب چشمه جهت انجام آزمایش استفاده گردید. در طول دوره سازگاری و نگهداری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب به‌طور روزانه کنترل شد. میانگین دما، اکسیژن محلول، pH در طول دوره پرورش با استفاده از دستگاه دیجیتالی (Horiba U10, Japan) اندازه‌گیری شد و به ترتیب ۱ ± ۱۶ درجه سانتی‌گراد، ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر و ۷/۸ بود. طی این مدت و دو روز قبل از تیماربندی و شروع آزمایش، بچه‌ماهیان با جیره تجاری قزل‌آلا (شرکت ۲۱ بیضا، ایران) روزانه ۴ بار و به میزان ۳ درصد وزن بدن تغذیه شدند.

جیره‌های غذایی آزمایشی

برای تهیه جیره‌های آزمایشی، سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)، سلنیوم آلی (سلنومتیونین) و نانوسلنیوم در سه سطح ۰/۱، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم به جیره پایه افزوده شد (جدول ۱)؛ علاوه بر این سه تیمار آزمایشی برای هر منبع سلنیوم، تیمار دیگری بدون سلنیوم به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. تغذیه با جیره‌های غذایی آزمایشی روزانه به میزان ۳ درصد وزن بدن در چهار وعده در روز (ساعت ۸، ۱۱، ۱۵ و ۱۸) طی یک دوره ۸ هفته‌ای انجام شد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

جدول ۱. تیمارهای آزمایشی

تیمار	میزان سلنیوم افزوده شده به جیره (میلی‌گرم در کیلوگرم)		
	سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)	سلنیوم آلی (سلنومتیونین)	نانوسلنیوم
شاهد	۰	۰	۰
اول	۰/۱	۰/۱	۰/۱
دوم	۰/۵	۰/۵	۰/۵
سوم	۱	۱	۱

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

زیست‌سنجی ماهیان در ابتدا و انتهای دوره انجام شد. پس از پایان دوره آزمایش، قبل از زیست‌سنجی ماهیان با استفاده از پودر گل میخک (به‌میزان ۲۵۵ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش شدند (میراب بروجردی و اخلاقی، ۱۳۹۱) و وزن ماهیان با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به منظور ارزیابی شاخص‌های رشد و تغذیه شامل: افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و درصد بقای بچه‌ماهیان در تیمارهای مختلف از روابط زیر استفاده شد (Hevray *et al.*, 2005).

(وزن اولیه – وزن ثانویه) = شاخص افزایش وزن بدن

۱۰۰× (وزن اولیه ماهی– وزن نهایی ماهی)/ (طول دوره پرورش× مقدار غذای خورده شده) = ضریب تبدیل غذایی

Ln - وزن نهایی ماهیLn)) = ضریب رشد ویژه

۱۰۰×((طول دوره آزمایش)/(وزن اولیه

۱۰۰× (تعداد کل ماهیان/تعداد ماهیان زنده) = درصد بقا

مطالعات خون شناسی و بیوشیمیایی سرم

شمارش تعداد گلبول‌های قرمز و گلبول سفید پس از رقیق‌سازی نمونه خون به وسیله لام نئوبار با استفاده از فرمول‌های زیر انجام شد (Atamanalp *et al.*, 2008).

تعداد گلبول‌های قرمز در یک میلی‌متر مکعب نمونه خون = تعداد گلبول‌های شمرده شده در۵ مربع کوچک (N) × ۵ (مربع بزرگ) × ۱۰ (ارتفاع لام و لامل) × ۲۰۰ رقت خون = (N×۱۰۰۰۰)

تعداد گلبول های سفید در هر میلی متر مکعب خون = تعداد گلبول‌های سفید شمارش شده در سطح مترمکعب (N) × ۱۰ (ارتفاع لام و لامل) × ۲۰ (رقت خون) = (N ×۲۰۰)

درصد هماتوکریت با استفاده از لوله‌های مویینه و سانتریفیوژ به مدت ۵ دقیقه با دور ۳۰۰۰ و به کمک خط کش مخصوص هماتوکریت اندازه‌گیری شد (Klontz, 1994). میزان هموگلوبین با استفاده از کیت تجاری (زیست شیمی، ایران) بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۶ نانومتر انجام شد (Klontz, 1994).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

لیزوزیم بر اساس لیز باکتری گرم مثبت میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus lysodeikticus*) سنجش گردید (Carlton *et al.*, 2004). ایمونوگلوبولین کل طبق روش سوئیسی و آندرسون اندازه‌گیری شد (Siwicki and Anderson, 1993).

