مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

معرفی نانو اکسید روی به عنوان افزودنی خوراکی موثر بر عملکرد رشد و بهبود سیستم ایمنی میگوی سفید غربی

محمد شیخ اسدی[1*]، محسن گذری[2]

[1] کارشناس بهداشت و بیماری‌های آبزیان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

[2] هیات علمی بخش بهداشت و بیماری‌های آبزیان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

نانوفناوری
نانوذرات‌اکسید روی
میگوی‌سفیدغربی
محرک ایمنی

چکیده

میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های آبزی‌پروری در جهان است و بهبود رشد و تقویت سیستم ایمنی آن نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات دارد. گسترش پرورش متراکم میگو با بروز چالش‌هایی نظیر کاهش رشد، تضعیف سیستم ایمنی و افزایش حساسیت به بیماری‌ها همراه است که استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها را به‌عنوان یک راهکار نامطلوب مطرح کرده است. از این‌رو، یافتن افزودنی‌های خوراکی ایمن، کارآمد و سازگار با محیط زیست به‌منظور ارتقای عملکرد رشد و تقویت سیستم ایمنی میگو پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر، استفاده از نانومکمل‌های معدنی به‌ویژه نانوذرات اکسید روی به‌عنوان افزودنی‌های غذایی نوین در آبزی‌پروری مورد توجه قرار گرفته است. این نانومکمل‌ها قادر به افزایش جذب مواد مغذی، تقویت پاسخ‌های ایمنی، کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود مقاومت علیه پاتوژن‌ها می‌باشند. نتایج مطالعات گذشته نشان میدهد نانومکمل‌های معدنی از جمله مکمل نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره غذایی میگوی سفید غربی، شاخص‌های رشد و پاسخ ایمنی میگو را ارتقاء می‌بخشد و با بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی اثر مثبتی بر رشد و تغذیه میگو خواهد داشت. بنابراین، استفاده از نانوحامل‌ها برای انتقال محرک‌های ایمنی غذایی در تغذیه میگو امیدوارکننده به نظر می‌رسد.

۱. بیان مسئله

برای تولید تجاری و کارآمد آبزیان، مدیریت و شرایط مناسب پرورش، غذادهی با جیره‌های حاوی ترکیبات ارزان‌تر و در عین حال موثر برای رشد بهینه که دارای کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی باشند، ضروری به نظر می‌رسد. بهبود جیره‌های غذایی فرموله شده برای افزایش رشد و ارتقاء

* نویسنده مسئول: m.sh_asadi73@yahoo.com

سلامت آبزیان یکی از مسائل عمده در آبزی پروری تجاری می‌باشد (Karamzadeh et al., 2022). بهبود خوراک آبزیان پرورشی گامی مهم در جهت تولید موفقیت آمیز و اقتصادی آبزیان است، زیرا خوراک به عنوان بالاترین هزینه عملیاتی در صنعت آبزی پروری است. علاوه بر این، استفاده از مکمل‌های غذایی با آنتی اکسیدان‌های مختلف در آبزی پروری می‌تواند تعادل آنتی اکسیدانی، وضعیت فیزیولوژیکی عمومی، عملکرد رشد و درآمد اقتصادی آبزی پروری را بهبود بخشد (Ahmed et al., 2025).

پرورش میگوی سفید غربی یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های آبزی‌پروری در جهان است که با چالش‌های متعددی همچون بیماری‌ها، استرس محیطی و ضریب تبدیل غذایی مواجه است. با توجه به گسترش پرورش متراکم میگو، بروز بیماری‌ها و خسارات اقتصادی افزایش یافته و از سوی دیگر، محدودیت‌های جهانی در مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها، تولیدکنندگان را به سمت استفاده از افزودنی‌های خوراکی ایمن و پایدار به عنوان یکی از راهکارهای نوین و پایدار سوق داده است (شکل ۱). استفاده از مکمل‌های غذایی می‌تواند کیفیت رشد و مقاومت ایمنی را افزایش دهد، اما محدودیت‌های جذب و پایداری برخی از این مواد در بدن میگو باعث شده است تا نانوفناوری به‌عنوان راهکاری نوین مورد استفاده قرار گیرد (Sheikh Asadi et al., 2024).

