مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

دوره ۲۲، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحات ۱۲ تا ۲۶

مقاله پژوهشی

Available Online: http://jmst.kmsu.ac.ir

بررسی تاثیر نانوذرات غذایی سلنیوم و منیزیم بر رشد و بازماندگی ماهی سی‌باس آسیایی (*Lates calcarifer*)

امین قاید طاهری [۱]، سعید کیوان شکوه [۱]، سید محمد موسوی [۱و۲*]، حسین پاشا زانوسی [۳]

۱ گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

۲ قطب بهداشت و بیماری‌های ماهیان گرمابی، اهواز، ایران.

۳ گروه علوم پایه و دروس عمومی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: seied1356@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۳۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۳۹۹/۳/۱۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۳/۱۳

شناسه دیجیتال (DOI):10.22113/JMST.2020.153290.2219

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر نانوذرات سلنیوم، نانومنیزیم و ترکیب آن‌ها بر عملکرد رشد، شاخص‌های تغذیه‌ای، میزان بازماندگی، میزان تجمع کبدی نانو سلنیوم و نانومنیزیم در ماهی سی‌باس آسیایی با میانگین وزنی ۱/۱۶±۳۲/۷۸ گرم به مدت ۴۰ روز انجام گرفت. پس از چهار هفته سازگاری با شرایط آزمایشی، ۹۶ ماهی به صورت کاملا تصادفی در ۱۲ تانک استوانه‌ای فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری به تعداد مساوی توزیع شدند. ۴ تیمار شامل شاهد فاقد نانوسلنیوم و نانومنیزیم، ۴ میلی‌گرم نانوسلنیوم، ۰/۵ گرم نانومنیزیم، ۴ میلی‌گرم نانوسلنیوم، ۰ گرم نانومنیزیم، ۰میلی‌گرم نانو سلنیوم، ۰/۵ گرم نانومنیزیم در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند. ماهیان روزانه تا حد سیری و در دو وعده تغذیه شدند. زیست‌سنجی از ماهیان در تمام تیمارها در انتهای دوره آزمایش صورت گرفت. نمونه‌های مورد نیاز جهت سنجش تجمع کبدی، در انتهای دوره جمع‌آوری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که وزن نهایی در تیمار نانوذرات سلنیوم در مقایسه با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵)، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار ترکیبی نانوذرات سلنیوم+نانوذرات منیزیم در مقایسه با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). شاخص‌های تغذیه‌ای ضریب بازده پروتئین، مصرف خوراک و ضریب تبدیل غذایی بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). نتایج نشان داد که میزان بازماندگی بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری ندارد (P>۰/۰۵). بیشترین میزان تجمع سلنیوم و منیزیم در کبد، به ترتیب مربوط به تیمارهای نانوذرات سلنیوم و نانوذرات سلنیوم+ نانوذرات منیزیم بودند که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشتند (P<۰/۰۵).

واژگان کلیدی: نانوذرات، سلنیوم، منیزیم، سی‌باس آسیایی، رشد

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

۱. مقدمه

غذای مورد استفاده در پرورش آبزیان با درصد پروتئین و چربی بالا، فرمول‌بندی شده و توجه چندانی به مواد معدنی نمی‌شود، درحالی‌که ترکیبات معدنی اغلب شامل پتاسیم، آهن، منگنز و غیره بوده که برای رشد و تقسیم سلولی ضروری هستند. مواد معدنی برای فرآیندهای عادی زندگی تمام حیوانات از جمله ماهی مورد نیاز است. ماهی این مواد را از جیره غذایی و همچنین از آب محیط دریافت می‌کند. نقش فیزیولوژیکی و اساسی عناصر معدنی، بسیار گوناگون و مهم بوده و شناسایی نقش آنها جهت پرورش آبزیان و تنظیم برنامه غذایی دارای اهمیت بسیار بالائی است (Watanabe et al., 1997). میکرونوترینت‌ها یا ریزمغذی‌ها، آن دسته از اجزای جیره غذایی هستند که اگر چه ضروری هستند، ولی مقدار نسبتاً کمی از آنها مورد نیاز است. در صورت عدم وجود یا کمبود این عناصر (در جیره غذایی یا جذب از طریق آب) ماهی به بیماری‌های بالینی و آسیب‌های بافتی مبتلا خواهد شد (Halver and Hardy, 2002). سلنیوم به عنوان یک عنصر کمیاب و ضروری برای رشد و عملکرد فیزیولوژی حیوانات، از جمله ماهی شناخته می‌شود (NRC, 2011). مواد معدنی، عناصر ضروری و از اجزای اصلی ساختار بدن ماهیان هستند که به دلیل تغذیه انسان از این موجودات آبزی و نقش این عناصر در ساختار بدن از اهمیت بالایی برخوردار هستند. این عناصر کنترل اعمال حیاتی بدن موجودات زنده از جمله ماهیان و انسان را بر عهده دارند (Oksuz et al., 2009). ماهی در شرایط طبیعی نیازهای تغذیه‌ای و مصرف مواد مغذی خود را تنظیم کرده و معمولاً دچار کمبودهای تغذیه‌ای نمی‌شود، ولی این مشکل در ماهیانی که در شرایط پرورشی و اسارت نگهداری می‌شوند، ممکن است رخ دهد (Lovell, 1998; Arshadi et al., 2016). بسیاری از عناصر ضروری در مقادیر بسیار کم مورد نیاز است که تعیین میزان مورد نیاز این عناصر را مشکل می سازد. نقص در دریافت مواد معدنی می‌تواند باعث آسیب‌های بیوشیمیایی، ساختاری و عملکردی شود که به عوامل متعددی از جمله مدت زمان و درجه محرومیت بستگی دارد (Watanabe et al., 1997). وجود مواد معدنی در جیره غذایی حیوانات ضروری است چرا که مواد معدنی در فرآیندهای بیوشیمیایی مورد نیاز برای رشد و نمو طبیعی شرکت دارند. سلنیوم یک ماده مغذی اساسی برای رشد طبیعی، عملکرد فیزیولوژیکی و متابولیسم سلولی در ماهی است (Watanabe et al., 1997). سلنیوم به عنوان یک عنصر مهم برای تنظیم فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گلوتاتیون پروکسیداز است که غشاهای محافظتی را در سطح سلولی و زیرسلولی از آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند (Jaramillo et al., 2009). افزودن سلنیوم همراه با میزان بالایی از پروتئین در رژیم غذایی باعث تقویت وضعیت آنتی‌اکسیدانی در ماهی می‌شود (Le and Fotedar, 2014). در ماهیان، کمبود سلنیوم و تجمع بیش از حد آن می‌تواند موجب افزایش تلفات، کاهش رشد، کاهش فعالیت گلوتانیون پراکسیداز در پلاسما و بافت و افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و فساد بافت‌ها شود (Lin and Shiau, 2005; Deng et al., 2007; Wang et al., 2007). علاوه بر این کمبود سلنیوم ممکن است باعث افزایش تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و به دنبال آن موجب تضعیف دفاع آنتی‌اکسیدانی شود که به عنوان استرس اکسیداتیو تعریف می‌شود (Koracevic et al., 2001). حداقل مقدار سلنیوم برای ماهی با توجه به شکل سلنیوم دریافتی، در دسترس بودن سلنیوم رژیم غذایی، محتوای ویتامین E در رژیم غذایی و غلظت سلنیوم در آب متفاوت است. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با رژیم ۰/۱۵ تا ۰/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و در گربه ماهی کانالی با رژیم ۰/۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم سلنیوم مورد نیاز بر اساس رشد مطلوب و حداکثر فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز پلاسما تخمین زده شده است (Hilton et al., 1980; Gatlin et al., 1986). منیزیم نیز ماده‌ای است که برای فعال شدن آنزیم‌های دخیل در متابولیسم پروتئین وکربوهیدرات ضروری است و برای حفظ هموستاز داخل و خارج سلولی در بدن ماهی اهمیت دارد. منیزیم به عنوان یک ماده معدنی ضروری، دومین کاتیون فراوان درون سلول است و یک کوفاکتور برای مسیرهای متعدد آنزیمی و متابولیکی پروتئین، چربی و کربوهیدرات است (Lall, 2002; Vormann, 2003). منیزیم همچنین نقش مهمی در ضداکسیداسیون دارد و ایمنی را افزایش می‌دهد (Tam et al., 2003). گزارش شده است که مکمل‌های رژیم غذایی منیزیم باعث کاهش استرس اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد شده و کیفیت گوشت میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) و کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) را بهبود می‌بخشد (Roy et al., 2007). منیزیم اکسید همچنین با عملکرد نیمه هادی در تصفیه مواد زائد سمی نقش دارد (Zhang et al., 2011). کمبود منیزیم در کپور (Satoh et al., 1983)، گربه