تجزیه و تحلیل آماری

نمونه برداری در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

نتایج

نرخ بقا در کلیه بچه‌ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف در پایان دوره پرورش بالاتر از ۹۶ درصد تعیین شد ($P>0/05$). نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های رشد در مدت تغذیه بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل-آلای رنگین‌کمان با جیره‌های حاوی منابع و غلظت‌های مختلف سلنیوم نشان داد که در میزان افزایش رشد همه تیمارها به غیر از تیمار ۰/۱ سلنیوم معدنی تفاوت معنی-داری با گروه شاهد وجود داشت ($P<0/05$). ضریب تبدیل غذایی تیمار شاهد با سایر تیمارها متفاوت بود، به‌طوری‌که تغذیه با نانوسلنیوم موجب حصول بهترین ضریب تبدیل غذایی شد و پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۰/۰۲۳±۰/۷۱) در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره از نانوسلنیوم مشاهده شد ($P<0/05$) (جدول ۲). میزان وزن نهایی در تیمار ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم بیش‌ترین مقدار را داشت ($P<0/05$). بالاترین ضریب رشد ویژه (۰/۲۴±۴/۰۶) و بیش‌ترین افزایش وزن (۱/۳۶±۴۱/۹۹ گرم) در ماهیان تغذیه شده با جیره ۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره مشاهده شد ($P<0/05$) (جدول ۲).

نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای خونی و ایمنی که در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان گلبول قرمز در تیمار ۰/۵ نانوسلنیوم و کم‌ترین میزان گلبول قرمز در گروه شاهد مشاهده شد ($P<0/05$). بیش‌ترین میزان گلبول سفید در گروه تغذیه شده با جیره حاوی نانوسلنیوم مشاهده شد که با تیمار شاهد و سایر تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی سلنیوم معدنی و سلنیوم آلی اختلاف معنی‌دار داشت ($P<0/05$). میزان هموگلوبین در هیچ یک از تیمارهای آزمایشی با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت ($p>0/05$). بیش‌ترین میزان هماتوکریت ابتدا در تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی نانوسلنیوم و به دنبال آن تیمارهای سلنیوم آلی مشاهده شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<0/05$)؛ اما میزان هماتوکریت در تیمارهای تغذیه شده با جیره دارای سلنیوم معدنی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>0/05$). میزان ایمونوگلوبولین در غلظت یک

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم جیره بیش‌ترین میزان را داشت، همچنین میزان ایمونوگلوبولین در کلیه تیمارها در هر سه منبع تغذیه‌ای با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). میزان لیزوزیم در هر سه غلظت تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی نانوسلنیوم و سلنیوم آلی با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشت؛ اما تیمارهای تغذیه شده با سلنیوم معدنی در هر سه غلظت اختلاف معنی‌داری از نظر میزان فعالیت لیزوزیم با شاهد نشان نداد (p>۰/۰۵). (جدول ۳).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

جدول ۲- شاخص‌های رشد و بقا در بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با منابع و سطوح مختلف سلنیوم جیره

