Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

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

Original Article

Positive role of selenium supplementation in diets of common carp (*Cyprinus carpio*)

Narges Saremi[1], Saeed Keyvanshokooh[1*], Seyed Mohammad Mousavi[1,2], Hamid Mohammadi Azarm[1]

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.

[*] **Corresponding Author Email:** keyvan56@yahoo.com

Received: 22 October 2023 **Revise Date:** 12 November 2023 **Accepted:** 10 January 2024

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of nano-selenium (Se) and vitamin C on the growth and nutritional indicators and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. Experimental diets were prepared with three levels of nanoselenium (0, 0.5, and 1 mg/kg) and three levels of vitamin C (0, 500 and 1000 mg/kg). The fish were randomly divided into nine experimental groups in triplicate and fed with experimental diets for eight weeks. The results showed that fish fed with C500Se1 and C500Se0.5 diets had a significantly higher specific growth rate than other treatments ($P<0.05$). The lowest feed conversion ratio was observed in the C1000Se1 treatment and the highest in the control group ($P<0.05$). Also, based on the results, no significant change was observed in the carcass biochemical composition of common carp juveniles ($P>0.05$). In general, the results show that the composition of nanoselenium and vitamin C had positive effects on the growth and nutritional indicators of common carp, and it can be stated that the diet enriched with 500 mg of vitamin C and 1 mg of nanoselenium is recommended to increase the growth of common carp.

Key words: Nanoparticles, *Cyprinus carpio*, Vitamins, Growth

Introduction

Selenium (Se) is an essential micronutrient that participates in the structure of selenoproteins with vital biological functions in humans and animals. Selenium is involved in antioxidant defense, growth, fertility, immunity, digestion, and absorption of food in farmed animals, and has been used in nutritional studies on various fish species. Combined supplementation of nanoselenium and vitamin C improved growth performance and health status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Dawood et al., 2020). However, the positive effects of combining nanoselenium with vitamin C in common carp have not been investigated. As studies on other species suggest that the positive effects of nanoselenium can be enhanced in combination with other micronutrients (Khalil et al., 2022), the present study aimed to investigate the effects of nanoselenium and vitamin C on growth performance and body biochemistry of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles.

Materials and methods

Experimental diets were prepared with three levels of nanoselenium (0, 0.5 and 1 mg/kg) and three levels of vitamin C (0, 500 and 1000 mg/kg). The fish were randomly divided into 9 experimental groups in triplicates and were fed with experimental diets for 8 weeks. The fish were fed twice a day (9:00 am and 17:00 pm). Each experimental treatment was aerated with constant aeration and about 20% of water was daily exchanged. During the experiment, water quality parameters were daily monitored. Temperature ranges from 27.5 to 28.3°C, pH was between 7.5 and 7.8, dissolved oxygen was 7.2 to 7.5 mg/ml and photoperiods were about 10 hours of light and 14 hours of dark and was adjusted according to the daily natural light. At the end of the experimental period, all fish in each treatment were biometrically measured and the growth parameters were calculated.

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

Results

The results showed that fish fed with C500Se1 and C500Se0.5 diets had a significantly higher specific growth rate than other treatments (P<0.05). The lowest feed conversion ratio was observed in the C1000Se1 treatment and the highest in the control group (P<0.05). Also, based on the results, no significant change was observed in the carcass biochemical composition of common carp juvenile (P>0.05).

Conclusion

In the present study, the addition of nanoselenium and vitamin C, alone or in combination, to the diet of common carp increased the final weight and SGR and improved the FCR. These findings are in agreement with studies that investigated the effects of Nanoselenium or vitamin C supplements in their separate application on common carp (Ashouri et al., 2015; Ghafarifarsani et al., 2022) and other fish species (Çiçek and Özoğul, 2021, Dawood et al. 2021). In general, the results show that the composition of nanoselenium and vitamin C had positive effects on the growth and nutritional indicators of common carp and it can be stated that the diet enriched with 500 mg of vitamin C and 1 mg of nanoselenium is recommended to increase the growth of common carp.

References

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. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.04.021

Çiçek, S., Özoğul, F. 2021. "Effects of selenium nanoparticles on growth performance, hematological, serum biochemical parameters, and antioxidant status in fish." *Animal Feed Science and Technology, 281:*115099. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115099.

Dawood, M.A.O., Zommara, M., Eweedah, N.M., Helal, A.I. 2020. "Synergistic effects of selenium nanoparticles and vitamin E on growth, immune-related gene expression, and regulation of antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)." *Biological trace element research*, *195:*624-635. https://doi.org/10.1007/s12011-019-01857-6

Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S.H., Javahery, S., Van Doan, H. 2022. "Effects of dietary vitamin C, thyme essential oil, and quercetin on the immunological and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*)." *Aquaculture*, *553:*738053. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738053

Khalil, H.S., Maulu, S., Verdegem, M., Abdel-Tawwab, M. 2022. "Embracing nanotechnology for selenium application in aquafeeds." *Reviews in Aquaculture. 15*(1): 112-129. https://doi.org/10.1111/raq.12705.

In Press

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.

