مجلهٔ ترویجی بوم‌شناسی منابع آبی
دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰

کاربرد فناوری نانوتکنولوژی در آبزی‌پروری

رضا نهاوندی*[۱]، سجاد پورمظفر[۲]، علی صادقی[۳]، حسین رامشی[۲]، سعید تمدنی جهرمی[۴]، محمد خلیل‌پذیر[۵]، محسن گذری[۴]، محمدرضا زاهدی[۴] ، بهزاد سروی [۲]

۱- مؤسسهٔ تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- ایستگاه تحقیقات نرمتنان خلیج‌فارس، پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرلنگه، ایران.
۳- گروه شیلات، دانشکدهٔ شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گلستان،گرگان، ایران.
۴- پژوهشکدهٔ اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران.
۵- پژوهشکدهٔ میگوی کشور، مؤسسهٔ تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.

نویسندهٔ مسئول: Rezanahavandi91@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۳/۲۵

چکیده

فناوری نانو به رقابتی بدیع در سطح جهان تبدیل شده است. کشورهایی که در برخی زمینه‌ها از کشورهای صنعتی عقب افتاده‌اند بار دیگر این فرصت را یافته‌اند که در عرصه‌ای جدید با کشورهای پیشرفته به رقابت بپردازند. با توجه به رشد روزافزون فناوری نانو، محققان رشته‌ها و زمینه‌های مختلف سعی در استفاده از آن داشته‌اند. براساس کاربردهایی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت، می‌توان گفت که نانوذرات قادرند با ایجاد شرایط بهتر بهداشتی در استخرهای پرورش ماهی به افزایش تولید ماهی منجر شوند؛ همچنین با استفاده از قلاب‌های نانویی ویژه می‌توان میزان صید آبزیان را افزایش داد. بعد از دست‌یابی به ماهی (چه با پرورش و چه با صید)، نانوذرات می‌توانند با فراهم‌آوردن بسته‌بندی‌های مناسب، ارائهٔ مطلوب محصولات به مشتریان را تضمین کنند. به‌علاوه، همان‌طورکه اشاره شد، با تولید نانوکپسول‌ها و واردنمودن ذرات مغذی آبزیان به غذاهای روزانه، می‌توان آن‌ها را وارد سبد غذایی مردم نمود. همان‌طورکه از مقاله برمی‌آمد، این‌ها مواردی از کاربرد نانوذرات در آبزی‌پروری، صید و فرآوری ماهی بودند.

واژه‌های کلیدی: نانوتکنولوژی، آبزی‌پروری، نانوکپسول، نانوذرات

مقدمه

فناوری نانو به انقلاب فناوری در هزاره جدید منجر شده است و کاربردهای آن پتانسیل عظیمی برای تأثیرگذاری بر جهان دارد. حوزهٔ کاربردهای این فناوری از کالاهای مصرفی گرفته تا الکترونیک، فناوری اطلاعات، بیوتکنولوژی، صنایع هوافضا و غیره را شامل می‌شود (Leigh *et al*, 2018). به بیان ساده‌تر، فناوری نانو تقریباً تمام جنبه‌های زندگی بشر را تحت تأثیر قرار خواهد داد. نانوذرات رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو هستند و ویژگی‌های جالب توجه آن‌ها باعث شده است که کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی و دارویی، الکترونیک و کشاورزی داشته باشند. از کاربردهای نانوذارت می‌توان به استفاده از آن‌ها به‌عنوان کاتالیزورهای قدرتمند اشاره کرد. نانوکاتالیزورها کارایی واکنش‌های شیمیایی را به شدت افزایش می‌دهند و همچنین به میزان چشمگیری از تولید مواد زاید در واکنش‌های فرعی جلوگیری می‌کنند (Afkhami *et al*, 2019). به‌کارگیری نانوذرات در تولید مواد مختلف می‌تواند منجر به افزایش استحکام آن‌ها بشود، وزن‌شان را کم کند و مقاومت شیمیایی و حرارتی آن‌ها را بالا ببرد. از طرفی، نانوذرات قادر به ایجاد تغییرات اساسی در واکنش مواد در برابر نور و تشعشعات هستند. از نانوذرات همچنین در ساخت انواع ساینده‌ها، رنگ‌ها و لایه‌های محافظتی جدید و بسیار مقاوم برای شیشه‌ها، عینک‌ها، کاشی‌ها و غیره استفاده شده است. در حال حاضر، شرکت‌های زیادی نانوذرات را به شکل پودر، اسپری و پوشش تولید می‌کنند. این تولیدات کاربردهای فراوانی در قسمت‌های مختلف دارند (Santos *et al*, 2016). نانوذرات، باتوجه به خواص منحصر به فرد فیزیکی و شیمیایی‌شان، می‌توانند در بسیاری از مطالعات زیست‌شناسی و زیست‌محیطی مورداستفاده قرار بگیرند و به همین دلیل توجه زیاد دانشمندان و محققان را به خود جلب کرده‌اند (Perreault *et al*, 2017). علاوه‌بر این، نانوذرات در علم آبزی‌پروری، صید آبزیان و همچنین در فرآوری محصولات شیلاتی کاربرد دارند. در این‌جا به برخی از این کاربردها اشاره خواهد شد. نانوذرات به ذراتی گفته می‌شود که حداقل یکی از ابعاد آن‌ها در محدودهٔ ۱۰۰-۱ نانومتر باشد. نانوذرات خواص جدیدی از خود نشان می‌دهند که مربوط به نسبت سطح به حجم بالای آن‌ها است. ذراتی با اندازهٔ نانو از میلیون‌ها سال قبل روی کرهٔ زمین وجود داشته‌اند اما اخیراً با توجه به افزایش دانش و توانایی بشر در تولید این ذرات و استفاده از آن‌ها این ذرات توجه زیادی را به خود معطوف کرده‌اند (Afkhami *et al*, 2019). امروزه از نانوذرات در گسترهٔ وسیعی از علوم و صنایع مختلف استفاده می‌شود. ازجمله در الکترونیک، پزشکی، داروسازی، لوازم آرایشی و بهداشتی، تولید انرژی، محیط‌زیست، کاتالیزورها و غیره (Perreault *et al*, 2017).