شاخص‌های رشد	شماره جیره، منبع و میزان سلنیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره)									
	سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)			نانوسلنیوم			سلنیوم آلی (سلنومتیونین)			
	تیمار شاهد (۰)	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۱	۰/۵	۱
وزن اولیه (گرم)	۵/۱± ۰/۱ a	۵/۰۱± ۰/۲۱ a	۵/۰۳± ۰/۲۴ a	۴/۹۳± ۰/۴ a	۴/۸۵± ۰/۱۶ a	۴/۸۳± ۰/۶ a	۵/۰۶± ۰/۲۰ a	۵/۱± ۰/۱۷ a	۴/۹± ۰/۳ a	۵/۰۲± ۰/۱۸ a
وزن نهایی (گرم)	۳۵/۳۳± ۰/۷۶ e	۳۵/۸۳± ۱/۰۴ e	۳۷/۹۰±۰/۲۶ d	۳۷/۶۲±۰/۸۱ d	۴۲/۲۰± ۱/۱۲ b	۴۶/۸۳±۰/۷۶ a	۴۲/۵۶±۰/۶۳ b	۳۸/۰۶±۰/۲۰ d	۴۰/۲۶±۰/۲۵ c	۴۲/۲۵±۲/۱۲ c
افزایش وزن (گرم)	۳۰/۲۳±۰/۸۰ e	۳۰/۸۲± ۱/۱۹ e	۳۲/۸۶± ۰/۱۶ d	۳۲/۶۸± ۰/۴۱ d	۳۷/۳۵±۱/۲۹ b	۴۱/۹۹±۱/۳۶ a	۳۷/۴۹± ۰/۴۸ b	۳۲/۹۶±۰/۰۵ d	۳۵/۳۶± ۰/۴۹ c	۳۵/۲۳±۱/۹۴ c
ضریب تبدیل غذایی	۰/۹۹± ۰/۰۲ a	۰/۹۷± ۰/۰۳۷ a	۰/ ۹۱± ۰/۰۰۴ b	۰/۹۱± ۰/۰۱۱ d	۰/۸± ۰/۰۲۷ d	۰/۷۱± ۰/۰۲۳ e	۰/۸± ۰/۰۱ d	۰/۸۷±۰/۰۰۱ bc	۰/۸۴±۰/۰۱۱ c	۰/۸۵±۰/۰۴۷ c
ضریب رشد ویژه (درصد در روز)	۳/۳۳± ۰/۰۵ e	۳/۴۳± ۰/۱۴ de	۳/۶۰± ۰/۰۷ cd	۳/۶۳± ۰/۱۰ cd	۳/۸۶± ۰/۱۰ b	۴/۰۶±۰/۲۴ a	۳/۸۰± ۰/۰۵ bc	۳/۵۸± ۰/۰۵ cd	۳/۷۶± ۰/۱۱ cd	۳/۷۱±۰/۰۳ cd
بقا (درصد)	۹۷/۳۳± ۱/۵ a	۹۸/۳۳± ۲/۰۸ a	۹۷/۰۰ ± ۱/۷۳ a	۹۷/۰۰±۱/۰ a	۹۸/۳۳±۰/۵۷ a	۹۸/۰۰± ۱/۰۰ a	۹۶/۳۳±۱/۱۵ a	۹۷/۶۶± ۳/۲۱ a	۹۶/۶۶± ۱/۵۲ a	۹۷/۰۰±۱/۰۰ a

حروف غیر مشابه در یک ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P < ۰/۰۵$)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

جدول ۳. شاخص‌های خون‌شناسی و ایمنی‌شناسی در بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با منابع و سطوح مختلف سلنیوم جیره