ماهی (Gatlin et al., 1982) ، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Cowey et al., 1977)، ماهی آزاد آتلانتیک (EL-Mowafi and Maage, 1988) و گوپی (Shim and Ng, 1988)، به‌طورکلی باعث بی‌اشتهایی، کاهش رشد، کاهش مقدار منیزیم در استخوان و بدن و مرگ و میر بالا بوده است. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، کمبود منیزیم همچنین باعث کلسینوزیس کلیه، تغییر شکل مهره‌ها و انحطاط عضلات و سلول‌های اپیتلیال سکوم پیلوری و خارهای آبششی می‌شود (Ogino et al., 1978; Cowey et al., 1977). در گربه ماهی و قزل‌آلای رنگین‌کمان که با جیره‌های غذایی حاوی کمبود منیزیم تغذیه شدند، نشان داده شده که ظاهر عضلات آن‌ها فشرده شده است (Gatlin et al., 1982). در کپور نیز باعث تشنج و آب مروارید شده است (Ogino and Chiou, 1976).

تعامل بین پروتئین رژیم غذایی و غلظت منیزیم در تیلاپیا نشان داد که منیزیم بیش از حد (۰/۳۲٪) در رژیم غذایی کم پروتئین (۲۴٪)، باعث ایجاد نشانه سمیت می‌شود و کمبود منیزیم در رژیم با پروتئین بالا (۴۴٪)، باعث ایجاد هیپرکلسینوز کبدی می‌شود (Dabrowska et al., 1989). به‌طورکلی مقدار منیزیم در آب شیرین کم و در حدود ۱ تا ۳ میلی‌گرم در لیتر است که باید برای پاسخگویی به نیاز متابولیک ماهی در رژیم غذایی گنجانده شود. در محیط دریایی که غلظت منیزیم بالا و در حدود ۱۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر است، مکمل منیزیم در رژیم غذایی ممکن است ضروری نباشد (Sakamoto and Yane, 1979b; Bishop and Lall, 1977). نشان داده شد که نانوذرات سلنیوم موجود در جیره غذایی می‌توانند به افزایش وزن نهایی، افزایش سطح آنتی‌اکسیدانی و افزایش غلظت سلنیوم در ماهیچه‌ها منجر شود (Zhou et al., 2009). شیوع بیماری‌ها یک مشکل عمده در آبزی‌پروری محسوب می‌شود که جهت درمان برخی بیماری‌ها از واکسن‌های حاوی نانوذرات استفاده می‌شود. در آزمایشات دیده شده است که استفاده از نانوذرات باعث افزایش عملیات ژن‌رسانی می‌شود (Tomlinson et al.,1996). نانوذرات کربن یا آلومینیوم با مواد افزودنی زئولیت و آهن نیز می‌توانند در آبزی‌پروری برای حفظ شرایط هوازی و حذف آلاینده‌هایی مثل نیتریت، نیترات و آمونیاک در بسیاری از استخرهای پرورشی که به انواع باکتری‌ها آلوده هستند مفید واقع شوند.

ماهی سی‌باس آسیایی با نام علمی (*Lates calcarifer*) که در آسیا به نام باس دریایی (سی‌باس) و در استرالیا بارامونده‌ی شناخته می‌شود، از راسته سوف ماهی شکلان و یکی از اعضاء بزرگ خانواده Centropomidae است که قادر به تحمل محدوده شوری بالایی بوده و پراکنش آن از غرب اقیانوس هند تا اقیانوس آرام از خلیج فارس تا چین، تایوان، پاپوا گینه نو و شمال استرالیا گزارش شده است. بارامونده‌ی در دسته ماهیان کاتادروموس (فرورو) تقسیم‌بندی می‌شود که در فصل تولید مثل، محل زندگی خود در آب‌های شیرین و لب‌شور را ترک گفته و به آب‌های شور دریایی (غالباً در دهانه خوریات) مهاجرت می‌نماید (Ghavam Pour, 2016). مقاومت و تحمل بالا نسبت به تراکم و تغییرات فیزیولوژیک، هماوری بالا در جنس ماده، تکثیر آسان در هچری و سرعت رشد بالا موجب شده که بارامونده‌ی به عنوان گزینه‌ای ایده‌آل برای آبزی‌پروری مطرح شود. در پرورش این ماهی در استخرهای خاکی از غذاهای پلت و در پرورش در قفس تا ۷۰ درصد از ضایعات ماهی استفاده می‌شود. همچنین تلاش‌های تحقیقاتی جهت برآورد نیاز تغذیه‌ای و توسعه غذای فرموله مناسب به طور همزمان در حال پیشرفت است. نیاز تغذیه‌ای در مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و بسته به تکامل سیستم هضم یا ماهیت، تغییر می‌کند (Oujifard et al., 2014). سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی یک موجود هوازی می‌تواند مانع تولید رادیکال‌های آزاد، خنثی‌سازی آنها و ترمیم آسیب‌های وارد شده از جانب آنها شود. این سیستم آنتی‌اکسیدانی از یک مجموعه آنزیم‌ها با فعالیت آنتی‌اکسیدانی و یک گروه از مولکول‌ها با وزن مولکولی پایین تشکیل شده است (Diaz et al., 2010). ماهی ها با دارا بودن سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مانند دیگر مهره‌داران اثرات منفی گونه‌های واکنشگر اکسیژن (ROS= Reactive oxygen species) را با بهره‌گیری از مکانیسم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی تقلیل می‌دهند (Vinodhini and Narayanan, 2009).

Mohseni and Sotudeh (2013)، اثر سطوح مختلف سلنیوم جیره غذایی بر روند رشد و استرس اکسیداتیو بچه فیل ماهی پرورشی (*Huso huso*) تغذیه شده با سطوح بالای مس را مورد بررسی قرار دادند. همچنین Ahmadvand et al. (2015)، اثرات نانوذرات سلنیوم در مقایسه با سلنیوم آلی را بر شاخص‌های رشد کپورمعمولی مورد بررسی قرار دادند. Saffari et al. (2017)، به بررسی منابع مختلف سلنیوم (نانو، آلی و معدنی) بر رشد، ترکیب عضله و گلوتاتیون پراکسیداز در کپور معمولی (*Cyprinus*

carpio) پرداختند. ماهیان تغذیه شده با نانو سلنیوم به طور معنی-داری بیشترین میزان تجمع سلنیوم را در بافت‌های کبد و عضله در مقایسه با گروه شاهد و سلنیت نشان داد. در این تحقیق مشخص شد نانوسلنیوم تاثیر بیشتری در رشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی ماهی کپور نسبت به منابع دیگر سلنیوم دارد. هدف از انجام این تحقیق بررسی نقش نانوذرات سلنیوم و نانو ذرات منیزیم به صورت جداگانه و ترکیب باهم، بر رشد و بازماندگی ماهی سی‌باس آسیایی می‌باشد.