تعریف نانو تکنولوژی

تحقیق و توسعهٔ هدفمند برای درک، دست‌کاری و اندازه‌گیری‌هایی در سطح موادی با ابعاد در حد اتم، مولکول و سوپرمولکول‌ها را نانوتکنولوژی می گویند. فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصهٔ کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود (Farkas, 2014). این مفهوم با واحدهایی از یک تا صد نانومتر، همبستگی دارد. در این مقیاس خصوصیات فیزیکی، زیستی و شیمیایی مواد، عمدتاً متأثر از غلبهٔ خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک، تفاوت اساسی با یکدیگر دارند و غالباً اعمال غیر قابل انتظار از آن‌ها مشاهده می‌شود. در نانوتکنولوژی عناصری تحت عنوان عناصر پایه مطرح هستند که در واقع عناصری در ابعاد نانو می‌باشند. از جمله عناصر پایه می‌توان به نانوذرات، نانوکپسول‌ها، نانولوله‌های کربنی و ساختارهای کروی توخالی (فولرن‌ها) اشاره کرد که هر کدام به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فردشان کاربردهای متفاوتی دارند (Perreault *et al*, 2017).

شیلات و فناوری نانو

نانوتکنولوژی در تعیین و شناسایی سریع آلودگی‌های شیمیایی، ویروسی یا باکتریایی توسط نانوحسگرها، تولید نانوواکسن‌ها: مثل نانوکپسول DNA، تولید حامل‌های انتقال ژن برای ژن‌درمانی، رساندن دارو به‌صورت هوشمند، استفاده از نانوذرات نقره و اکسید روی برای از بین بردن انواع انگل‌ها، باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها، استفاده از نانوذرات نقره هم‌زمان با استفاده از سایر آنتی‌بیوتیک‌ها برای پیشگیری و درمان بیماری‌های باکتریایی، ویروسی، انگلی و قارچی آبزیان، ساخت انواع فیلترهای