Journal of Marine Science and Technology

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

اثرات مثبت سلنیوم در جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

نرگس صارمی[1]، سعید کیوان شکوه[1*]، سید محمد موسوی[1و2]، حمید محمدی آذرم

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

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

* **نویسنده مسئول، پست الکترونیک:** faedeh_amini@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۳۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۸/۲۱ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۱۰/۲۰

چکیده :

این مطالعه با هدف بررسی اثرات نانو سلنیوم (Se) و ویتامین C بر رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای و ترکیب بدن بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شد. جیره‌های آزمایشی با سه سطح نانوسلنیوم (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سه سطح ویتامین C (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تهیه شدند. ماهی‌ها به طور تصادفی به ۹ گروه آزمایشی در ۳ تکرار تقسیم شدند و به مدت ۸ هفته با جیره‌های غذایی تغذیه شدند. نتایج نشان داد که ماهی‌های تغذیه شده با جیره‌های غذایی C500Se1 و C500Se0.5 نسبت به سایر تیمارها به طور معنی‌داری نرخ رشد ویژه بالاتری داشتند (P<۰/۰۵). کمترین ضریب تبدیل خوراک در تیمار C1000Se1 و بیشترین در گروه کنترل مشاهده شد (P<۰/۰۵). همچنین بر اساس نتایج حاصله، تغییر معنی‌داری در ترکیبات بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که ترکیب نانوسلنیوم وویتامین C اثرات مثبتی بر رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی کپور معمولی داشته است و می توان بیان نمود که جیره غذایی غنی شده با ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم، برای افزایش رشد ماهی کپور معمولی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: نانوذرات، کپور معمولی، ویتامین، رشد.

۱. مقدمه

در یک مزرعه پرورش آبزیان بیش از ۵۰٪ هزینه‌های جاری مربوط به غذا و تغذیه می‌باشد. کیفیت و کمیت جیره غذایی از موضوعاتی است که می‌تواند بر سرعت رشد و بهره‌وری بیشتر تاثیر بسزایی داشته باشد و ترکیب مقادیر مناسب از اقلام غذایی در یک جیره غذایی متعادل شده این روند را بهبود می‌بخشد (Arshadi et al., 2016). سلنیوم یک عنصر کمیاب و در عین حال یک ریزمغذی ضروری برای انسان و حیوانات می‌باشد و نقش مهمی در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی، تنظیم متابولیسم هورمون‌های تیروئیدی و رشد سلولی ایفا می‌کند (Eisler, 2000). همچنین سلنیوم نقش مهمی در رشد، باروری و سیستم ایمنی موجودات پرورشی دارد. سلنیوم را می‌توان در مواد غذایی و ترکیبات آلی به صورت طبیعی یافت.

این عنصر بخشی جدایی ناپذیر از گلوتاتیون (GSH) است که با از بین بردن رادیکال‌های آزاد و پراکسیدها از سلول‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند (Lall and Kaushik, 2021) و فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) را به عنوان فراوان‌ترین سلنوپروتئین در ماهی (Arteel and Sies, 2001) حفظ می‌کند. Se به طور طبیعی می‌تواند به عنوان کمپلکس‌های شیمیایی معدنی یا آلی یافت شود (Garousi, 2015). با این حال، نشان داده شده است که مکمل‌های غذایی با اشکال ارگانیک Se برای بهبود عملکرد رشد و محافظت آنتی‌اکسیدانی ماهی در مقایسه با فرم‌های معدنی به طور قابل ملاحظه‌ای مناسب‌تر است (Khalil et al., 2022). در سال‌های اخیر، افزودن نانوسلنیوم (NSe)، به طور وسیعی در خوراک آبزیان و به‌عنوان شکل جدیدی از Se عنصری، با مزایایی نظیر بهبود عملکرد رشد، دفاع آنتی‌اکسیدانی و تقویت سیستم ایمنی و اثر بر سلامت کلی، مورد مطالعه قرار گرفته است (Dawood et al., 2019). ترکیب هم‌افزایی بین NSe و سایر ریزمغذی‌ها مانند روی (Longbaf Dezfouli et al., 2019)، ویتامین E (Dawood et al., 2020) ، اسیدهای چرب امگا ۳ (Kumar et al., 2022) و ویتامین C (Khan et al., 2017) ، گزارش شده است که برای افزایش راندمان آبزیان مفید است.

ویتامین C (VC)، یک ترکیب آنتی اکسیدانی محلول در آب است که در از بین بردن رادیکال‌های آزاد و بازیافت ویتامین E نقش دارد (Dabrowski, 2001). اثرات مفید VC بر عملکرد رشد، سلامتی

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.

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

و مقاومت در برابر استرس در ماهی به خوبی مشخص شده است (Dawood and Koshio, 2018). با توجه به مقالات منتشر شده، اطلاعات در مورد اثرات مخلوط نانوسلنیوم و ویتامین C، در ماهی کمیاب است.