شاخص‌های خون‌شناسی و ایمنی‌شناسی	شماره جیره، منبع و میزان سلنیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم جیره)									
	سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم)				نانوسلنیوم			سلنیوم آلی (سلنومتیونین)		
	تیمار شاهد (۰)	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۱	۰/۵	۱	۰/۱	۰/۵	۱
گلبول قرمز (10^6)	۱/۰۲ ±۰/۰۶ c	۱/۰۴ ±۰/۰۸ c	۱/۰۳ ±۰/۷۷ c	۱/۰۱ ±۰/۹۳ c	۱/۲۴ ±۰/۰۷ b	۱/۳۹ ±۰/۰۹ a	۱/۲۳ ±۰/۱۱ b	۱/۰۲ ±۰/۰۸ c	۱/۲۳ ±۰/۰۸ b	۱/۲۳ ±۰/۱۰ b
گلبول سفید (10^4)	۲/۰۱ ±۰/۱۷ c	۲/۰۶ ±۰/۰۶ c	۱/۸۹ ±۰/۰۹۸ c	۱/۹۴ ±۰/۰۹۵ c	۲/۶۳ ±۰/۱۲ a	۲/۷۱ ±۰/۰۸ a	۲/۵۶ ±۰/۱۰ a	۲/۰۲ ±۰/۱۱ c	۲/۲۸ ±۰/۰۵ b	۲/۳۱ ±۰/۰۸ b
لیزوزیم (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	۴۲/۱۶ ±۱/۸۹ c	۴۱/۰۰ ±۱/۶۰ c	۴۲/۲۴ ±۲/۲۵ c	۴۱/۰۰ ±۳/۱۷ c	۶۵/۹۶ ±۲/۴۵ a	۶۵/۰۶ ±۴/۱۷ a	۵۶/۱۰ ±۳/۸۵ b	۵۶/۰۵ ±۳/۰۴ b	۵۸/۴۱ ±۳/۸۶ b	۵۶/۸۰ ±۲/۷۷ b
هموگلوبین (گرم در دسی لیتر)	۶/۶۷ ±۰/۷۵ a	۶/۹ ±۰/۱۷ a	۶/۸۷ ±۰/۱۷ a	۶/۹۳ ±۰/۲۵ a	۶/۵۹ ±۰/۵۶ a	۶/۳۷ ±۰/۵۴ a	۷/۰۴ ±۰/۲۶ a	۶/۷۱ ±۰/۲۸ a	۶/۵۳ ±۰/۱۶ a	۷/۰۷ ±۰/۰۶ a
هماتوکریت (درصد)	۳۷/۱ ±۰/۴۵ b	۳۶/۰ ±۱/۲ b	۳۷/۰ ±۱/۲۴ b	۳۶/۵ ±۲/۱۷ b	۴۳/۱۳ ±۱/۷۲a	۴۲/۲۲ ±۲/۰۳ a	۴۳/۱۶ ±۳/۲۵ a	۴۰/۶۶ ±۲/۸۸ a	۴۱/۰۰ ±۲/۰۰ a	۴۰/۸۳ ±۱/۸۹ a
ایمونوگلوبولین (میلی گرم در دسی لیتر)	۳۱/۰۰ ±۱/۳۱ d	۳۵/۰۸ ±۱/۴۶ c	۳۵/۰۳ ±۱/۴۶ c	۳۶/۰۰ ±۱/۴۸ c	۴۶/۱۶ ±۱/۸۳ b	۵۱/۰۲ ±۰/۹۲ a	۵۲/۱۱ ±۱/۸۹ a	۴۳/۹۰±۱/۵۲ b	۴۴/۲۴ ±۱/۱۱ b	۴۶/۱۷ ±۱/۷۱ b

حروف غیر مشابه در یک ردیف، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0/05$)

بحث

سلنیوم عنصری کم نیازی است که وجود آن در جیره غذایی قادر است رشد بسیاری از گونه‌های ماهیان را بهبود بخشد (Le and Gatlin and Wilson, 1984; Fotedar, 2011; Elia *et al*., 2011; Lin, 2014)؛ به‌طوری‌که در گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) وزن نهایی در گروهی که با جیره حاوی سلنیوم تغذیه شد بودند نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (Gatlin and Wilson, 1984). بررسی اثر نانوسلنیوم و سلنیوم آلی بر ماهی کپور معمولی نشان داد غلظت ۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوسلنیوم بهترین رشد را به همراه داشت و فرم نانوسلنیوم تاثیر بهتری نسبت به سلنیوم آلی داشت (احمدوند و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه‌ای دیگر اثر غلظت‌های مختلف نانوسلنیوم بر رشد ماهی قزل‌آلا بررسی شد و بهترین میزان شاخص‌های رشد در بالاترین غلظت مورد آزمایش (۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به ثبت رسید (شبرنگ هره‌دشت و میرواقفی، ۱۳۹۱). نتایج افزودن سلنیوم آلی تا ۰/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره موجب بهبود شاخص‌های رشد و پارامترهای خونی ماهیان قزل‌آلا شد (نظری و همکاران، ۱۳۹۶). نتایج مطالعه ای بر مولدین کاراس طلایی نشان داد با افزایش غلظت نانوسلنیوم میزان رشد افزایش یافت و بهترین میزان رشد در جیره حاوی ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانوسلنیوم مشاهده شد (سیدی و کلباسی، ۱۳۹۶). مطالعات مختلف نشان‌دهنده اثرگذاری هر دو فرم آلی و معدنی سلنیوم روی گونه‌های مختلفی از ماهیان است (Gaber, 2009; Elia *et al*., 2011)، با این‌وجود در بررسی‌های انگشت‌شماری اثر نانوسلنیوم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، اثر منابع مختلف سلنیوم جیره اعم از سلنیوم آلی (سلنومتیونین)، سلنیوم معدنی (سلنیت سدیم) و نانوسلنیوم روی بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت.

ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سلنومتیونین و نانوسلنیوم ضریب رشد ویژه بالاتری را نسبت به ماهیان تیمار شده با فرم معدنی سلنیوم (سلنیت سدیم) نشان دادند. نتایج نشان داد که سلنومتیونین و نانوسلنیوم منابع کاراتر و مناسب‌تری از سلنیوم برای بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان است. این نتیجه با نتایج سایر تحقیقات که نشان داد سلنومتیونین و نانوسلنیوم جیره در مقایسه با سلنیت سدیم کارایی و دسترسی زیستی بالاتری را در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) داشت مطابقت دارد (Saffari *et al*., 2017). همچنین مطالعات نشان داد ترکیب سلنومتیونین و نانوسلنیوم جیره موجب بهبود عملکرد رشد در ماهی کاراس (*Carassius auratus gibelio*) می‌گردد (Zhou *et al*., 2009). با این وجود این نتایج بر خلاف نتایجی بود که نشان‌دهنده اثرات یکسان منابع آلی و معدنی سلنیوم بر ماهی گروپر (*Epinephelus malabaricus*) می‌باشد (Lin, 2014)؛ همچنین بهترین ضریب تبدیل غذایی در بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم نانوسلنیوم مشاهده شد. محققین نشان دادند غلظت معینی از نانوسلنیوم، محتوای پروتئین سلول‌های اپی‌تلیال روده را در ماهی کاراس افزایش داد (Wang *et al*., 2013). افزایش در محتوای پروتئین درون سلول‌های اپی‌تلیال روده می‌تواند منجر به متابولیسم بهتر اجزاء غذا شده و در نتیجه رشد را

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

افزایش دهد. بنابراین ضریب تبدیل غذایی بهتر در کپورماهیان تغذیه شده با جیره حاوی نانوسلنیوم را می‌توان بر افزایش محتوای پروتئین بالاتر سلول‌های اپی‌تلیال روده مرتبط دانست.

نتایج بدست آمده از آنالیز فاکتورهای خونی نشان داد که میزان گلبول سفید و قرمز در غلظت‌های ۰/۵ و یک میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره سلنیوم آلی و نانوسلنیوم بیشتر از گروه شاهد و تیمارهای تغذیه شده با سلنیوم معدنی بود (جدول ۳). مطالعات نشان می‌دهد که سدیم معدنی باعث کاهش تعداد گلبول قرمز می‌شود (Sopjani *et al*., 2008). بر طبق نتایج این مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری بین تعداد گلبول قرمز در تیمارهای تغذیه شده با جیره حاوی سلنیوم معدنی با گروه شاهد مشاهده نشد. در مطالعات انجام شده روی حیوانات، ثابت گردیده است که دسترسی زیستی فرم آلی سلنیوم نسبت به فرم معدنی آن بیشتر است (Levander, 1993; Smith and Picciano, 1987). تحقیقات نشان می‌دهدکه مقادیر گلبول سفید در خورشید ماهی در مواجهه با آب‌های حاوی سلنیوم افزایش یافت (Lemly, 2002) که با نتایج حاصل از این تحقیق در جیره ۰/۵ و یک میلی‌گرم بر کیلوگرم از نانوسلنیوم و سلنیوم آلی مطابقت داشت. گزارش شده است که در گربه ماهی کانالی آفریقایی مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت، مقادیر گلبول قرمز با افزایش سطوح سلنیوم آلی به مقدار ۰/۳ و ۰/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم وزن غذا در رژیم غذایی ماهی می‌تواند بدون تفاوت معنی داری بین آنها باعث بالا بردن سطح سلامت ماهی شود (Abdel-Tawwab *et al*., 2007). مطالعات نشان داده است که قرار گرفتن خورشید ماهی در آب های حاوی سلنیوم باعث کاهش هماتوکریت در ماهی شد که این کاهش را در ارتباط با اثر سمی زیر حد کشنده سلنیوم آلی و معدنی دانست (Lemly, 2002). نتایج نشان داد که افزودن سلنیوم آلی تا ۰/۴۵ کیلوگرم غذا در رژیم غذایی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت مناسبی از عوامل رشد، پارامترهای خونی و پاسخ‌های ایمنی را به همراه خواهد داشت و احتمالاً می‌تواند به عنوان یک محرک رشد عمل نماید. بیش‌ترین میزان فعالیت لیزوزیم در تیمار ۰/۵ از نانوسلنیوم مشاهده شد. این افزایش با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Grinde *et al*., 1989)، اما در تیمارهای سلنیوم آلی و معدنی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). گزارش شده است که گلبول‌های سفید از منابع اصلی تولید لیزوزیم هستند. افزایش فعالیت اجزاء ایمنی نشان دهنده افزایش توان ایمنی در برابر عوامل بیماری‌زای مهاجم می‌باشد. افزایش میزان لیزوزیم پلاسما در حقیقت باعث افزایش نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها در جریان خون می‌گردد که آن‌ها نیز با ترشح لیزوزیم، باعث افزایش آن در سرم می‌شود و افزایش میزان گلبول سفید باعث افزایش لیزوزیم می‌شود (Subhadra *et al*., 2006). میزان ایمونوگلوبولین در هر سه غلظت و در هر سه منبع سلنیوم نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. افزایش میزان ایمونوگلوبولین‌ها با افزایش وزن، نشان دهنده تکامل سلول‌های خونی و اندام‌های خون‌ساز و در نتیجه افزایش کارایی سیستم ایمنی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است (نظری و همکاران، ۱۳۹۶). گزارش شده است که افزایش فاکتورهای خونی به علت افزایش سلنیوم می‌تواند دلیلی بر بالا بردن سلامت و ایمنی بدن باشد (Abdel- Tawwab *et al*., 2007).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