ضد میکروبی و بکارگیری آن‌ها در سیستم‌های مداربسته به‌عنوان جایگزین اشعهٔ فرابنفش می‌تواند کاربرد داشته باشد (Farkas, 2014). استفاده از آب ازون زده‌شده برای شست‌وشوی ماهی و میگو جهت افزایش ماندگاری آن‌ها به‌دلیل کاهش بار باکتریایی، برچسب زدن و بارکدگذاری با استفاده از فناوری نانو، استفاده از نانوحسگرها در بسته‌بندی فراورده‌های آبزی از دیگر کاربردهای نانوتکنولوژی در صنعت فرآوری آبزیان می‌باشد (Hund and Simon, 2016). نانوتکنولوژی برای ردیابی ماهیانی که به‌منظور بازسازی ذخایر در محیط‌های آبی رهاسازی شده‌اند و بررسی سرنوشت و نیز رفتارهای طبیعی آن‌ها در محیط‌زیست‌شان با استفاده از نانوحسگرها بسیار حائز اهمیت است. این فناوری راه‌هایی را میسر کرده که امروز برای حذف آلودگی‌ها از آب استفاده می‌شود. به‌عنوان نمونه، نانومواد به‌شکل مواد فعال نظیر کربن یا آلومینیوم همراه با موادی مثل زئولیت و ترکیبات دارای آهن، می‌تواند برای چسبیدن بیوفیلم هوازی و بی‌هوازی برای حذف آمونیاک، نیتریت و نیترات در استخرهای آبزی‌پروری استفاده شوند. نانوپودرهای فوق ریزآهن به‌عنوان یک ابزار مؤثر برای حذف آلودگی‌ها از قبیل تری‌کلرواتان، تتراکلرایدکربن، دی‌اکسین‌ها و پلی‌کلرینات بی‌فنیل‌ها به ترکیبات کربنی ساده‌تر که سمیت کمتری دارند کاربرد دارند (Schwab *et al*, 2017). استفاده از رنگ‌های نانوآنتی‌باکتریال برای رنگ‌آمیزی دیوارهٔ بتونی استخرهای پرورش ماهی، توری‌ها و سایر آلات و ادوات بکار رفته در پرورش آبزیان در قفس به‌منظور جلوگیری از رشد انواع جلبک‌ها و باکتری‌ها و یا پوشاندن این دیواره‌ها با استفاده از سرامیک‌های ضد میکروبی نیز می‌تواند از دیگر کاربردهای تکنولوژی نانو در صنعت شیلات باشد. همچنین می‌توان برای فیلتراسیون آب جهت حذف انواع آلودگی‌ها، باکتری‌ها یا هیدروکربن‌ها از نانولوله‌های کربنی، نانوغربال‌ها، نانوزئولیت‌ها، فیلتر آلومینای نانولیفی، غشای سرامیکی نانوحفره‌ای، نانوفیلترهای غشایی و نانوذرات آهن صفر ظرفیتی استفاده کرد (Silva and Alves, 2012).

اثرات نانوذرات بر آبزیان

در مطالعات مختلف مشخص شده است که نانوذرات می‌توانند دارای اثرات سمی بر روی ماهی‌ها، فیتوپلانکتون‌ها، زئوپلانکتون‌ها و باکتری‌ها باشند. این سمیت به اندازه و ترکیب ذرات بستگی دارد. به‌طوری‌که برخی اندازه‌ها و اشکال بیشترین سمیت را دارند اما برخی فاقد سمیت هستند؛ حتی در مواردی اثرات مثبت تغذیه‌ای برخی نانوذرات روی آبزیان گزارش شده است. باتوجه به مطالب بیان‌شده نانوتکنولوژی بدون شک فرصت عمده‌ای برای توسعهٔ مناسب منابع آبزی و اقتصاد در بسیاری از کشورها می‌باشد. اگرچه کاربرد نانوتکنولوژی هنوز در مراحل بسیار اولیه در آبزی‌پروری است اما پتانسیل حل بسیاری از مشکلات آبزی‌پروری و شیلات را با ابتکارات تکنیکی مناسب در سطوح مختلف را دارد؛ اما قبل از استفادهٔ وسیع از نانوذرات باید اثرات آن‌ها بر فون باکتریایی طبیعی درون و بیرون بدن آبزیان، اثرات مفید و مضر هریک از نانوذرات، احتمال تجمع آن‌ها در بدن این موجودات و امکان انتقال و ایجاد خطر در مصرف‌کنندگان، احتمال ایجاد آلودگی در محیط‌زیست و تخریب اکوسیستم طبیعی و دوز کشندهٔ این مواد، روی آبزیان مختلف بررسی و تعیین گردند (Cole, 2016).

کاربرد نانوذرات در آبزی‌پروری

۱. تصفیه و پاک‌سازی آب

از جمله مشکلات ناشی از آبزی‌پروری، آلودگی حاصل از متابولیسم موجودات زنده و همچنین غذای باقی‌مانده می‌باشد. به‌طور مثال در آمریکا با استفاده از فناوری نانو، غشاء هوشمندی تولید کرده‌اند که نیتروژن را از آب دفع می‌کند (Ivanova *et al*, 2018). استفاده از ذرات ۴۰ نانومتری لانتانیوم برای تهیهٔ آب تمیز و فاقد جلبک و فسفات در بعضی از مناطق در مورد استخرهای شنا مورداستفاده قرارگرفته است. استفاده از این ماده برای استخرهای پرورش آبزیان، یعنی جایی‌که هزینهٔ زیادی برای خارج سازی جلبک‌ها و فلزات سنگین صرف می‌شود، می‌تواند امیدوارکننده باشد (Wang *et al*, 2017). همچنین استفاده از برخی مواد آنتی‌باکتریال از جمله نانونقره و یا نانوتیتانیوم به استخرها توانسته تا حدودی از میزان بار میکروبی آب استخرها بکاهد. با توجه به خاصیت آنتی‌باکتریال بعضی از نانوفیلم‌ها و نانوپلی‌مرهایی که برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود، پوشش‌دار کردن آکواریوم‌ها با این فیلم‌ها در زمینهٔ ماهیان زینتی به‌عنوان پیشنهاد ارائه شده است. از نانوذرات می‌توان برای حذف