نانوفناوری شاخه‌ای نوین از علوم کاربردی است که به استفاده از مواد، ساختارها و سامانه‌های نانومقیاس (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) می‌پردازد و در آبزی‌پروری می‌تواند به‌منظور بهینه‌سازی فرایندهای زیستی، مدیریتی و تولیدی به‌کار برده شود. این فناوری با بهبود زیست‌دسترس‌پذیری مواد مغذی، افزایش کارایی داروها و واکسن‌ها، کنترل هدفمند عوامل بیماری‌زا، پایش هوشمند کیفیت آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی، نقش مهمی در ارتقای سلامت و بهره‌وری، پایداری و امنیت غذایی در صنعت آبزی‌پروری ایفا می‌کند (Sheikh Asadi et al., 2018). در آبزی‌پروری، این فناوری به‌ویژه در تغذیه و ایمنی زیستی کاربرد گسترده‌ای یافته و نانومکمل‌ها یکی از مهم‌ترین دستاوردهای آن محسوب می‌شوند (Moghadam et al., 2021).

نانومکمل‌های معدنی شامل عناصر ضروری هستند که در مقیاس نانو تولید می‌شوند و به دلیل فراهمی زیستی بالا و جذب سریع‌تر، نسبت به مکمل‌های معمولی اثربخشی بیشتری دارند، که می‌تواند باعث بهبود رشد و سیستم ایمنی میگو شود و با توجه به قابلیت حمل بهتر و جذب کارآمدتر نسبت به فرم‌های معمولی، به‌طور هدفمند مواد مغذی را به بخش‌های خاص دستگاه گوارش برسانند و از اتلاف جلوگیری کنند (Sheikh Asadi et al., 2024).

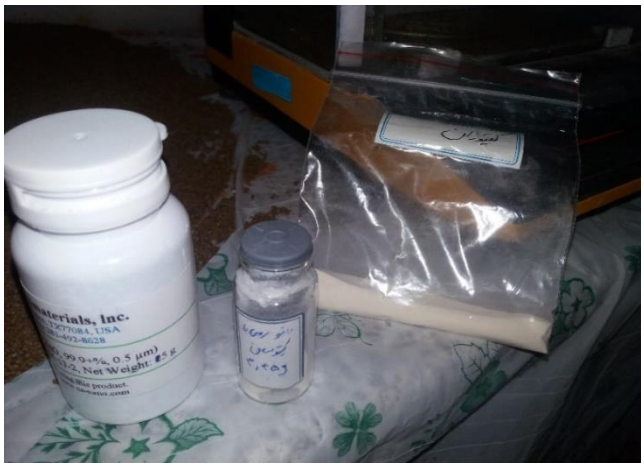
شکل ۱.پرورش میگوی سفید غربی (دستورالعمل کشت متراکم میگو در استخر، نشریه ترویجی، سازمان شیلات ایران ۱۳۹۵)

۲. معرفی دستاورد

۱.۲. معرفی نانواکسید روی

روی یک عنصر ریز مغذی است که در محتوای مایعات بدن، بافت‌ها و اندام‌ها وجود دارد و به عنوان کوفاکتور مورد نیاز برای تنظیم چندین عملکرد فیزیولوژیکی و بیولوژیکی در بدن از جمله تنظیم اسمزی، متابولیسم مواد مغذی، آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و کارایی خوراک عمل می‌کند (Karamzadeh et al., 2022). علاوه بر این، روی سنتز پروتئین، چربی، انرژی و ویتامین A را تنظیم می‌کند و نقش مهمی در عملکرد آبزیان (بقاء، رشد، سیستم ایمنی و عملکرد آنتی اکسیدانی و تولید مثل) دارد و به طور طبیعی در انواع مختلف معدنی، آلی و نانوذره وجود دارد (Eman et al., 2021). روی فعالیت سلول را از طریق اتصال به گیرنده‌های خاص روی غشای سلولی، حامل‌ها و کانال‌ها تنظیم می‌کند. از این رو، فعالیت صدها آنزیم و هزاران عامل رونویسی در گونه‌های مختلف جانوری ارتباط نزدیکی با روی دارد. بنابراین کمبود روی باعث اختلال در رشد، بقا، عملکرد سیستم ایمنی آبزی می‌شود و باعث کم اشتهایی، عفونت های مکرر، فرسایش پوست و باله‌ها و مرگ و میر می‌شود (Sallam et al., 2020).

یکی از مهم‌ترین اشکال روی، شکل معدنی آن یعنی اکسید روی است که در رژیم غذایی آبزیان استفاده می‌شود و نقش مثبت آن در رشد و ایمنی آبزیان به اثبات رسیده است (شکل ۲). با توجه به اهمیت تنظیم مقدار دقیق روی در جیره غذایی، استفاده از روش‌های نوین در انتقال این عنصر به بدن ضروری به نظر می‌رسد (Gharaei et al., 2020). علاوه بر اشکال آلی و معدنی مواد معدنی به عنوان مکمل‌های غذایی، نانوتکنولوژی مقیاس اتمی یا مولکولی جدیدی از روی را با ویژگی‌ها و قابلیت‌های بهتر از جمله انتقال و جذب بالاتر معرفی کرده است (Sallam et al., 2020).



