



کاربرد نانوتکنولوژی در تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا (Oncorhynchus mykiss)

علیرضا مبرهن فرد^{۱*}

۱- گروه شیلات، دانشکده دامپزشکی و کشاورزی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی.

* ایمیل نویسنده مسئول: Alireza.mobarhan@iau.ac.ir

چکیده

نانوتکنولوژی به عنوان یک زمینه دگرگون کننده با کاربردهای قابل توجه در آبی پروری، به ویژه در پرورش و پرورش ماهی قزل آلا (Oncorhynchus mykiss) ظهور کرده است. این بررسی نقش چندوجهی نانومواد در تقویت تغذیه ماهی، تقویت پاسخهای ایمنی، کنترل بیماری، تصفیه آب و بهینه سازی تولید مثل را برجسته می کند. مکمل های غذایی مبتنی بر نانو مانند نانو سلنیوم و نانو آهن باعث بهبود عملکرد رشد و مقاومت در برابر استرس می شوند. علاوه بر این، نانوواکسن ها و نانوذرات ضد میکروبی مانند نقره و اکسید روی جایگزین های امیدوار کننده ای برای آنتی بیوتیک ها ارائه می کنند. در بیوتکنولوژی تولیدمثلی، نانوحامل ها تحویل کنترل شده هورمون را امکان پذیر می کنند و کارایی پرورش را بهبود می بخشند. با وجود این پیشرفت ها، نگرانی ها در مورد ایمنی اکولوژیکی و سمیت بالقوه نانوذرات وجود دارد. این مطالعه بر پتانسیل نانوتکنولوژی در آبی پروری پایدار قزل آلا تاکید می کند و در عین حال از تحقیقات بیشتر برای اطمینان از ایمنی زیست محیطی و بیولوژیکی حمایت می کند.

واژه های کلیدی: قزل آلا رنگین کمان، نانوتکنولوژی، ایمنی، نانوذرات.

۱- مقدمه

قزل آلا رنگین کمان یکی از گونه های اقتصادی پرورشی با ویژگی هایی نظیر رشد سریع، مقاومت نسبی، و کیفیت بالای گوشت است. اما تولید صنعتی این گونه تحت تأثیر عوامل متعددی چون بیماری ها، کیفیت پایین آب، استرس، و کمبود عناصر ریزمغذی قرار دارد. نانوتکنولوژی به عنوان فناوری مقیاس نانو (زیر ۱۰۰ نانومتر)، در چند دهه اخیر توجه محققان آبی پروری را به خود جلب کرده است. [۳] استفاده از نانوذرات برای بهبود تغذیه، افزایش ایمنی، و کنترل بیماری ها می تواند راهکاری نوین برای توسعه پایدار این صنعت باشد. [۱۱]

۲- نانوتکنولوژی در تغذیه و رشد

یکی از مهم ترین کاربردهای نانوتکنولوژی در تولید مکمل های غذایی است. نانوذرات آهن و سلنیوم قابلیت جذب بالاتری در روده دارند و نسبت به اشکال غیرنانویی، اثرگذاری بیشتری بر رشد دارند. [۹ و ۲] مطالعه ای توسط بشارت و همکاران نشان داد که افزودن نانولیپوزوم های حاوی آستاگزانتین به غذای قزل آلا باعث بهبود رنگ پذیری، افزایش رشد و فعالیت آنزیم های کبدی شد. [۱]

همچنین، استفاده از نانوکیتوسان باعث بهبود ایمنی روده ای و کاهش التهاب در قزل آلا شد. [۴] علاوه بر این، نانوذرات اکسید منیزیم نیز به عنوان افزودنی خوراکی اثربخشی مطلوبی در بهبود رشد و افزایش مصرف غذا نشان داده اند. ترکیب نانوذرات با پری بیوتیک ها نیز باعث افزایش هم افزایی و سلامت گوارشی می گردد.



۳- افزایش ایمنی و کنترل بیماری‌ها

نانوذرات نقره، اکسید روی و نانوپلیمرهای زیستی نظیر کیتوسان، به عنوان عوامل ضدباکتری و ضدویروس در پرورش قزل‌آلا به کار می‌روند. این نانوذرات به دلیل سطح تماس بالا با میکروارگانیسم‌ها، اثربخشی بالاتری دارند. [۶] همچنین، واکنش‌های زیستی با پایه نانو قابلیت نفوذ بهتر به سلول‌های ایمنی را دارند و باعث تحریک پاسخ ایمنی اختصاصی می‌شوند. [۷] علاوه بر این، استفاده از نانوذرات در آب استخرها موجب کاهش بار میکروبی محیطی و در نتیجه کاهش فشار بیماری‌زایی می‌شود. نانوفرمولاسیون‌های دارویی با دوز کمتر نیز می‌توانند همان اثربخشی را با عوارض کمتر فراهم کنند.