با توجه به نقش سلنیوم در سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی و کارکرد آن در رشد، باروری و سیستم ایمنی، تراکم استخوانی و کاهش میزان مرگ و میر، هضم و جذب ماده غذایی و متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات در موجودات پرورشی، در تحقیق حاضر تلاش گردید امکان استفاده از نانوسلنیوم و ویتامین C در ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار گیرد. سلنیوم (Se) یک ریز مغذی ضروری است که در ساختار سلنوپروتئین‌ها با عملکردهای بیولوژیکی حیاتی در انسان و حیوانات شرکت می‌کند. مکمل غذایی ترکیبی از نانوسلنیوم و ویتامین C، باعث بهبود عملکرد رشد و وضعیت سلامتی در ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) شد (Dawood et al., 2022). همان‌طور که در مطالعات دیگر روی سایر گونه ها، اثرات نانوسلنیوم و سایر ریز مغذی‌ها، گزارش شده است (Khalil et al., 2022)، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثرات نانوسلنیوم و ویتامین C بر عملکرد رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی بدن در بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) طراحی گردید.

۲. مواد و روش کار

کلیه مراحل اجرایی کار از آبان ماه تا دی ماه ۱۳۹۸، در آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انجام پذیرفت. ترکیب تقریبی جیره غذایی پایه در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر Se و ویتامین Cبر اساس آنالیز صورت گرفته، در جیره غذایی پایه به ترتیب ۰/۱۶ و ۲۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم بود. پودر ویتامین C (ال–اسکوربیک اسید) با خلوص ۹۹ درصد از شرکت ACROSTM Organics، ایالات متحده و NSe (اندازه نانوذرات ۳۰–۴۵ نانومتر، خلوص ۹۹/۹۵) از شرکت پیشگامان نانومواد ایران، مشهد، ایران خریداری شد. مواد تشکیل‌دهنده جیره‌های غذایی آزمایشی به طور کامل با مواد مغذی مکمل و آب مخلوط شدند. خمیر سفت به دست آمده با استفاده از چرخ گوشت به صورت پلت‌های ۲–۳ میلی‌متری ساخته شد، در دمای اتاق خشک شد و سپس تا زمان استفاده در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سطوح مکمل نانوسلنیوم و ویتامین C، بر اساس مطالعات قبلی انتخاب شد. با توجه به تحقیقات قبلی، نشان داده شده است که کپور معمولی جوان نیاز به افزودن ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم در کیلوگرم رژیم غذایی (Ashouri et al., 2015) و ۵۰۰–۱۰۰۰ میلی‌گرم ویتامین C در کیلوگرم جیره غذایی (Ghafarifarsani et al., 2022) دارد. در این آزمایش، نه تیمار غذایی به شرح جدول ۲، مورد استفاده قرار گرفت.

تعداد ۳۲۴ قطعه ماهی کپور معمولی جوان به ظاهر سالم و بدون علایم رفتاری و ظاهری بیماری از یک کارگاه تکثیر خصوصی در استان خوزستان، ایران تهیه شد. قبل از شروع آزمایش، ماهی‌ها در یک سیستم با هوادهی مداوم و در تانک‌هایی مشابه شرایط آزمایش، به مدت دو هفته با شرایط آزمایشگاهی سازگار شدند. در طول دوره سازگاری، ماهی‌ها دو بار در روز با جیره غذایی پایه و به روش سیری تغذیه شدند. پس از سازگاری، تعداد ۱۲ ماهی با میانگین وزن بدن ۰/۱۵ ± ۱۰/۳۶ گرم در هر یک از ۲۷ مخزن استوانه‌ای فایبرگلاس ۳۰۰ لیتری و حاوی ۲۰۰ لیتر آب توزیع شدند. هر جیره غذایی آزمایشی به طور تصادفی و در ۳ تکرار مورد تغذیه ماهی‌ها قرار گرفت. ماهی‌ها دو بار در روز (ساعات ۹:۰۰ و ۱۷:۰۰) به مدت هشت هفته به حالت سیری تغذیه شدند. هر تیمار آزمایشی با هوادهی ثابت هوادهی می‌گردید و روزانه حدود ۲۰ درصد آب تعویض می گردید. در طول آزمایش، پارامترهای کیفیت آب به طور روزانه پایش شد. محدوده دما از ۲۷/۵ تا ۲۸/۳ درجه سانتیگراد، pH بین ۷/۵ تا ۷/۸، میزان اکسیژن محلول از ۷/۲ تا ۷/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر و دوره نوری حدود ۱۰ ساعت روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی بود و بر اساس میزان نور طبیعی روزانه تنظیم گردید.

در پایان دوره آزمایش، تمام ماهی‌های کپور در هر تیمار مورد بیومتری قرار گرفتند و پارامترهای زیر (روابط ۱ تا ۵) محاسبه شد.

در نهایت، دو ماهی از هر تکرار به طور تصادفی برای آنالیز بیوشیمیایی تقریبی لاشه نمونه‌برداری شدند. محتوای پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خاکستر بر اساس روش استاندارد AOAC (2005) تعیین شدند. نتایج به صورت میانگین± خطای معیار، آورده شدند. تمام داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه و پس آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها در بین تیمارها در سطح P <۰/۰۵ با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. آنالیز ANOVA دو طرفه نیز برای آزمایش اثرات سطوح ویتامین C و نانوسلنیوم و برهمکنش آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی بود.