۲. مواد و روش کار

تعداد ۴۰۰ قطعه ماهی سی‌باس آسیایی از یکی از مراکز تکثیر و پرورش ماهی، تهیه و به آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر و مخازن پرورشی منتقل شدند. پس از ۲۴ ساعت عدم غذادهی به علت رفع استرس جابجایی، ماهی‌ها به مدت ۳۰ روز با جیره غذایی پایه اختصاصی ماهی سی‌باس شرکت فرادانه، با آنالیز بیوشیمیایی تقریبی جیره غذایی (بر اساس درصد وزن خشک: رطوبت: ٪۸-۶، خاکستر: ٪۱۳-۹، پروتئین: ٪۵۲-۵۰، چربی: ٪۱۳-۱۱، فیبر: ٪۲-۱، فسفر: ٪۱/۵-۱/۳، منیزیم: mg/Kg ۱۷-۱۲، سلنیوم: mg/Kg ۰/۶۵)، تغذیه و ۳ بار در روز و با روش سیری تغذیه شدند تا با شرایط نگهداری و پرورشی آزمایشی سازگار شدند. پس از اتمام دوره سازگاری، ماهیان با ظاهر سالم (عدم بدشکلی و خوردگی باله) و با میانگین وزنی ۱/۱۶±۳۲/۷۸ گرم جهت شروع دوره آزمایش انتخاب شدند. توزیع ماهیان به نحوی انجام شد که اختلاف معنی‌داری از لحاظ زی‌توده بین تیمارها وجود نداشته باشد.

جیره تجاری مورد استفاده در این تحقیق، جیره تجاری ماهی سی‌باس آسیایی ساخت کارخانه فرادانه بود که بر اساس آنالیز دقیق صورت گرفته، حاوی mg/Kg ۱۷ منیزیم و mg/Kg ۰/۶۵ سلنیوم در جیره پایه می‌باشد. سطح مکمل سلنیوم مورد نظر بر اساس نتایج پیشنهاد شده توسط تحقیقات گذشته انتخاب شده است که در آنها گزارش شده است که میزان سلنیوم مورد استفاده سی‌باس آسیایی، mg/Kg ۳/۵ تا mg/Kg ۴/۵ در جیره می‌باشد (Ilham et al., 2016). همچنین سطح مورد استفاده از نانوذرات منیزیم نیز بر اساس گزارشات اخیر (Zhang et al., 2016) انتخاب گردید که نشان می‌دهد میزان مورد نیاز منیزیم در سی‌باس ژاپنی (*Lateolabrax japonicus*)، به عنوان یک گونه دریایی که در آب شیرین پرورش داده می‌شود، ۵۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره است.

مقادیر نانوسلنیوم و نانومنیزیم بکار رفته در این تحقیق بر اساس مطالعات قبلی روی سایر آبزیان (Saffari et al., 2017)، انتخاب و بکار گرفته شد. این آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار (شامل ۱۲ واحد آزمایش) و تعداد ۸ ماهی در هر مخزن بود و دوره آزمایش، ۴۰ روز بود. چهار تیمار آزمایشی در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت که شامل:

تیمار شاهد: فقط با غذای تجاری و بدون افزودن هیچ گونه نانوسلنیوم و نانومنیزیم تغذیه شدند.

تیمار ۲: نانوسلنیوم به مقدار ۴ میلی‌گرم به جیره غذای تجاری اضافه شد.

تیمار۳: نانومنیزیم به مقدار ۰/۵ گرم به جیره پایه اضافه شد.

تیمار۴: ۴ میلی‌گرم نانوسلنیوم و ۰/۵ گرم نانومنیزیم به جیره پایه اضافه شد.

در طول دوره آزمایش، شاخص‌های کیفی آب شامل دما، اکسیژن محلول و pH به طور روزانه با استفاده از دستگاه مولتی‌متر (مدل Hatch HQ40d، ساخت آلمان) پایش و ثبت شد. میانگین دمای آب (۲۷/۶- ۲۶/۳ درجه سانتی‌گراد) و میزان پی‌اچ (۷/۴-۷/۱)، در طول دوره پرورش، ثبت گردید. میزان شوری آب مخازن پرورشی معادل ۲ واحد شوری (ppt) (مطابق با شوری آب مزرعه تکثیر و پرورشی که ماهیان از آنجا منتقل شده بودند) اندازه‌گیری شد و در طول دوره پرورش ثابت نگه داشته شد. اکسیژن محلول طی دوره آزمایش با هوادهی مداوم به میزان ۷/۹-۷/۵ میلی‌گرم در لیتر بود.

از غذای اختصاصی ماهی سی‌باس تولید شرکت فرادانه به عنوان غذای پایه استفاده شد. که ابتدا آسیاب و سپس مقادیر لازم از نانوذرات منیزیم (حالت پودری) و نانوسلنیوم (محلول) جهت ساخت جیره‌های مورد نظر، به خوبی با آب مقطر مخلوط گردیده و سپس به غذای پایه اضافه شد و سپس غذای خمیری حاصل چرخ شده و سپس تا حصول حدود ۱۰ درصد رطوبت، در دمای اتاق خشک شد. به منظور به حداقل رساندن اثرات آسیاب نمودن غذا و خشک کردن بر تاثیرات جیره، جیره پایه نیز با روش مشابه بدون اضافه کردن نانوذرات سلنیوم و نانومنیزیم آماده گردید. جیره‌های

ساخته شده تا زمان استفاده در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Ashouri et al., 2015).

در طول دوره پرورش، غذادهی به طور ثابت و تا حد سیری در هر تانک انجام شد. ماهیان به صورت دستی روزی دو بار (نوبت اول در ساعت ۱۰ صبح و نوبت دوم ۵ بعدازظهر) غذادهی شدند. پس از غذادهی، میزان غذای خورده نشده از تانک‌ها خارج شده و میزان آن محاسبه گردید (Kochaki et al., 2015). جهت کاهش تنش در ماهیان، ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری و زیست‌سنجی آزمایش، غذادهی قطع گردید. در روز ۴۲ جهت محاسبه شاخص‌های رشد و تغذیه، ماهیان بر اساس طول کل و وزن تر با استفاده از تخته زیست‌سنجی با دقت ۰/۱ سانتی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم، زیست‌سنجی گردیدند. در ابتدا ماهیان بوسیله عصاره گل میخک با غلظت ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بیهوش شدند (Mousavi et al., 2012). سپس هر ماهی بعد از زیست‌سنجی از ناحیه مخرجی به سمت ناحیه سینه‌ای با استفاده از قیچی جراحی کالبدگشایی گردید. احشاء به طور کامل خارج گردید و با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ مدل (Sartorius te 124s) ساخت کشور هند وزن‌کشی شدند. سپس با خارج نمودن کبد از احشاء به طور جداگانه توزین گردیدند. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده به فریزر۸۰- درجه سانتیگراد مدل (OPERON-DFU-128CE) ساخت کشور کره جنوبی، تا انجام سنجش‌های مورد نظر، منتقل شدند.

با استفاده از داده‌های حاصل از زیست‌سنجی در پایان دوره آزمایش، شاخص‌های زیر بر اساس روابط (۶-۱)، جهت سنجش کیفیت رشد و عملکرد نانوذرات سلنیوم و نانوذرات منیزیوم اضافه شده به جیره غذایی مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند (Hamza et al., 2008; Asadi et al., 2016).