هدف از بکارگیری این عنصر به‌عنوان مکمل در جیره غذایی ماهیان، افزایش رشد و سطح ایمنی و در نهایت صرفه اقتصادی است (محسنی و ستوده، ۱۳۹۳). نتایج این تحقیق نشان داد افزودن مکمل سلنومتیونین و نانوسلنیوم به جیره بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل-آلای رنگین‌کمان موجب بهبود شاخص‌های رشد و ایمنی و افزایش برخی فاکتورهای خونی از جمله: تعداد گلبول قرمز و سفید و هماتوکریت می‌گردد و احتمالا می‌تواند به‌عنوان یک محرک رشد و ایمنی عمل کند. همچنین مقایسه این نتایج با مطالعات انجام شده در گذشته نشان می‌دهد که فرم نانوسلنیوم تاثیر بسیار مطلوبی روی عوامل رشد داشت به‌طوری‌که در غلظت ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بهترین ضریب تبدیل غذایی به ثبت رسید. با استناد به نتایج این بررسی می‌توان بیان کرد که استفاده از نانوسلنیوم در جیره می‌تواند در بهبود روند پرورش بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان موثر باشد.

سپاسگزاری

از کلیه همکارانی که در انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشته اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱. احمدوند، ش.، امیرکلایی، ع.، اورجی، ح.، احمدوند، ش.، ۱۳۹۴. بررسی اثرات نانوذرات سلنیوم در مقایسه با سلنیوم آلی بر عملکرد شاخص‌های رشد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله محیط زیست جانوری، ۷ (۲)، ۱۹۶-۱۸۹.

۲. امیرپور، ز.، حاجی بگلو، ع.، سوداگر، م.، پاکنژاد، ح. ۱۳۹۸. اثرات حمام کوتاه مدت هورمون رشد (سوماتوتروپین) بر برخی شاخص‌های رشد و ایمنی در مراحل اولیه رشد قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه توسعه آبزی-پروری، سال ۱۳، شماره ۳.

۳. حاجی‌بگلو، ع.، صفری، ر.، ۱۳۹۶. بررسی نیاز پروتئینی بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان شرکت آکوآلند فرانسه (*Oncorhynchus mykiss*). مجله محیط زیست جانوری، ۹ (۴)، ۱۹۸-۱۹۳.

۴. خارا، ح.، محمدزاده، و.ا.، قیاسی، م.، رهبر، م.، ۱۳۹۲. بررسی برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی و سرمی خون ماهیان قزل آلای رنگین‌کمان فاقد و واجد عفونت باکتریایی (در مزارع پرورشی استان مازندران). نشریه توسعه آبزی‌پروری، ۷ (۲)، ۲۳-۱۷.