1. Survival rate (%) = 100 × final fish number / initial fish number رابطه (۱)

2. Specific growth rate (SGR, %/ day) = 100 × (lnFBW - lnIBW)/ days of feeding رابطه (۲)

3. Feed conversion ratio (FCR) = food consumed/ FBW - IBW. رابطه (۳)

4. HSI (%) = 100 × (liver weight/ FBW) رابطه (۵)

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

5. VSI (%) = 100 × (viscera weight/ FBW) رابطه (۶)

۳. نتایج

جدول ۳ شاخص های رشد، تغذیه و بازماندگی را در ماهی کپور معمولی جوان تغذیه شده با جیره‌های غذایی آزمایشی به مدت هشت هفته را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل، در طول مطالعه هیچ مرگ و میری مشاهده نگردید و میزان بقا در تیمارهای آزمایشی ۱۰۰ درصد بود. بالاترین نرخ رشد ویژه (SGR) در گروه C500Se1 اندازه‌گیری شد، اما تفاوت معنی‌داری با مقدار SGR در گروه C500Se0.5 نداشت (P> ۰/۰۵). در مقابل، کمترین میزان SGR در گروه کنترل (C0Se0) ثبت شد (۰/۰۵ >P). بیشترین و کمترین مقدار FCR به ترتیب در تیمارهای شاهد (VC0NSe0) و C1000Se1 مشاهده شد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل ANOVA دو طرفه نشان داد که مقادیر SGR و FCR ماهی‌های کپور به طور معنی‌داری تحت‌تاثیر NSe و VC و برهمکنش آنها قرار گرفتند (P<۰/۰۵). ماهی تغذیه شده با جیره غذایی C1000Se1 دارای بالاترین شاخص کبدی (HSI) بود، اما از نظر آماری با HSI در ماهیان تیمار C1000Se0.5 تفاوت معنی‌داری نداشت (P> ۰/۰۵). تجزیه و تحلیل دو طرفه ANOVA نشان داد که هر دو مکمل نانوسلنیوم و ویتامین C، اثرات قابل توجهی بر HSI داشتند. با این حال، هیچ اثر متقابل معنی‌داری بین نانوسلنیوم و ویتامین C مربوط به HSI در ماهی‌های تغذیه‌شده با جیره‌های غذایی آزمایشی وجود نداشت. جیره‌های آزمایشی دارای اثر معنی‌دار بر شاخص احشایی (VSI) ماهیان تحت آزمایش نبودند.

نتایج حاصل از آنالیز تقریبی بیوشیمیایی بدن ماهیان تحت آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است. هیچ تفاوت معنی‌داری در میزان رطوبت، چربی خام، پروتئین خام و خاکستر در بدن کپورماهیان تحت مطالعه در بین تیمارهای آزمایشی وجود نداشت (P> ۰/۰۵).

جدول ۱: ترکیب و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی (گرم بر کیلوگرم جیره).

Table 1. Composition and proximate analysis of the experimental diets (g/ Kg diet).

Ingredients	C_0Se_0 (Control)	$C_0Se_{0.5}$	C_0Se_1	$C_{500}Se_0$	$C_{1000}Se_0$	$C_{500}Se_0$	$C_{1000}Se_{0.5}$	$C_{500}Se_1$	$C_{1000}Se_1$
Fishmeal	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Soybean meal	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Corn meal	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Wheat flour	168	168	168	168	168	168	168	168	168
Fish oil	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Soybean oil	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Filler (Cellulose)	2 (2000 mg)	1.9995 (1999.5 mg)	1.999 (1999 mg)	1.5 (1500 mg)	1 (1000 mg)	1.4995 (1499.5 mg)	0.9995 (999.5 mg)	1.499 (1499 mg)	0.999 (999 mg)
Vitamin C (VC)	0	0	0	0.5 (500 mg)	1 (1000 mg)	0.5 (500 mg)	1 (1000 mg)	0.5 (500 mg)	1 (1000 mg)
Selenium nanoparticles (NSe) [a]	0	0.0005 (0.5 mg)	0.001 (1 mg)	0	0	0.0005 (0.5 mg)	0.0005 (0.5 mg)	0.001 (1 mg)	0.001 (1 mg)
NSe-VC free premix [b]	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Proximate composition (%)[c]									
Protein	38.71 ± 0.13	38.30 ± 0.12	38.58 ± 0.21	38.41 ± 0.05	38.55 ± 0.13	38.56 ± 0.09	38.49 ± 0.11	38.61 ± 0.18	38.54 ± 0.05
Lipid	8.03 ± 0.03	8.14 ± 0.03	8.04 ± 0.04	8.18 ± 0.02	8.20 ± 0.14	8.19 ± 0.00	8.15 ± 0.02	8.09 ± 0.04	8.18 ± 0.01
Dry matter	90.95 ± 0.04	91.02 ± 0.08	90.78 ± 0.34	91.10 ± 0.18	90.77 ± 0.38	91.07 ± 0.21	90.85 ± 0.28	90.55 ± 0.344	90.68 ± 0.22
Ash	10.32 ± 0.12	10.48 ± 0.13	10.35 ± 0.07	10.34 ± 0.15	10.42 ± 0.09	10.38 ± 0.13	10.35 ± 0.03	10.33 ± 0.04	10.49 ± 0.10

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

Crude fiber	3.16 ± 0.04	3.11 ± 0.06	3.13 ± 0.05	3.15 ± 0.08	3.12 ± 0.05	3.10 ± 0.02	3.19 ± 0.07	3.09 ± 0.02	3.23 ± 0.04

[a] NSe was prepared from Iranian Nanomaterials Pioneers, Mashhad, Iran.
[b] Supplied by Damloran Razak Pharma. Co., Iran, and contains the following (per kg of premix): Vitamin A, 50000 IU; Vitamin D_3, 10000 IU; Vitamin E, 30; Vitamin B_1, 20; Vitamin B_2, 10; Vitamin B_6, 3; Vitamin K_3, 15; Nicotinamide, 150; Calcium Pantothenate, 40; Copper (Cu^{++}), 30; Iron (Fe^{++}), 100; Zinc (Zn^{++}), 150; Manganese (Mn^{++}), 200. [c]Values are presented as mean ± SE, n = 3

جدول ۲: تیمارهای آزمایشی طراحی شده.