رابطه (۱) Weight Gain (WG)= Final weight -Initial weight

رابطه (۲) Weight Gain Per cent (WG%) = (Final weight - Initial weight)/Initial weight×100

رابطه (۳) Specific Growth Ratio (SGR) = (ln final weight-ln initial weight)/feeding duration per day×100

رابطه (۴) Feed Conversion Ratio (FCR) = Food consumed (gr)/Weight gain (gr)

رابطه (۵) Protein Efficiency Ratio (PER) = Weight gain (gr)/Protein consumed (gr)

رابطه (۶) Survival Rate = Final fish rate/Initial Fish rate×100

به منظور سنجش میزان سلنیوم و منیزیم در کبد، از هر تیمار به طور تصادفی سه ماهی انتخاب و پس از آسان‌کشی، محوطه شکمی ماهیان، از ناحیه شکمی توسط قیچی و اسکالپل باز و کبد ماهیان خارج گردیده و در ویال‌های ۵ میلی‌لیتری قرار داده شد و بلافاصله به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد، منتقل گردیدند. سه نمونه کبد از هر تیمار که در فریزر۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار داشت، از فریزر خارج و هر سه کبد با هم مخلوط و هموژن شدند و مخلوط حاصل درون لوله آزمایش قرار گرفت و برای سنجش میزان منیزیم و سلنیوم کبد، مورد استفاده قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری منیزیم کبد از روش طیف سنجی نشری اتمی با پلاسمای جفت شده القایی پس از هضم نمونه‌ها در اسید نیتریک و اسید پرکلریک استفاده گردید (Liang et al., 2012). برای اندازه‌گیری سلنیوم، نمونه-های کبد هضم اسیدی شدند. برای این منظور حداکثر یک گرم از بافت کبد با ۸ میلی‌لیتر نیتریک اسید، ۰/۶۵ و ۱/۵ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید ۳۰٪ مخلوط شدند. پس از این مرحله، جهت هضم و یکنواخت شدن نمونه‌ها از سیستم ماکروویو استفاده شد. در نهایت نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی و آب دو بار تقطیر در ارلن فیلتر شدند و به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسیدند و در نهایت جهت اندازه-گیری سلنیوم از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل (Younglin AAS8020) ساخت کشور کره استفاده شد (Elia et al., 2011).

هر تانک به صورت یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد و نتایج به صورت خطای معیار± میانگین گزارش شد. در این تحقیق کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ صورت گرفت. از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) برای مقایسه شاخص‌های مختلف در تیمارهای مورد مطالعه و از پس‌آزمون دانکن برای مقایسات چندگانه بین تیمارها استفاده شد. سطح خطای تحقیق ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

۳. نتایج

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود. در انتهای دوره آزمایش، تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های رشد بین گروه شاهد و برخی تیمارهای مورد مطالعه وجود دارد. بالاترین میزان وزن نهایی در گروه نانوذرات سلنیوم ثبت گردید که تنها با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار ترکیبی نانوذرات سلنیوم و منیزیم مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان داده است. نتایج مربوط به درصد بازماندگی در تیمارهای مختلف در جدول ۱ آمده است.

درصد بازماندگی در انتهای دوره آزمایش هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارهای آزمایشی نشان نداد.

نتایج مربوط به تغذیه ماهیان جوان سی‌باس آسیایی با نانوذرات سلنیوم و منیزیم و ترکیب آنها در جدول ۲ نشان داده شده است. در انتهای دوره، بین گروه شاهد و تیمارهای آزمایشی در پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل میانگین خوراک مصرفی، میانگین ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین اختلاف معنی-داری وجود نداشت.

جدول ۱- شاخص‌های رشد ماهیان جوان سی‌باس آسیایی در انتهای دوره آزمایش (خطای معیار± میانگین و۳=n)

Table 1. Growth performance of Asian Sea Bass Juveniles at the end of the experimental period (Mean±SE, n = 3).

Growth parameter	Experimental treatments			
	Control	Nano Se	Nano Mg	Nano Se+Nano Mg
Initial weight (g)	33.02±2.35	34.33±1.21	31.94±3.56	31.83±0.41
Final weight (g)	54.22±4.41^{b}	75.02±2.40^{a}	64.36±3.92^{ab}	73.69±9.32^{a}
Weight gain (%)	65.01±21.26^{b}	118.77±13.01^{a}	103.91±32.91^{ab}	131.33±26.58^{a}
SGR (%/day)	1.23±0.32^{b}	1.95±0.14^{a}	1.75±0.42^{ab}	2.08±0.28^{a}
Survival rate (%)	74.07±27.96	88.88±19.24	77.77±19.24	85.18±6.41

*** Different letters in each row indicate a significant difference between the experimental groups (Mean ± S.E) (p<0.05).**

جدول ۲- شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان جوان سی‌باس آسیایی در انتهای دوره آزمایش (خطای معیار± میانگین و۳=n)

Table 2. Nutritional indices of Asian Sea bass Juveniles at the end of the experimental period (Mean±SE, n = 3).

Growth parameter	Experimental treatments			
	Control	Nano Se	Nano Mg	Nano Se+Nano Mg
Food consumed (g/fish)	34.43±2.50	49.80±15.98	39.58±16.87	52.19±19.27
FCR	1.59±0.35	1.20±0.28	1.23±0.45	1.31±0.69
PER	1.29±0.27	1.71±0.38	1.78±0.71	1.79±0.81

*** Different letters in each row indicate a significant difference between the experimental groups (Mean ± S.E) (p<0.05).**

جدول ۳: اندازه‌گیری سلنیوم و منیزیم کبدی ماهیان جوان سی‌باس آسیایی در انتهای دوره آزمایش (خطای معیار± میانگین و۳=n)

Table 3. Measurement of hepatic selenium and magnesium in Asian Sea bass juveniles the end of the experimental period (Mean±SE, n = 3).

Mineral	Experimental treatments			
	Control	Nano Se	Nano Mg	Nano Se+Nano Mg
Magnesium	110.00±2.00^{c}	108.00±8.00^{c}	126.00±6.00^{b}	147.00±7.00^{a}
Selenium	0.57±0.13^{b}	2.12±0.10^{a}	0.62±0.07^{b}	1.99±0.20^{a}

*** Different letters in each row indicate a significant difference between the experimental groups (Mean ± S.E) ($p<0.05$).**

نتایج مربوط به اندازه‌گیری سلنیوم و منیزیم کبدی در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین میزان تجمع سلنیوم در کبد مربوط به گروه نانوذرات سلنیوم بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر گروه‌ها به جز تیمار ترکیبی نشان داد. بیشترین میزان تجمع منیزیم در کبد مربوط به گروه ترکیبی نانوذرات سلنیوم و منیزیم بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد.

٤. نتیجه‌گیری

مطالعات گذشته نشان داده است که ترکیبات سلنیوم و منیزیم نقش مثبتی در رشد بعضی از گونه‌های ماهیان دارند. سلنیوم یک عنصر ضروری برای ماهیان است (Hamilton, 2004). ماهی می‌تواند سلنیوم را به‌طور مستقیم از آب جمع کند، اما مسیر غالب جذب سلنیوم از غذا است (Watanabe et al., 1997). در اکثر جانوران آبزی، نیاز به سلنیوم در جیره غذایی وابسته به گونه، سن، شکل غذا، محتوای ویتامین E در جیره غذایی و مسیر و مدت زمان قرار گرفتن در معرض سلنیوم می‌باشد (NRC, 2011). کاهش سنتز پروتئین، مسئول تاخیر در عملکرد رشد در ماهیان با کمبود سلنیوم است (Zhou et al., 2009). رشد ضعیف، کاهش کارایی خوراک و مرگ و میر بالا در مطالعات متعدد در مورد ماهیانی با جیره‌های کمبود منیزیم، مانند کپور معمولی، قزل‌آلای رنگین‌کمان، گربه ماهی کانالی و گوپی گزارش شده است (Liang et al., 2012). کاهش رشد در ماهی سی‌باس آسیایی تغذیه شده با جیره های فقیر از نظر ویتامین و مواد معدنی گزارش شده است (Boonyaratpalin and Williams, 2002). همچنین نیاز به منیزیم در آبزیان بسته به گونه و غلظت منیزیم در محیط آبی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که در ماهیان دریایی و آب شور، کمتر اثرات کمبود منیزیم و مواد معدنی، گزارش شده است (Shearer and Asgard, 1992). منیزیم بر تقسیم سلولی تأثیر می‌گذارد و نقش حیاتی را به عنوان کوفاکتور در مسیرهای بسیاری از آنزیم‌های دخیل در متابولیسم کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها و تولید انرژی ایفا می‌کند (Zhang et al., 2016). بنابراین می‌توان گفت سلنیوم و منیزیم احتمالا با تاثیر بر سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم بدن، باعث بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای در ماهیان مورد نظر شده‌اند.

نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج برخی از مطالعات دیگر همخوانی دارد. Jaramillo et al. (2009) با افزودن ۱ میلی‌گرم سلنو دی ال متیونین به جیره غذایی ماهی hybrid striped bass، بالاترین افزایش وزن را در مقایسه با دیگر تیمارها بدست آوردند. Liu et al. (2010)، با افزودن ۱ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم در جیره ماهی کوبیا، بالاترین میزان نرخ رشد ویژه را در مقایسه با سایر تیمارها و گروه کنترل بدست آوردند. Ashouri et al. (2015)، با افزودن ۱ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم به جیره غذایی ماهی کپور معمولی، بالاترین میانگین وزن نهایی و درصد افزایش وزن را بدست آوردند. Ilham et al. (2016)، در نتایج

خود بیان کردند که ماهیان سی‌باس آسیایی جوان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پودر سویا و پودر سویا تخمیر شده همراه با سلنیوم آلی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و رشد بالاتری در مقایسه با سایر گروه ها داشتند. Ilham et al. (2016)، با افزون ۲ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی ماهی سی‌باس آسیایی جوان حاوی ۲۵ میلی‌گرم پودر لوپین بالاترین میزان وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن را بدست آوردند. Ilham et al. (2016)، بالاترین میزان وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن را در ماهیان سی‌باس آسیایی جوان تغذیه شده با جیره‌های فاقد پودر سویا و ۲ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی بدست آوردند.

از تحقیقات صورت گرفته دیگر در خصوص اثرات مثبت نانوذرات سلنیوم در جیره غذایی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: استفاده از سطح ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم از نانوسلنیوم در جیره غذایی در مرحله جوانی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) توسط Ashouri et al. (2015)، به‌طوری‌که مقادیر ۱ میلی‌گرم اثرات افزاینده رشد داشته ولی مقادیر ۲ میلی‌گرم اثرات سمی داشته است. استفاده از نانوذرات سلنیوم به میزان ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در جیره غذایی ماهی *Megalobrama amblycephala*، که بیشترین تاثیر را در سطح ۰/۲ میلی‌گرم داشته است (Liu et al., 2017). استفاده از نانوسلنیوم در ترکیب با ویتامین E به میزان ۰/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم و مشاهده اثرات مثبت افزایش رشد در ماهی *Tor tambroides* (Khan et al., 2017) و استفاده از فرم‌های معدنی (سلنیت سدیم)، آلی (سلنومتیونین) و نانوسلنیوم به جیره ماهی کپور معمولی و مشاهده بیشترین شاخص‌های رشد در فرم نانوسلنیوم به میزان ۰/۷ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره (Saffari et al., 2017)، از دیگر مواردی است که می‌توان به آنها اشاره نمود.

Phromkunthong et al. (1997)، بالاترین میانگین وزن نهایی و افزایش وزن را در ماهیان سی‌باس آسیایی تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم منیزیم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی بدست آوردند. Ashouri et al. (2015)، با افزودن ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌گرم نانوذرات سلنیوم به جیره غذایی ماهی کپور معمولی هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در میانگین ضریب تبدیل غذایی مشاهده نکردند. Ilham et al. (2016)، با افزودن ۰ و ۲ گرم سلنیوم آلی به جیره‌های غذایی حاوی سطوح ۰، ۲۵ و ۷۵ درصد پودر سویا در ماهی سی‌باس آسیایی اختلاف معنی‌داری در میانگین ضریب تبدیل غذایی و میانگین خوراک مصرفی مشاهده نکردند. Ilham et al. (2016)، با افزودن ۰ و ۲ گرم سلنیوم آلی به جیره‌های غذایی حاوی سطوح ۰، ۲۵ و ۷۵ درصد پودر لوپین در ماهی سی‌باس آسیایی اختلاف معنی‌داری در میانگین ضریب تبدیل غذایی و میانگین خوراک مصرفی مشاهده نکردند. نتایج برخی از مطالعات با مطالعه حاضر همخوانی ندارد، نظیر مطالعه Han et al. (2011)، که با افزودن ۰/۱ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم در جیره ماهی Gibel carp، پایین‌ترین ضریب تبدیل را بدست آوردند که اختلاف معنی‌داری را نشان داد. Ilham et al. (2016)، در نتایج خود بیان کردند که ماهیان سی‌باس آسیایی جوان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پودر سویا تخمیر شده همراه با سلنیوم اختلاف معنی‌داری را در میانگین ضریب تبدیل غذایی نشان دادند در صورتی‌که میانگین خوراک مصرفی بین گروه های آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشت..Phromkunthong et al. (1997)، پایین‌ترین میانگین ضریب تبدیل غذایی را در ماهیان سی‌باس آسیایی تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ میلی‌گرم منیزیم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی بدست آوردند.

در انتهای دوره آزمایش درصد بازماندگی اختلاف معنی‌داری بین گروه‌های آزمایشی نداشت. نتایج برخی مطالعات با مطالعه حاضر همخوانی دارد. Ilham et al. (2016)، در نتایج خود بیان کردند که ماهیان سی‌باس آسیایی جوان تغذیه شده با جیره‌های حاوی پودر سویا تخمیر شده همراه با سلنیوم آلی، بازماندگی بالاتری در مقایسه با سایر گروه‌ها داشتند ولی اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند. Ilham et al. (2016)، با افزون ۲ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی ماهی سی‌باس آسیایی جوان فاقد پودر لوپین بالاترین بازماندگی ۱۰۰ درصدی را بدست آوردند. Ilham et al. (2016)، بازماندگی ۱۰۰ درصدی را در ماهیان سی باس آسیایی جوان تغذیه شده با جیره‌های فاقد پودر سویا و ۲ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی بدست آوردند. Ye et al. (2010)، بازماندگی ۱۰۰ درصدی ماهی *Epinephelus coioides* را در تیمارهای تغذیه شده با جیره های حاوی ۰، ۲۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم منیزیم به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی بدست آورند. اما برخی مطالعات نتایجی متفاوت از مطالعه حاضر داشتند. Liu et al. (2010) با افزودن

۱ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم در جیره ماهی کوبیا، بالاترین میزان بازماندگی را در مقایسه با سایر تیمارها و گروه کنترل بدست آوردند. Jaramillo et al. (2009)، با افزودن ۱ و ۴ میلی‌گرم سلنو دی ال متیونین به جیره غذایی ماهی hybrid striped bass بالاترین میانگین بازماندگی را در مقایسه با دیگر تیمارها بدست آوردند. اهمیت سلنیوم و میزان نیاز به آن به گونه نیز بستگی دارد (Pedrero and Madrid, 2009) و نیاز به سلنیوم ممکن است، در گونه‌های ماهیان متفاوت باشد (Lorentzen et al., 1994). از سوی دیگر میزان نیازمندی و سمیت سلنیوم خیلی به هم نزدیک است (Watanabe et al., 1997). De Forest et al. (1999)، بیان داشتند که ماهیان سردآبی نسبت به سمیت سلنیوم از ماهیان گرمابی حساستر هستند. همچنین نوع سلنیوم مصرفی آلی و معدنی نیز بر ماهی اثرگذار می‌باشد. مصرف ناکافی منیزیم با بروز بعضی از بیماری‌ها در حیوانات مختلف مرتبط است (Wang et al., 2011). عوامل مختلفی نظیر نوع نانوذره و اندازه آن، گونه پرورشی، مدت زمان آزمایش و همچنین مرحله زیستی مورد استفاده می‌تواند در تفاوت نتایج این مطالعه با پژوهش‌های یاد شده موثر باشد، که مستلزم مطالعات مقایسه‌ای بیشتری می‌باشد.