۵. سیدی، ج.، کلباسی، م. ر.، ۱۳۹۶. تاثیر سطوح مختلف نانوسلنیوم جیره بر شاخص‌های رشد، کیفیت گناد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی پلاسمای سمینال ماهی کاراس طلایی نر (*Carassius auratus gibelio*). مجله فیزیولوژی و بیوتکنولوژی آبزیان، ۵ (۲)، ۸۰-۶۷.

۶. شبرنگ هره‌دشت، م.، میرواقفی، ع.، ۱۳۹۱. کاربرد فناوری‌های نانو در شیلات. ماهنامه فناوری نانو، ۱۱ (۶)، ۱۵-۱۳.

۷. نظری، ک.، شمسایی مهرجان، م.، ایلا، ن.، شریف پور، ع.، کمالی، ا.، ۱۳۹۶. اثرات سلنیوم آلی و معدنی بر عوامل رشد، پارامترهای خونی و ایمنی‌شناسی بچه-ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۳)، ۱۳۸-۱۲۹.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

۸. میراب بروجردی، م.، اخلاقی، م.، ۱۳۹۱. بررسی اثر بیهوش کنندگی گل میخک بر ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus mykiss*) و تعیین LC_{50} آن. همایش ملی فرآورده‌های طبیعی و گیاهان دارویی. دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. بجنورد. صفحه ۳۹۰.

۹. محسنی، م.، ستوده، ا.م.، ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف سلنیوم جیره غذایی بر روند رشد و استرس اکسیداتیو بچه فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی تغذیه شده با سطوح بالای مس. مجله علمی شیلات ایران، ۲۱ (۴)، ۱۱۴-۱۰۵.

10. Abdel-Tawwab, M., Mousa, M.A.A., Ahmad, M.H., Sakr, S.F., 2007. The use of calcium pre-exposure as a protective agent against environmental copper toxicity for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 264 (1-4), 236–246.

11. Atamanalp, M., Angis, S., Oguzhan, P., Aksakal E., 2008. Alterations in hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to DDVP. Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. pp. 9-12.

12. Ashouri, S., Keyvanshokooh, S., Salati, A.P., Johari, S.A., Pasha Zanoosi, H., 2015. Effects of different levels of dietary selenium nanoparticles on growth performance, muscle composition, blood biochemical profiles and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 446, 25–29.

13. Carlton, E.T., Williamson, D.A., Stroud, P.A., Talley, D.J., 2004. Evaluation and comparison of commercially available Aloe vera L. products using size exclusion chromatography with refractive index and multi-angle laser light scattering detection. International Immunopharmacology, 4, 1727–1737.

14. Elia, A.C., Prearo, M., Pacini, N., Dörr, A.J.M., Abete, M.C., 2011. Effects of selenium diets on growth, accumulation and antioxidant response in juvenile carp. Ecotoxicology and Environmental Safety, 74(2), 166-173.

15. Federal Register., 2002. Food additive permitted in feed and drinking water: Selenium yeast. Federal Register, 67(137), 46850–46851.

16. Gaber, M.M., 2009. Efficiency of selenium ion inclusion into common carp (*Cyprinus carpio* L.) diets. African Journal of Agricultural Research, 4(4), 348-353.

17. Gatlin, D.M., Wilson, R.P., 1984. Dietary selenium requirement of fingerling channel catfish. The Journal of nutrition, 114(3), 627-633.

18. Grinde, B., 1989. Lysozyme from rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, as an antibacterial agent against fish pathogens. Journal of Fish Diseases, 12(2), 95-104.

19. Grosell, M., 2010. The role of the gastrointestinal tract in salt and water balance. Fish Physiology, 30, 135-164.

20. Hevrøy, E.M., Espe, M., Waagbø, R., Sandnes, K., Ruud, M., Hemre, G. I., 2005. Nutrient utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fed increased levels of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquaculture Nutrition, 11(4), 301-313.

21. Hilton, J.W., Hodson P.V., Slinger, S.J., 1980. The requirement and toxicity of selenium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). The Journal of nutrition, 110(12), 2527-2535.

22. Jobling, M., 2012. National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp.

23. Klontz, G.W., 1994. Fish hematology. Techniques in fish immunology, Stolen J.S, Fletcher T.C, Rowley A.F, Kelikoff T.C, Kaatari S.L, Smith S.A. (eds). Vol. 3rd. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, USA, pp.121-132.