Table 2: Designed experimental treatments

Nanoselenium	Vitamin C	Treatments
0	0	C0Se0 (Control)
0.5 mg/kg	0	C0Se0.5
1 mg/kg	0	C0Se1
0	500 mg/kg	C500Se0
0	1000 mg/kg	C1000Se0
0.5 mg/kg	500 mg/kg	C500Se0.5
0.5 mg/kg	1000 mg/kg	C1000Se0.5
1 mg/kg	500 mg/kg	C500Se1
1 mg/kg	1000 mg/kg	C1000Se1

جدول ۳. اثرات رژیم غذایی حاوی نانوسلنیوم و ویتامین C و ترکیب آنها بر عملکرد رشد، مصرف خوراک و شاخص‌های جسمی ماهی کپور معمولی جوان به مدت ۸ هفته (mean ± SE, n = 3).

Table 3. Effects of dietary Nanoselenium, Vitamin C, and their combination on growth performance, feed utilization, and somatic indices of juvenile common carp for 8 weeks (mean ± SE, n = 3).

Treatments	Initial weight (g)	Final weight (g)	SGR (%/ day)	FCR	HSI (%)	VSI (%)	Survival (%)
C_0Se_0 (Control)	10.28±0.29	20.02±0.63 ^{e}	1.40±0.05^{c}	2.40±0.05 ^{a}	1.24±0.06 ^{d}	8.21±0.35	100
$C_0Se_{0.5}$	11.21±0.61	25.02±0.78 ^{c}	1.73±0.03^{b}	1.88±0.02^{cd}	1.57±0.09^{bcd}	8.62±0.66	100
C_0Se_1	10.70±0.25	26.31±0.77^{bc}	1.74±0.01^{b}	2.09±0.12^{b}	1.37±0.06 ^{cd}	8.20±0.11	100
$C_{500}Se_0$	10.31±0.35	22.99±0.52 ^{d}	1.72±0.04^{b}	1.93±0.01^{c}	1.32±0.01^{d}	8.22±0.05	100
$C_{1000}Se_0$	11.11±0.69	27.24±0.28 ^{b}	1.75±0.00^{b}	1.59±0.03^{e}	1.71±0.09^{b}	7.90±0.36	100
$C_{500}Se_{0.5}$	10.56±0.58	30.38±0.47 ^{a}	1.92±0.02^{a}	1.60±0.03 ^{e}	1.68±0.16^{bc}	8.48±0.34	100
$C_{1000}Se_{0.5}$	11.10±0.20	27.88±0.18 ^{b}	1.75±0.01^{b}	1.73±0.02^{de}	1.77±0.12 ^{ab}	7.16±0.54	100
$C_{500}Se_1$	10.69±0.95	31.25±0.50 ^{a}	1.98±0.01^{a}	1.69±0.04 ^{e}	1.72±0.15 ^{b}	7.87±0.80	100
$C_{1000}Se_1$	11.21±0.41	29.80±0.54 ^{a}	1.77±0.02^{b}	1.42±0.05 ^{f}	2.06±0.04 ^{a}	7.26±0.31	100
Two-way ANOVA: *P*-value							
VC effects	NS	0.000	0.000	0.000	0.000	NS	NS
NSe effects	NS	0.000	0.000	0.000	0.006	NS	NS

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

VC × NSe	NS	0.000	0.000	0.000	NS	NS	NS

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

جدول ٤. اثرات رژیم غذایی حاوی نانوسلنیوم و ویتامین C و ترکیب آنها بر ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهی کپور معمولی جوان به مدت ۸ هفته (mean ± SE, n = 3).

Table 4. Effects of dietary Nanoselenium, Vitamin C, and their combination on body composition of juvenile common carp for 8 weeks (mean ± SE, n=3).