بیشترین میزان تجمع سلنیوم در کبد مربوط به گروه نانوذرات سلنیوم و ترکیبی نانوذرات سلنیوم و نانوذرات منیزیم بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر گروه‌ها نشان دادند. بیشترین میزان تجمع منیزیم در کبد مربوط به گروه ترکیبی نانوذرات سلنیوم و نانوذرات منیزیم بود که اختلاف معنی‌داری را با سایر گروه ها نشان داد. Liu et al. (2010)، ۱ میلی‌گرم سلنیوم به ازای هر کیلوگرم در جیره ماهی cobia بیشترین میزان تجمع سلنیوم در کبد را در مقایسه با سایر تیمارها و گروه کنترل بدست آوردند. Ashouri et al. (2015)، بالاترین میزان تجمع سلنیوم در کبد را با افزودن ۲ میلی‌گرم نانو ذره سلنیوم به جیره غذایی ماهی کپور معمولی بدست آوردند. Lorentzen et al. (1994) بیان کردند که بیشترین غلظت سلنیوم در کبد و کلیه یافت می‌شوند زیرا اندام های اصلی متابولیسم سلنیوم هستند. کبد و کلیه احتمالا انتقال زیستی ترکیبات خارجی و حذف آنها را بر عهده دارند، درحالی‌که دیگر بافت‌ها، به عنوان مثال عضله، می‌تواند به عنوان محل‌های تجمع عمل کند (Ciardullo et al., 2008). بنابراین بالا بودن میزان سلنیوم در کبد می‌تواند به دلیل متابولیسم آن در این اندام باشد. Dabrowska et al. (1989)، بین تیمارهای مختلف، اختلاف معنی‌داری در میزان تجمع منیزیم در کبد مشاهده نکردند. Liang et al. (2012)، با افزایش غلظت منیزیم جیره کپور علفخوار، روند افزایشی در میزان منیزیم سرم مشاهده کردند. Lin et al. (2013) با افزایش غلظت منیزیم در جیره غذایی hybrid tilapia نگهداری شده در آب شیرین روند افزایشی در میزان تجمع منیزیم کل بدن بدست آوردند، اما این روند در ارتباط با ماهیان نگهداری شده در آب شور وجود نداشت. Zhang et al. (2016) با افزایش غلظت منیزیم در جیره غذایی Japanese seabass روند افزایشی در میزان تجمع منیزیم کل بدن بدست آوردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان تجمع منیزیم در کبد ارتباط نزدیکی با میزان منیزیم جیره غذایی دارد. منیزیم نقش تنظیم‌کنندگی در فرآیندهای پروکسیدانی و آنتی‌اکسیدانی دارد (Ozmen et al., 2004). بالا بودن میزان منیزیم کبدی در تیمار مصرف‌کننده ترکیبی نانو ذرات سلنیوم و نانوذرات منیزیم از یک طرف می‌تواند دلیل بالا بودن میزان سلنیوم کبدی باشد و از طرف دیگر به علت نقشی است که منیزیم در آنزیم‌های دخیل در فرآیند متابولیسم سلنیوم دارد.

در این مطالعه اثر افزودن نانوذرات سلنیوم، نانوذرات منیزیم و ترکیب آنها بر شاخص‌های رشد، تغذیه، بازماندگی و میزان تجمع کبدی آنها بررسی شد. به طور کلی بر اساس نتایج حاصله، بیشترین میزان شاخص‌های رشد در تیمار ترکیبی نانوذرات سلنیوم و نانوذرات منیزیم و تیمار نانوذرات سلنیوم مشاهده گردید که با تیمار کنترل دارای اختلاف معنی‌داری بودند، اما بر شاخص‌های تغذیه و بازماندگی، تاثیر معنی‌داری نداشتند. با توجه به استفاده از این مکمل در این تحقیق، در یک دوره متوسط تغذیه ای (۴۲ روزه)، پیشنهاد می‌گردد، پس از بررسی اثرات بلند مدت این مکمل‌ها و همچنین بررسی اثرات فیزیولوژیک، نظیر بررسی فعالیت آنزیم‌های گوارشی، پارامترهای سرمی و شاخص‌های آسیب شناسی نظیر آنزیم‌های کبدی و شاخص‌های ایمنی ماهی سی‌باس آسیایی، استفاده از این مکمل‌ها (خصوصا ترکیب نانوسلنیوم (۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و نانومنیزیم (۰/۵ گرم در کیلوگرم))، در سیستم پرورش آب شیرین این گونه پیشنهاد شود.

۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بدین‌وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، به علت حمایت مالی و معنوی از این پروژه اعلام می-دارند.

References:

Ahmadvand, Sh., Keramat Amirkolaee, A.S., Oraji, H. and Ahmadvand, Sh. 2015. The Effects of Dietary Selenium Nanoparticles (Nano-Se) in Comparison with Organic Selenium (Selemax) on Growth Performance in the Diet of Common carp, *Cyprinus carpio*, *Journal of animal environment, 7*(2), pp. 189-196. doi: 20.1001.1.27171388.1394.7.2.21.5. (In Persian).

Arshadi, A., Yavari, V., Oujifard, A. and Mousavi, S.M. 2016. Effect of Different Levels of Dietary Nucleotide on Growth and Haemolymph Biochemical Parameters of *FemaleLitopenaeus vannamei* (Boone, 1931) during Maturation and Eyestalk Ablation, *Journal of Marine Science and Technology, 15*(2), pp.115-129. https://doi.org/10.22113/jmst.2016.33390. (In Persian).

Asadi, T, Zanguee, N., Mousavi, S.M. and Yavari, V. 2016. Effects of ginger extract on some hematological and serological parameters and growth performance in *Barbus sharpeyi*. *Journal of Marine Science and Technology, 15*(1), pp.100-110. https://doi.org/10.22 113/jmst.2016.9570.

Ashouri, S., Keyvanshokooh, S., Salati, A.P., Johari, S.A. and 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*, pp. 25–29. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.04.021.

Boonyaratpalin, M. and Williams, K. 2002. Asian Sea Bass, *Lates calcarifer*, Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture (eds C.D. Webster and C.Lim), *CAB International 2002*, pp.40-50.

Ciardullo, S., Aureli, F., Coni, E., Guandalini, E., Iosi, F., Raggi, A., Rufo, G. and Cubadda, F. 2008. Bioaccumulation potential of dietary arsenic, cadmium, lead, mercury, and selenium in organs and tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as a function of fish growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56*, pp. 2442–2451. doi: 10.1021/jf703572t.

Cowey, C.B., Knox, D., Adron, J.W., George, S. and Pirie, B. 1977. The production of renal calcinosis by magnesium deficiency in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *British Journal of Nutrition, 38*(1), pp. 127-35. doi: 10.1079/bjn19770068.

Dabrowska, H., Meyer-Burgdorff, K. and Gunther K.D. 1989. Interaction between dietary protein and magnesium level in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture, 76* (3-4), pp. 277-291. https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90081-1.

De Forest, D.K., Brix, K.V. and Adams, W.J., 1999. Critical review of proposed residue-based selenium toxicity thresholds for freshwater fish. *Human and Ecological Risk Assessment, 5*, pp. 1187–1228. doi: 10.1080/108070 39.1999.10518886.