شکل ۲. نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان

۲.۲. مکانیسم‌های اثر نانومکمل‌ها بر سیستم ایمنی میگو

اثرگذاری نانومکمل‌های معدنی بر سیستم ایمنی میگو عمدتاً از طریق چند مکانیسم اصلی صورت می‌گیرد:

- افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی
- تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش رادیکال‌های آزاد
- افزایش تعداد و فعالیت هموسیت‌ها (گرانولوسیت-ها، سمی گرانولوسیت‌ها و هیالونوسیت‌ها)
- تحریک بیان ژن‌های مرتبط با دفاع ایمنی

۳.۲. مزایای استفاده از نانومکمل‌های معدنی

افزایش جذب مواد معدنی و غذایی، تقویت سیستم ایمنی و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، بهبود رشد و کارایی تغذیه، کاهش استرس اکسیداتیو، بهبود سلامت عمومی و کاهش تلفات از مزایای استفاده از نانومکمل های معدنی هستند (Muralisankar et al., 2014). در این راستا، نقش مکمل غذایی روی، کیتوزان و نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در افزایش هضم و جذب غذا و در نتیجه رشد بیشتر و کاهش ضریب تبدیل غذایی در گونه‌های مختلف آبزیان به اثبات رسیده است (Ishwarya et al., 2019 ; Kazemi et al., 2020 ; Karamzadeh et al., 2022).

٤.۲. نحوه کاربرد نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان

نانوذرات اکسید روی با اندازه ذرات در محدوده نانومتر (معمولاً ۱۰—۱۰۰ نانومتر) تهیه و به‌منظور افزایش پایداری، زیست‌سازگاری و کارایی جذب، با پلیمرهای طبیعی نظیر کیتوزان پوشش داده می‌شوند. پوشش‌دهی با کیتوزان می‌تواند از تجمع ذرات جلوگیری کرده و قابلیت جذب آن‌ها را در دستگاه گوارش میگو افزایش دهد. دوز مصرف نانوذرات بر اساس نتایج مطالعات پیشین و هدف آزمایش تعیین می‌شود. مقادیر پیشنهادی معمولاً در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم نانو اکسید روی به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی می‌باشد. توصیه می‌شود قبل از مصرف گسترده، دوز بهینه از طریق آزمایش‌های مقدماتی مشخص گردد. میگوها بر اساس درصدی از وزن بدن (معمولاً ۳ تا ۵ درصد وزن زنده در روز) و در چند وعده منظم با خوراک حاوی نانومکمل تغذیه می‌شوند. در طول دوره تغذیه، شاخص‌های رشد (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی)، شاخص‌های ایمنی (فعالیت آنزیم‌های ایمنی، شمار هموسیت‌ها) و سلامت عمومی میگو به‌طور منظم پایش می‌شود (Minabi et al., 2020).

۵.۲.محدودیت‌ها و چالش‌های استفاده از نانومکمل‌های معدنی

پتانسیل سمیت در سطوح بالای استفاده این نانومکمل‌ها، سمیت و تجمع زیستی بالقوه و همچنین اثرات زیست‌محیطی، نبود استانداردهای کاربرد، محدودیت‌های قانونی و هزینه بالای تولید و افزایش قیمت تمام شده محصول از محدودیت های استفاده از نانومکمل های معدنی از قبیل نانوذرات اکسید روی هستند (Karamzadeh et al., 2022).

۳. توصیه‌های ترویجی

- نانومکمل اکسید روی پتانسیل بهبود سلامت و سیستم ایمنی میگوی سفید غربی را داشته و می تواند نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری و پایداری صنعت آبزی‌پروری ایفا نماید.
- ترکیب نانوذرات با آنتی‌اکسیدان‌ها، جلبک‌ها یا ترکیبات زیستی، راهکاری نوین برای تقویت پاسخ ایمنی، کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌باشد.
- توسعه استانداردهای مصرف نانومکمل‌ها می‌تواند وابستگی به داروها را در صنعت پرورش میگو کاهش دهد.
- سطح ۱۰ میلی‌گرم نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در کیلوگرم غذا، سطحی مناسب به منظور کاربرد در مقیاس تجاری می‌باشد.

منابع

Ahmed, R., Doan, H., Davies, S., Hassaan, S., Goda, A. and El-Haroun, E. 2025. Effect of Selenium and Nano- Selenium applications on biological Functions in Aquaculture – A Review. Sciendo, 25 (3): 905-919.