Treatments	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)
C_0Se_0 (Control)	73.25±0.41	51.67±0.38	32.40±1.59	7.61±0.63
$C_0Se_{0.5}$	72.56±0.51	52.79±1.52	32.65±1.02	8.26±0.37
C_0Se_1	73.65±0.45	53.20±0.18	31.27±1.47	8.73±0.42
$C_{500}Se_0$	72.28±0.65	51.31±0.72	34.23±1.30	7.65±0.70
$C_{1000}Se_0$	72.49±0.84	51.47±2.18	32.23±0.63	8.73±0.37
$C_{500}Se_{0.5}$	72.97±0.54	53.04±0.98	30.59±0.87	8.42±0.15
$C_{1000}Se_{0.5}$	72.12±1.15	51.12±0.38	32.84±1.04	8.72±0.14
$C_{500}Se_1$	72.19±0.45	53.85±3.20	31.96±1.05	8.10±0.29
$C_{1000}Se_1$	71.33±1.52	52.43±3.31	33.04±1.05	8.00±0.57
Two-way ANOVA: *P*-value				
VC effects	NS	NS	NS	NS
NSe effects	NS	NS	NS	NS
VC × NSe	NS	NS	NS	NS

Means in the same column with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

٤. بحث

در مطالعه حاضر، افزودن نانوسلنیوم و ویتامین C، به تنهایی یا به صورت ترکیبی به جیره غذایی ماهی کپور معمولی، وزن نهایی و SGR را افزایش داد و FCR را بهبود بخشید. این یافته‌ها در راستای مطالعاتی است که اثرات مکمل‌های NSe یا ویتامین C را در کاربرد مجزای آنها روی ماهی کپور معمولی (Ashouri et al., 2015; Ghafarifarsani et al., 2022) و سایر گونه‌های ماهی مورد بررسی قرار داده است (Çiçek and Özoğul, 2021, Dawood et al. 2021). در اکثر گونه‌های آبزی، آنزیم گلوکونولاکتون اکسیداز وجود ندارد، بنابراین آنها قادر به سنتز اسید اسکوربیک از D– گلوکز نیستند (El Basuini et al., 2021). بنابراین، کبد و کلیه‌های بسیاری از ماهی‌ها فاقد آنزیم ال–گلوکونولاکتون اکسیداز هستند که برای ساخت ویتامین C لازم است (Ai et al., 2004). مقدار ویتامین C مورد نیاز ماهی ها به سن، اندازه، گونه و شرایط پرورش آنها بستگی دارد (Dawood and Koshio, 2016)

ویتامین C نقش موثری در بهبود عملکرد رشد ماهیان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی این ویتامین دارد. این تاثیر ممکن است با دخالت ویتامین C در افزایش سطح هورمون رشد در خون، تغییر شکل روده، و تقویت سطح جذب روده در ماهی توضیح داده شود (Abdel Rahman et al., 2018). توانایی ویتامین C برای تحریک سنتز پروتئین ممکن است توضیح دهد که چرا ماهی کپور معمولی پس از دریافت مکمل‌های ویتامین C سریعتر رشد می‌کند و وزن اضافه می‌کند (Faramarzi, 2012). علاوه بر این، در این روند، VC تعداد پرزهای روده و سلول‌های جامی و همچنین جمعیت میکروبیوتای روده را افزایش می‌دهد (Abdel

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

(2013) Wang et al. .Rahman et al., 2018) ، نشان دادند که غلظت معینی از nano-se باعث افزایش محتوای پروتئین سلول‌های اپیتلیال روده ماهی کپور صلیبی (*Carassius auratus gibelio*) می-شود. افزایش پروتئین درون سلولی سلول‌های اپیتلیال روده ممکن است باعث متابولیسم بهتر مواد خوراکی و در نتیجه افزایش رشد بیشتر شود.