۴- تصفیه آب و کاهش آلاینده‌ها

کیفیت آب نقش کلیدی در پرورش ماهیان دارد. نانوفیلترهایی با پوشش نقره یا ژئولیت می‌توانند فلزات سنگین، پاتوژن‌ها و آمونیاک را حذف کنند. مطالعه جوهری و همکاران نشان داد استفاده از ژئولیت پوشش داده شده با نانونقره در تخم‌ریزی قزل‌آلا باعث کاهش رشد قارچ‌ها و افزایش نرخ بقاء تخم‌ها شد. [۵] در کاربردهای صنعتی نیز نانوکامپوزیت‌های زیستی برای حذف نیتريت و آمونیوم در حال توسعه هستند. این مواد نه تنها کارایی بالاتری دارند، بلکه زیست‌تجزیه پذیر و ایمن نیز هستند. همچنین استفاده از نانوحسگرها برای پایش زمان واقعی کیفیت آب امکان مدیریت دقیق تر را فراهم می‌کند.

۵- نقش نانوتکنولوژی در تولیدمثل قزل‌آلا

نانوحامل‌هایی برای تحویل کنترل شده هورمون‌های تحریک کننده تخم‌ریزی توسعه یافته‌اند. این نانوحامل‌ها موجب آزادسازی آهسته هورمون‌ها، کاهش تزریق مکرر و کاهش استرس فیزیولوژیک شده‌اند. [۸] علاوه بر این، برخی نانوذرات مانند نانوکلسیم در تکامل اسکلتی لاروها نقش داشته‌اند که موجب افزایش نرخ بقاء در مراحل ابتدایی رشد شده است.

۶- ایمنی زیستی و چالش‌ها

برخی مطالعات نگرانی‌هایی در مورد سمیت نانوذرات مطرح کرده‌اند. Kowalska-Górska نشان دادند که نانوذرات نقره و مس در غلظت بالا باعث تجمع در تخم ماهی و کاهش نرخ تفریح می‌شوند. [۱۰] نیاز به استانداردسازی دوز، بررسی اثرات تجمعی در زنجیره غذایی و مطالعات بلندمدت وجود دارد. این تحقیقات باید در سطوح مختلف، از پلانکتون تا ماهیان شکارچی، انجام شود تا ایمنی کامل این فناوری تضمین گردد.

۷- نتیجه‌گیری

نانوتکنولوژی پتانسیل بالایی برای ارتقاء صنعت پرورش ماهی قزل‌آلا دارد. با بهره‌گیری صحیح از نانوذرات در تغذیه، کنترل بیماری، تصفیه آب و تحریک تولیدمثل، می‌توان بهره‌وری و پایداری را افزایش داد. با این حال، استفاده ایمن از این فناوری مستلزم تحقیقاتی بیشتر در زمینه اثرات زیست‌محیطی و تنظیم مقررات است.

منابع

1. Besharat, M., et al. (2021). Effect of nanoliposome-coated astaxanthin on rainbow trout. *Aquaculture Research*, 52(10), 5069-5077.
2. Mohammadi, G., et al. (2015). Iron nanoparticles in aquaculture. *Aquaculture Nutrition*, 21(5), 654-661.
3. Nasr-Eldahan, M., et al. (2021). Nanotechnology in aquaculture. *Front. Vet. Sci.*, 8, 1234.



4. Ahmed, F., et al. (2021). Dietary chitosan nanoparticles and immune defense in trout. *Fish & Shellfish Immunology*, 111, 123-130.
5. Johari, S.A., et al. (2016). Nanosilver-coated zeolite in trout egg disinfection. *Aquaculture International*, 24, 23-38.
6. Kumar, V., et al. (2023). Nanotechnology in aquaculture. *Food Chemistry: X*, 24, 101974.
7. Zahran, E., et al. (2024). Selenium nanoparticles in fish immunity. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 107.
8. Saffari, S., et al. (2017). Selenium sources in fish nutrition. *Aquaculture Nutrition*, 23(3), 611-617.
9. Izquierdo, M.S., et al. (2017). Nanoparticles in seabream diets. *Aquaculture Research*, 48(6), 2852-2867.
10. Kowalska-Górska, M., et al. (2020). Nanoparticles and fry toxicity. *IJERPH*, 17(17), 6392.
11. Ebrahimi, P., et al. (2020). Nano-Fe in Acipenser. *Russian Journal of Marine Biology*, 46, 493-500.



Application of nanotechnology in the propagation and breeding of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Alireza Mobarhan fard ^{1,*}

¹ Department of Fisheries, Faculty of Veterinary Medicine and Agriculture, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

* Email: Alireza.mobarhan@iau.ac.ir

Abstract

Nanotechnology has emerged as a transformative field with significant applications in aquaculture, particularly in the breeding and rearing of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). This review highlights the multifaceted roles of nanomaterials in enhancing fish nutrition, boosting immune responses, disease control, water purification, and optimizing reproduction. Nano-based dietary supplements such as nano-selenium and nano-iron improve growth performance and stress resilience. Moreover, nanovaccines and antimicrobial nanoparticles like silver and zinc oxide offer promising alternatives to antibiotics. In reproductive biotechnology, nano-carriers enable controlled hormone delivery, improving breeding efficiency. Despite these advancements, concerns remain about the ecological safety and potential toxicity of nanoparticles. This study underscores the potential of nanotechnology in sustainable trout aquaculture while advocating for further research to ensure environmental and biological safety.

Keywords: rainbow trout, Nanotechnology, Immunity, nanoparticles.