Deng, D.F., Hung, S.S.O. and The, S.J. 2007. Selenium depuration: residual effects of dietary selenium on sacramento splittail (*Pogonichthys macrolepidotus*). *Science of the Total Environment, 377*(2), pp. 224-232. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.02.025.

Diaz, M.E., Sanz, A., Furne, M., Trezado, C.E., Garcia-Gallego, M. and Domezain, A. 2010. Antioxidant defences in the first life phases of the sturgeon *Acipenser naccarii*.

Aquaculture, *307*, pp.123-129. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.06.026.

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. *Ecotoxicology and environmental safety*, *74*(2), pp.166-173. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.04.006.

EL-Mowafi, A. and Maage, A. 1997. Magnesium requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) parr in seawater-treated fresh water. *Aquaculture Nutrition*, *4*, pp.31-38. doi: 10.1046/j.1365-2095.1998.00100.x.

Gatlin, D.M., Robinson, E.H., Poe, W.E. and Wilson, R.P. 1982. Magnesium requirement of fingerling channel catfish and signs of magnesium deficiency. *Journal of Nutrition. 112*(6), pp.1182-7. doi:10.1093/jn/112.6.1182. PMID: 7086546.

Gatlin, D.M., Poe, W.E. and Wilson, R.P. 1986. Effects of singular and combined dietary deficiencies of selenium and vitamin E on fingerling channel catfish *(Ictalurus punctatus)*. *Journal of Nutrition, 116, pp.*1061–1067. doi: 10.1093/jn/116.6.1061.

Ghavam Pour, A. 2016. *Introduction to the reproduction and cultivation of Asian seabass* (*Lates calcalifer*), Ministry of Agricultural Jihad, Hall for promoting agricultural knowledge and techniques, p. 43.

Halver, J.E. and Hardy, R.W. 2002. *Fish nutrition.* New York, Academic Press Inc.pp. 260-309.

Hamilton, S.J. 2004. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain. *Science of the Total Environment*, *326*(1), pp. 1-31. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.01.019.

Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I.B., Cahu, C. and Kestemont, P., 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activity and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture*, *275*(1), pp.274-282. doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.01.014.

Han, D., Liu, H., Liu, M., Xiao, X., Zhu, X., Yang, Y. and Xie, S. 2011. Effect of dietary magnesium supplementation on the growth performance of juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture Nutrition*, *18*(5), pp.512-520. doi: https://doi.org/10.1111/j.13652095.2011.00910.x.

Hilton, J. W., Hodson, P. V., and Slinger, S. J., 1980. The requirement and toxicity of selenium in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Nutrition*, *110*(12), pp. 2527-2535. doi: 10.1093/jn/110.12.2527.

Ilham, I., Siddik, M.A.B. and Fotedar, R. 2016. Effects of organic selenium supplementation on growth, accumulation, haematology and histopathology of juvenile barramundi (*Lates calcarifer*) fed high soybean meal diets. *Biological Trace Element Research, 174*, pp. 436–447. doi: 10.1007/s12011-016-0708-1.

Jaramillo, F.Jr., Peng, L.I. and Gatlin, D.M. 2009. Selenium nutrition of hybrid striped bass *(Morone chrysops × Morone saxatilis)* bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. *Aquaculture Nutrition*, *15*, *pp.* 160–165. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-095.2008.00579.x.

Khan, K.U., Zuberi, A., Nazir, S., Ullah, I., Jamil, Z. and Sarwar, H. 2017. Synergistic effects of dietary nano selenium and vitamin C on growth, feeding, and physiological parameters of mahseer fish (*Tor putitora*). *Aquaculture Reports*, *5*, pp.70-75. doi: https:// doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.002

Kochaki, L., Zakeri, M., Mousavi, S. M., Yavari, V. and Kochanian, P. 2015. Effect of feed frequency on growth performances, feed utilization and biochemical composition of sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*, *Journal of Fisheries*, *68*(4), pp.615-629. doi: 10.22059/jfisheries.2015.57254. (In Persian).

Koracevic, D., Koracevic, G., Djordjevic, V., Andrejevic, S., Cosic, V. 2001. Method for

the measurement of antioxidant activity in human fluids. *Journal of clinical pathology*, *54*(5), pp.356-361. doi: 10.1136/jcp.54. 5.356.

Lall, S.P. 2002. *The minerals.* In: Halver,J.E. and Hardy,R.W. (eds). Fish nutrition, 3rd edn. Academic Press Inc,SanDiego, Pp. 15:259–308.

Bishop, F.J. and Lall, S.P., 1977. *Studies on mineral and protein utilization by Atlantic salmon (Salmo salar) grown in sea water.* Canada Fisheries and Marine Service Technical Report, Technical Report of Canada Department of the Environment Fisheries and Marine Service, V. 688, P.17.

Le, K.T. and Fotedar, R. 2014. Bio availability of selenium from different dietary sources in yellow tail kingfish (*Seriola lalandi*). *Aquaculture*, *420–421*, pp. 57–62. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.10.034.

Liang, J.J., Tian, L.X., Liu, Y.J., Yang, H.J. and Liang, G.Y. 2012. Dietary magnesium requirement and effects on growth and tissue magnesium content of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquaculture Nutrition*, *18*, pp.56–64. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00876.x.

Lin, Y.H. and Shiau, S.Y. 2005. Dietary selenium requirement of juvenile grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture*, *250*(1), pp.356-363. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.03.022.

Lin, Y.H., Ku, C.Y. and Shiau, S.Y. 2013. Estimation of dietary magnesium requirements of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*, reared in freshwater and seawater. *Aquaculture*, *380–383*: 47–51. doi: 10.1016/j.aquaculture. 2012.11.034.

Liu, K., Wang, X.J., Ai, Q., Mai, K. and Zhang, W. 2010. Dietary selenium requirement for juvenile cobia (*Rachycetron canadum*). *Aquaculture Research*, *41*(10), pp. 594-601. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02562.x.

Liu, G.X., Jiang, G.Z., Lu, K.L., Li, X.F., Zhou, M., Zhang, D.D. and Liu, W.B. 2017. Effects of dietary selenium on the growth, selenium status, antioxidant activities, muscle composition and meat quality of blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture Nutrition*, *23*(4), pp. 777-787. doi: 10.1111/anu.12444.

Lorentzen, M., Maage, A. and Julshamn, K. 1994. Effects of dietary selenite or selenomethionine on tissue selenium levels of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, *121*, *pp*.359-367. doi: https://doi.org/10 .1016/0044-8486(94)90270-4.

Lovell, R.T. 1998. *Nutrition and feeding of fish*, Van Nostrand Reinhold, New York, 267pp.

Mohseni, M. and Sotudeh, A. 2013. The effects of dietary selenium on the oxidative stress of beluga, *Huso huso*, fed high copper. *Iranian Scientific Fisheries Journal*. *21*(4), pp. 105-114. doi: http://isfj.ir/article-1-805-fa.html. (In Persian).

Mousavi, S.M., Majdi Nasab, E., Yavari, V., Rajabzadeh Ghatrami, E. and Razi Jalali, M. 2012. Effects of two anaesthetic regimes, MS-222 and eugenol, on plasma biochemical profile in *Barbus sharpeyi*. *Comparative Clinical Pathology*, *21*, pp.859–863. doi: 10.1007/s00580-011-1189-4

NRC (National Research Council). 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academies Press, Washington, DC.