در مقایسه با Se آلی و معدنی، NSe به دلیل اندازه کوچکش، در دسترس بودن، استفاده و جذب بیشتر در روده و اندام های گوارشی آبزیان، شناخته شده است که می‌تواند عملکرد رشد را افزایش دهد (Saffari et al., 2017). گزارش شده است که خواص محرک رشد ویتامین C عمدتاً ناشی از نقش آن در افزایش کارایی رژیم غذایی و همچنین مشارکت در متابولیسم پروتئین است (Dawood and Koshio, 2018). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، بهترین عملکرد رشد در بین تیمارهای آزمایشی در گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی ۰/۵ میلی‌گرم نانوسلنیوم و ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C و ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم و ۵۰۰ میلی‌گرم ویتامین C می‌باشد. این نتایج نشان داد که NSe و VC می-توانند به طور هم‌افزایی برای افزایش عملکرد رشد بچه ماهی‌های کپور معمولی عمل کنند. به همین ترتیب، Khan et al. (2017) گزارش دادند که ویتامین C به میزان ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره و نانوسلنیوم به میزان ۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم جیره، به طور مثبتی اثرات تغذیه‌ای یکدیگر را روی پارامترهای رشد و تغذیه ماهی جوان ماهسیر پوتیتور *Tor putitora* (Putitor Mahseer) افزایش می‌دهند. همچنین، ترکیبی از ویتامین C به میزان ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و نانوسلنیوم به میزان ۰/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره، کارایی بالاتری را در افزایش رشد ماهی تیلاپیای نیل در مقایسه با هر کدام از این مکمل‌ها به صورت انفرادی نشان دادند (Dawood et al., 2020). طبق نتایج به دست آمده در این تحقیق، هر دو مکمل در تمام سطوح مورد آزمایش، دارای اثرات مثبت بر رشد می‌باشند با این حال، مقایسه گروه‌های ترکیبی نشان داد که ماهی‌های گروه‌های C1000Se0.5 و C1000Se1 عملکرد رشد کمتری نسبت به گروه‌های C500Se0.5 و C500Se1 داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که VC در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اثر محرک رشد مکمل NSe را اندکی کاهش داده است. دلیل آن می‌تواند این باشد که اثر مفیدNSe ، هنگامی که با سطح بالای VC ترکیب می‌شود، از فرآیند افزایش رشد به سایر فعالیت‌های فیزیومتابولیک منتقل شده است. شاخص‌های سوماتیک، از جمله HSI و VSI، منعکس کننده شرایط تغذیه‌ای ماهی هستند و در تحقیقات تغذیه با ریز مغذی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Dawood et al., 2017). HSI همچنین با ذخایر انرژی و انتقال مواد مغذی از کبد به اندام‌های مختلف در ارتباط است (Farzad et al., 2021). شاخص VSI به طور قابل توجهی تحت تاثیر مکمل NSe یا VC قرار نگرفت. با این حال، ماهی-های تیمارهای C1000Se1 و C1000Se0.5 بالاترین مقادیر HSI را در میان تیمارهای آزمایشی نشان دادند. بنابراین، افزایش قابل توجه در HSIو عملکرد رشد خوب در ماهیان همان تیمارهای آزمایشی می‌تواند به ذخایر انرژی مناسب و انتقال مواد مغذی مرتبط باشد. در این تحقیق، هیچ تفاوت قابل توجهی در ترکیب بدن بچه ماهیان کپور تغذیه شده با جیره‌های حاوی NSe و یا VC مشاهده نگردید. این نتایج با نتایج سایر محققانی که تفاوت معنی‌داری در ترکیب لاشه بدن ماهی کپور در پاسخ به جیره‌های غذایی NSe (Ashouri et al., 2015) یا VC (Ghafarifarsani et al., 2022) پیدا نکردند، همراستا می باشد. این مشاهدات یافته‌های قبلی را تأیید می‌کنند که ترکیب بدن کپور معمولی *C. carpio*به منابع مختلف تغذیه‌ای Se آلی، Se غیرآلی و NSe، حساس نیست(Ashouri et al. 2015, Saffari et al. 2017) . به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که ترکیب NSe و VC اثرات مثبتی بر رشد و شاخص‌های تغذیه‌ای ماهی کپور معمولی داشته است و می توان بیان نمود که جیره غذایی غنی شده با ۵۰۰ میلی گرم ویتامین C و ۱ میلی‌گرم نانوسلنیوم برای افزایش رشد ماهی کپور معمولی توصیه می‌شود.

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 می‌دارند.

6. References

Abdel Rahman, A.N., Khalil, A.A., Abdallah, H.M. and ElHady, M. 2018. The effects of the dietary supplementation of *Echinacea purpurea* extract and/or vitamin C on the intestinal histomorphology, phagocytic activity, and gene expression of the Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunology. 82*: 312–318. 2018.08.02410.1016/j.fsi.doi:

Ai, Q.H., Mai, K.S., Zhang, C.X., Xu, W., Duan, Q.Y. and Tan, B.P. 2004. Effects of dietary vitamin C on growth and immune response of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture, 242*: 489-500. doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.08.016

AOAC. 2005. *Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International*. 18 ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists

Arshadi, A., Yavari, V., Oujifard, A., 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*

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

Marine Science and Technology, 15(2): 115-129. (In Persian). https://doi.org/10.22113/jmst.2016.33390.

Arteel, G.E., Sies, H. 2001. "The biochemistry of selenium and the glutathione system." *Environmental Toxicology and Pharmacology* no. 10 (4):153-158. https://doi.org/10.1016/S1382-6689(01)00078-3

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. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.04.021

Çiçek, S., Özoğul, F. 2021. "Effects of selenium nanoparticles on growth performance, hematological, serum biochemical parameters, and antioxidant status in fish." *Animal Feed Science and Technology, 281:*115099. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115099

Coz-Rakovac, R, I Strunjak-Perovic1, M Hacmanjek, N Topic Popovic, Z Lipej, and B Sostaric. 2005. "Blood chemistry and histological properties of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the North Adriatic Sea." *Veterinary research communications, 29*:677-687. https://doi.org/10.1007/s11259-005-3684-z

Dabrowski, K. 2001. "History, present and future of ascorbic acid research in aquatic organisms." In *Ascorbic Acid in Aquatic Organisms—Status and Perspectives*, 255-277. CRC Press Boca Raton.

Dawood, M.A.O., El-Basuini, M.F., Yilmaz, S., Abdel-Latif, H.M.R., Abdul Kari, Z., Abdul Razab, M.A., Ahmed, H.A., Alagawany, M., Gewaily, M.S. 2021. "Selenium nanoparticles as a natural antioxidant and metabolic regulator in aquaculture: a review." *Antioxidants,10 (9):*1364. https://doi.org/10.3390/antiox10091364

Dawood, M.A.O., Koshio, S. 2018. "Vitamin C supplementation to optimize growth, health and stress resistance in aquatic animals." *Reviews in Aquaculture, 10 (2):*334-350. doi: 10.1111/raq.12163.