Gharaei, A., Khajeh, M., Khosravanizadeh, A., Mirdar, J. and Fadai, R. 2020. Fluctuation of biochemical, immunological, and antioxidant biomarkers in the blood of beluga (*Huso huso*) under effect of dietary ZnO and chitosan–ZnO NPs. Fish Physiology Biochemistry, 1-15.

Ishwarya, R., Jayakumar, R., Abinaya, M., Govindarajan, M., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., AL-Anbar, M. N. and Vaseeharan, B. 2019. Facile synthesis of haemocyanin-capped zinc oxide nanoparticles: effect on growth performance, digestive-enzyme activity, and immune responses of *Penaeus semisulcatus*. Biological Macromolecules, 1-34.

Karamzadeh, M., Yahyavi, M., Salarzadeh, AR. And Nokhbe Zare, D. 2022. Research Article: Effects of dietary selenium and zinc nanoparticles on growth performance, immune responses, and antioxidant enzymes activities of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Iranian Journal of Fisheries Sciences 21: 1125-1140.

Kazemi, K., Sourinejad, I., Ghaedi, A., Johari, S. A. and Ghasemi, Z. 2020. Effect of different dietary zinc sources (mineral, nanoparticulate, and organic) on quantitative and qualitative semen attributes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 515:1-8.

Minabi, K., Sourinejad, I., Alizadeh, M., Ghatrami, E. R., & Khanjani, M. H. 2020. Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. Aquaculture International, 28(5), 1883-1898.

Moghadam, H., Sourinejad, I., and Johari, S.A. 2021. Growth performance, haemato-immunological responses and antioxidant status of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* fed with turmeric powder, curcumin and curcumin nanomicelles Aquaculture Nutrition 27:2294-2306.

Muralisankar, T., Bhavan, P. S., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C., Manickam, N. and Srinivasan, V. 2014. Dietary Supplementation of Zinc Nanoparticles and Its Influence on Biology, Physiology and Immune Responses of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Biology Trace Elem Research, 160:56–66.

Sallam, A. E., Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Salem, M. and El-Feky, M. M. 2020. Growth performance, anti-oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of *Siganus rivulatus* fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. Aquaculture Reports, 18: 400-410.

Sheikh Asadi, M., Gharaei, A., Mirdar Harijani, J. and Arshadi, A. 2018. A Comparison between dietary effects of *Cuminum cyminum* essential oil and *Cuminum cyminum* essential oil, loaded with iron nanoparticles, on growth performance, immunity and antioxidant indicators of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture Nutrition. 1–8. 2018.

Sheikh Asadi, M., Naji, A., Sourinejad, I., Gharaei, A., Niroomand, M. 2024. Distinct effects of dietary chitosan, ZnO, and chitosan–ZnO nanocomposite on the performance and diet economic efficiency of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture International, 1-21.

Introducing zinc oxide nanoparticles as an effective feed additive on the growth performance and immune system improvements of *Penaeus vannamei*

Mohammad Sheikh Asadi[1], Mohsen Gozari*[2]

[1] *Researcher, Department of Aquatic Health and Diseases, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran*
[2] *Faculty member, Department of Aquatic Health and Diseases, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran*

Key words

Nanotechnology
Zinc Oxide Nanoparticles
Immunostimulant
Penaeus vannamei

Abstract

White leg shrimp (*Penaeus vannamei*) is one of the most important cultured species in global aquaculture. Improving the growth performance and immune system of aquatics including shrimp plays a key role in their increasing productivity and reducing mortality during the culture period. The expansion of intensive shrimp farming has been accompanied by challenges such as reduced growth, weakened immune responses, and increased susceptibility to diseases. Today, in order to the decrease these challenges, antibiotics are used frequently. However, due to the side effect of antibiotics on the human health, their replacement with safe, efficient, and environmentally friendly dietary has specific importance. In this regard, the application of mineral nano-supplements, particularly zinc oxide nanoparticles, as novel dietary additives in aquaculture have attracted considerable attention. These nano-supplements are capable of enhancing nutrient absorption, strengthening immune responses, reducing oxidative stress, and improving resistance to pathogens. Based on the results obtained from previous studies, it can be concluded that that mineral nano-supplements, including chitosan-coated nano zinc oxide, in the diet of white leg shrimp, improve growth performance and immune responses and exert positive effects on shrimp growth and nutrition by enhancing digestive enzyme activity. Therefore, the use of nanoparticles and nanocarriers in shrimp nutrition could be a promising approach.