24. Kouba, A., Velíšek, J., Stará, A., Masojídek, J., Kozák, P., 2014. Supplementation with sodium selenite and selenium-enriched microalgae biomass

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

show varying effects on blood enzymes activities, antioxidant response, and accumulation in common barbel (*Barbus barbus*). BioMed research international, 2014. 1-8.

25. Küçükbay, F.Z., Yazlak, H., Karaca, I., Sahin, N., Tuzcu, M., Cakmak, M.N., Sahin, K., 2009. The effects of dietary organic or inorganic selenium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under crowding conditions. Aquaculture Nutrition, 15(6), 569-576.
26. Lemly, A.D., 2002. Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: the Belews Lake case example. Aquatic Toxicology, 57(1-2), 39-49.
27. Lall, S.P, Milley, J.E., 2008. Impact of aquaculture on aquatic environment: trace minerals discharge. In: Schelegel P, Durosoy S, Jongbloed A.W (eds) Trace elements in animal production systems. Academic Press. Wageningen, Netherlands, Pp. 203-214.
28. Levander, O.A., 1983. Considerations in the design of selenium bioavailability studies. In Federation proceedings, 42(6), pp. 1721-1725.
29. Le, K.T, Fotedar, R., 2014. Bioavailability of selenium from different dietary sources in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). Aquaculture, 420, 57–62.
30. Lin, Y.H., Shiau, S.Y., 2005. Dietary selenium requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, 250, 356–363.
31. Lin, Y.H., 2014. Effects of dietary organic and inorganic selenium on the growth, selenium concentration and meat quality of juvenile grouper *Epinephelus malabaricus*. Aquaculture, 430, 114–119.
32. Lorentzen, M., Maage A., Julshamn K., 1994. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 121, 359–367.
33. Misra, S., Niyogi S., 2009. Selenite causes cytotoxicity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes by inducing oxidative stress. Toxicology In Vitro, 23, 1249-1258.
34. Prabhu, P.A.J., Schrama, J.W., Kaushik, S.J. 2014. Mineral requirements of fish, a systematic review. Aquaculture, 6, 1-48.
35. Saffari, S., Keyvanshokooh, S., Zakeri, M., Johari, S. A., Pasha-Zanoosi, H., 2017. Effects of different dietary selenium sources (sodium selenite, selenomethionine and nanoselenium) on growth performance, muscle composition, blood enzymes and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture nutrition, 23(3), 611-617.
36. Siwicki, A.K., Anderson, D.P., 1993. Nonspecific defense mechanisms assay in fish: II. Potential killing activity of neutrophils and macrophages, lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin level in serum. Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods Olsztyn, Poland, 105-12.
37. Smith, A.M., Picciano, M.F., 1987. Relative bioavailability of selenocompounds in the lactating rat. Journal of Nutrition, 117, 725–731.
38. Sopjani, M., Foeller, M., Gulbins, E., Lang, F., 2008. Suicidal death of erythrocytes due to selenium-compounds. Cellular Physiology and Biochemistry, 22(5-6), 387-394.
39. Subhadra B., Lochmann R., Rawles S., Chen R., 2006. Effect of dietary lipid source on the growth, tissue composition and hematological parameters of largemouth bass (*Micropterus almoides*). Aquaculture, 255(1-4), 210-222.
40. Shi, L.G., Yang R.J., Yue, W.B., Xun, W.J., Zhang C. X., Ren Y. S., Lei F. L., 2010. Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity, and testis ultrastructure in male Boer goats. Animal reproduction science, 118(2-4), 248-254.
41. Wang, C., Lovell, R.T., 1997. Organic selenium sources, selenomethionine and selenoyeast, have higher bioavailability than an inorganic selenium source,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]
[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]

sodium selenite, in diets for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, 152(1-4), 223–234.

42. Wang, Y., Han, J., Li, W., Xu, Z., 2007. Effect of different selenium source on growth performances, glutathione peroxidase activities, muscle composition and selenium concentration of allogynogenetic crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Animal feed science and technology, 134(3-4), 243-251.

43. Wang, Y., Yan, X., Fu, L., 2013. Effect of selenium nanoparticles with different sizes in primary cultured intestinal epithelial cells of crucian carp, *Carassius auratus gibelio*. International journal of nanomedicine, 8, 4007.

44. Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q., 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*). Aquaculture, 291(1-2), 78-81.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1400.15.2.4.1]

[DOI: 10.52547/aqudev.15.2.41]