Dawood, M.A.O., Koshio, Sh., Zaineldin, A.I., Van Doan, H., Ahmed, H.A., Elsabagh, M., Abdel-Daim, M.M. 2019. "An evaluation of dietary selenium nanoparticles for red sea bream (*Pagrus major*) aquaculture: growth, tissue bioaccumulation, and antioxidative responses." *Environmental Science and Pollution Research, 26* (30):30876-30884. doi: https://doi.org/10.1007/s11356-019-06223-6

Dawood, M.A.O., Koshio, Sh., Zaineldin, A.I., Van Doan, H., Moustafa, E.M., Abdel-Daim, M.M., Esteban, M.A., Hassaan, M.S. 2019. "Dietary supplementation of selenium nanoparticles modulated systemic and mucosal immune status and stress resistance of red sea bream (*Pagrus major*)." *Fish physiology and biochem*istry, *45* (1):219-230. doi: 10.1007/s10695-018-0556-3

Dawood, M.A.O., Zommara, M., Eweedah, N.M., Helal, A.I. 2020. "Synergistic effects of selenium nanoparticles and vitamin E on growth, immune-related gene expression, and regulation of antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)." *Biological trace element research*, *195:*624-635. https://doi.org/10.1007/s12011-019-01857-6

Dawood, M.A.O., Zommara, M., Eweedah, N.M., Helal, A.I., Aboel-Darag, M.A. 2020. "The potential role of nano-selenium and vitamin C on the performances of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)." *Environmental Science and Pollution Research*, *27:* 9843-9852. doi: 10.1007/s11356-020-07651-5

Dawood, M.A.O., Koshio, Sh., Ishikawa, M., Yokoyama, S., El Basuini, M.F., Hossain, M.S., Nhu, T.H., Moss, A.S., Dossou, S., Wei, H. 2017. "Dietary supplementation of β-glucan improves growth performance, the innate immune response and stress resistance of red sea bream, *Pagrus major*." *Aquaculture Nutrition, 23* (1):148-159. https://doi.org/10.1111/anu.12376

Dawood, M.A.O. and Koshio, S. 2016. Vitamin C supplementation to optimize growth, health and stress resistance in aquatic animals. Reviews in Aquaculture, 10, 334-350. https ://doi.org/10.1111/ raq.12163.

Eisler, R. 2000. *Handbook of chemical risk assessment: health hazards to humans, plants, and animals.* Vol. 3. Boca Raton, FL: CRC Press, Boca Raton, FL.

El-Basuini, M.F., Shahin, S.A., Teiba, I.I., Zaki, M.A.A., El-Hais, A.M., Sewilam, H., Almeer, R., Abdelkhalek. N. and Dawood, M.A.O. 2021. The influence of dietary coenzyme Q10 and vitamin C on the growth rate, immunity, oxidative-related genes, and the resistance against *Streptococcus agalactiae* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture. 531:*735862. doi: 10.1016/j.aquaculture.2020.735862

Ellman, G.L. 1959. "Tissue sulfhydryl groups." *Archives of biochemistry and biophysics, 82* (1):70-77. https://doi.org/10.1016/0003-9861(59)90090-6

In Press

***In Press* / DOI:** 10.22113/JMST.2024.421855.2554

Faramarzi, M. 2012. Effect of dietary vitamin C on growth and feeding parameters carcass composition and survival rate of Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Global Veterinaria, 8:* 507-510. https://www.idosi.org/gv/GV8(5)12/14.pdf

Farzad, R., Kuhn, D.D., Smith, S.A., O'Keefe, S.F., Hines, I.S., Bushman, T.J., Galagarza, O.A., Stevens, A.M. 2021. "Effects of selenium-enriched prebiotic on the growth performance, innate immune response, oxidative enzyme activity and microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)." *Aquaculture, 531:*735980. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735980

Garousi, F. 2015. "The toxicity of different selenium forms and compounds–Review." *Acta Agraria Debreceniensis (64):*33-38. https://doi.org/10.34101/actaagrar/64/1859

Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S.H., Javahery, S., Van Doan, H. 2022. "Effects of dietary vitamin C, thyme essential oil, and quercetin on the immunological and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*)." *Aquaculture*, *553:*738053. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738053

Khalil, H.S., Maulu, S., Verdegem, M., Abdel-Tawwab, M. 2022. "Embracing nanotechnology for selenium application in aquafeeds." *Reviews in Aquaculture. 15*(1): 112-129. https://doi.org/10.1111/raq.12705.

Khan, K.U., Zuberi, A., Nazir, S., Ullah, I., Jamil, Z., 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:*70-75. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.002

Kumar, N., Thorat, S.T., Gite, A., Patole, P.B. 2022. "Selenium nanoparticles and omega-3 fatty acid enhanced thermal tolerance in fish against arsenic and high temperature." *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology, 261*:109447. doi: 10.1016/j.cbpc.2022.109447

Lall, S.P., Kaushik, S.J. 2021. "Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish." *Animals, 11* (9):2711. https://doi.org/10.3390/ani11092711

Longbaf Dezfouli, M., Ghaedtaheri, A., Keyvanshokooh, S., Salati, A.P., Mousavi, S.M., Pasha-Zanoosi, H. 2019. "Combined or individual effects of dietary magnesium and selenium nanoparticles on growth performance, immunity, blood biochemistry and antioxidant status of Asian seabass (*Lates calcarifer*) reared in freshwater." *Aquaculture Nutrition*, *25* (6):1422-1430. https://doi.org/10.1111/anu.12962

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. https://doi.org/10.1111/anu.12428

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. doi: 10.2147/IJN.S43691.

In Press