Oksuz, A., Ozyilmaz, A., Aktas, M., Gercek, G. and Motte, J. 2009. Comparative Study on Proximate, Mineral and Fatty Acid Compositions of Deep Seawater Rose Shrimp (*Parapenaeus longirostris*) and Red Shrimp (*Plesionika martia*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *8*(1), pp. 183-189. doi: https:// medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2009.183.189

Ogino, C. and Chiou, J.Y. 1976. Mineral requirements in fish. II. Magnesium requirement of carp. *Bulletin of the Japanese*

Society for the Science of Fish, *42*, pp.71–75. doi: https://doi.org/10.2331/suisan.42.71.

Ogino, C., Takashima, F. and Chiou, J.Y. 1978. Requirement of rainbow trout for dietary magnesium. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, *44*, pp.1105–1108.

Oujifard, A., Hosseini, A., Mohammadi dost, M., and Sadoni, E. 2014. Evaluation of potential Asian seabass (*Lates calcarifer*) culture in ponds of Choebde, Abadan. *Journal of Aquatic Ecology*, *3*(4), pp.50-41. doi: http://jae.hormozgan.ac.ir/article147en.html.

Ozmen, I., Bayir, A., Cengiz, M., Sirkeci Oglu, A.N. and Atamanalp, M. 2004. Effects of water reuse system on antioxidant enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792). *Veterinarni Medicina*, *49*, pp. 373-378. doi: 10.17221/5726-VETMED.

Pedrero, Z. and Madrid, Y. 2009. Novel approaches for selenium speciation in foodstuffs and biological specimens. *Analytica Chimica Acta*, *634*, pp. 135-152. doi: 10.1016/j.aca.2008.12.026.

Phromkunthong, W., Boonyaratpalin, M. and Starch, V. 1997. Different concentrations of ascorbyl-2-monophosphate-magnesium as dietary sources of vitamin C for seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, *151*, pp.225-243. doi: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01489-5.

Roy, L.A., Davis, D.A., Saoud, I.P. and Henry, R.P. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity waters. *Aquaculture*, *262*, pp.461–469. doi: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.10.011.

Saffari, S., Keyvanshokooh, S., Zakeri, M., Johari, S.A. and 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*, pp. 611-617. doi: https://doi.org/10.1111/anu.12428

Sakamoto, S. and Yone, Y. 1979. Mineral Mixture in Purified Diet for Red Sea Bream, *Nippon Suisan Gakkaishi*,*75*(7), pp. 873-877. doi: https://doi.org/10.2331/suisan.45.873.

Satoh, S., Yamamoto, H., Takeuchi, H., and Watanabe, T. 1983. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*. *49*, pp. 425-431.

Shearer, K.D. and Asgard, T. 1992. The effect of water-borne magnesium on the dietary magnesium requirement of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*, *9*, pp. 387–392. doi: https://doi.org/10.1007/BF02274219

Shim, K.F. and Ng, S.H. 1988. Magnesium requirement of the guppy (*Poecilia reticulata* Peters), *Aquaculture*, *73*(1–4), pp.131-141, doi: https://doi.org/10.1016/0044848 6(88) 90048-8.

Tam, M., Gomez, S., Gonzalez-Gross, M. and Marcos, A. 2003. Possible roles of magnesium on the immune system. *European Journal of Clinical Nutrition*, *57*, pp. 1193–1197. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601689

Tomlinson, E. and Rolland, A.P. 1996. Controllable gene therapy pharmaceutics of non-viral gene delivery systems, *Journal of Controlled Release*, *39*(2–3), pp.357-372, doi: https://doi.org/10.1016/01683659(95)00166-2.

Vinodhini, R. and Narayanan, M. 2009. Biochemical changes of antioxidant enzymes in common carp (*Cyprinus carpio*) after heavy metal exposure, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *33*, pp. 273-278. doi: 10.3906/vet-0711-18

Vormann, J. 2003. Magnesium: nutrition and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, *24*, pp. 27–37. doi: 10.1016/s0098-2997(02)00089-4.

Aquaculture, *291*(1), pp.78-81. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.03.007.

Wang, H., Zhang, J. and Yu, H. 2007. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: Comparison with selenomethionine in mice. *Free Radical Biology and Medicine, 42*(10), pp.1524-1533. doi: https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.013.

Wang, F.B., Luo, L., Lin, S.M., Li, Y., Chen, S., Wang, Y.G., Wen, H. and Hu, C.J. 2011. Dietary magnesium requirements of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture Nutrition, 17*, pp. e691– e700. doi: 10.1111/j.1365-2095.2010.00829.x.

Watanabe, T., Kiron, V. and Satoh, S. 1997. Trace minerals in fish nutrition. *Aquaculture*, *151*, pp. 185–207. doi: https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01503-7.

Ye, C.X., Tian, L.X., Mae, K.S., Yang, H.J., Niu, J. and Liu, Y.J. 2010. Dietary magnesium did not affect calcium and phosphorus content in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. *Aquaculture Nutrition, 4:* 378–384. doi: https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00675.x.

Zhang, K., An, Y., Wang, F., Lin, L. and Guo, H. 2011. Experimental investigation on water treatment by the combined nano MgO nano filtration technique. *Water Science Technology*, *63*, pp.2542–2546. doi: 10.2166/wst.2011.510.

Zhang, C.X., Huang, F., Li, J., Wang, L., Song, K. and Mai, K.S. 2016. Interactive effects of dietary magnesium and vitamin E on growth performance, body composition, blood parameters and antioxidant status in Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) fed oxidized oil. *Aquaculture Nutrition, 22* (3), pp. 708-722. doi: https://doi.org/10.1111/anu.12393.

Zhou, X., Wang, Y., Gu, Q. and Li, W. 2009. Effects of dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione proxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*).

Journal of Marine Science and Technology

Autumn 2023, Vol. 22, No.3, pp. 12-26.

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

Original Article

Effect of Selenium and Magnesium Nanoparticles on Growth performance and Survival of Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*)

Amin Ghaedtaheri[1], Saeed Keyvanshokouh[1], Seyed Mohammad Mousavi[1,2*], Hossein Pasha-Zanoosi[3]

1. Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.
2. Excellence Center of Warm Water Fish Health and Diseases, Ahvaz, Iran.
3 Department of Basic Sciences, Faculty of Economics and Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran.

[*] **Corresponding Author E-mail:** seied1356@yahoo.com

Received: 22 October 2018 **Revise Date:** 31 May 2020 **Accepted:** 2 June 2020

DOI: 10.22113/JMST.2020.153290.2219

Abstract

This study aimed to investigate the effect of selenium and magnesium nanoparticles and their composition on growth performance, nutritional indices, survival rate and hepatic accumulation of nano selenium and nano-magnesium in Asian Sea Bass (*Lates calcalifer*) with mean weight: 32.78 ± 1.16 g for 42 days. After four weeks of acclimation to the experimental conditions, 96 fish were randomly distributed in 12 fiberglass 300-liter tanks in equal numbers. Four treatments including nano-selenium and nano-magnesium free as control group, 4 mg nano-selenium treatment, 0.5 g nano-magnesium treatment and combination of 4 mg nano-selenium and 0.5 g nano-magnesium were investigated in this study. The fish were fed daily in two times based on station. Fish biometry was performed in all treatments at the end of the experiment. Samples needed to measure liver accumulation were collected at the end of the period. The results of this study showed that the final weight in the treatment of selenium nanoparticles was significantly different ($P < 0.05$), percentage of body weight gain and specific growth rate in selenium + magnesium nanoparticles treatment was significantly different compared to the control group ($P < 0.05$). Nutritional indices of protein yield coefficient, feed intake and feed conversion ratio were not significantly different among experimental treatments ($P > 0.05$). The results showed that the survival rate was not significantly different among experimental treatments ($P > 0.05$). The highest levels of selenium and magnesium accumulation in liver were related to selenium nanoparticles and selenium + magnesium nanoparticles, respectively, which were significantly different from other treatments ($P < 0.05$).

Key words: Nanoparticles, Selenium, Magnesium, Asian Sea Bass, Growth

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.