آلاینده‌های موجود در آب، ازطریق تصفیهٔ فاضلاب‌ها، استفاده کرد. نانوذرات کربن یا آلومینیوم با مواد افزودنی زئولیت و آهن می‌توانند در آبزی‌پروری برای حفظ شرایط هوازی و حذف آلاینده‌هایی چون نیتریت، نیترات و آمونیاک مفید واقع شوند. امروزه برخی شرکت‌ها محصولاتی را بر پایهٔ فناوری نانو برای تصفیه یا فیلتراسیون آب تولید کرده‌اند. به‌عنوان مثال، شرکت آرگونید (Argonide) در آمریکا، موفق به تولید فیلترهای آبی شده که قادر است بسیاری از جانوران ریز و باکتری‌های آب را از بین ببرد (Cole, 2016).

۲. نانوذرات افزایش‌دهندهٔ رشد ماهی

در بحث آبزی‌پروری میزان رشد آبزیان از مهم‌ترین مسائل محسوب می‌شود زیرا با افزایش رشد ماهی، مدت نگهداری آن و درنتیجه هزینهٔ نگهداری کاهش می‌یابد. بعضی از عناصر غذایی، محدودکنندهٔ رشد هستند و در صورت وجود آن‌ها در جیرهٔ غذایی آبزی، میزان رشد هم افزایش می‌یابد. در این راستا، محققان آکادمی علوم روسیه گزارش داده‌اند که وقتی ماهیان جوان کپور و تاس‌ماهی را با نانوذرات آهن تغذیه کردند، رشد آن‌ها تا ۳۰ درصد در کپور و ۲۴ درصد در تاس‌ماهی افزایش پیداکرد. همچنین نشان داده‌شده که نانوذرات سلنیوم موجود در جیرهٔ غذایی می‌تواند به افزایش وزن نهایی ماهی، افزایش سطح آنتی‌اکسیدان و افزایش غلظت سلنیوم در ماهیچه‌ها منجر شود. عملکرد زیستی سلنیوم اثرات آنتی‌اکسیدانی آن است زیرا به شکل سلنوستین بخشی از فعالیت مرکزی گلوتاتین پراکسیداز است بنابراین با افزایش سلنیوم در جیره، فعالیت گلوتاتین پراکسیداز در بافت پلاسما افزایش می‌یابد درنتیجه می‌توان گفت استفاده از نانوذرات سلنیوم در جیرهٔ غذایی، کمبود آنتی‌اکسیدان مانند ویتامین c را بهبود می‌بخشد (Miller *et al*, 2018).

۳. نانوواکسن‌ها

شیوع بیماری‌ها یک مشکل عمده در آبزی‌پروری محسوب می‌شود. امروزه راهکار درمان برخی بیماری‌های آبزیان با واکسن‌ها مطرح است. استفاده از امولسیون‌های روغنی در ساخت واکسن‌ها می‌تواند عوارض جانبی به‌همراه داشته باشد. استفاده از حامل‌های نانوذرات مثل کیتوسان و پلی‌لاکتیت‌کوگلیکولید اسید (PLGA) منجر به ایجاد سطح بالایی از ایمنی نه فقط در برابر بیماری‌های باکتریایی بلکه در برابر بیماری‌های ویروسی می‌شود. واکسینه کردن ماهیان می‌تواند با استفاده از نانوکپسول‌های حاوی نانوذرات انجام شود. مزیت این روش آن است که مواد با این روش تجزیه نمی‌شوند و نانوکپسول‌ها که حاوی رشته‌های کوتاهی از DNA هستند، بعد از ورود به آب، می‌توانند وارد سلول‌های ماهی شوند (Rajeshkumar *et al*, 2017). دلایل گوناگونی برای استفاده از نانوذرات به‌عنوان دارو وجود دارد؛ ازجمله می‌توان به بهبود دسترسی به داروهایی با خاصیت جذب کم، افزایش زمان اثر دارو و پایداری آن در روده، کنترل میزان و زمان رهاسازی داروها و افزایش پراکنش دارو در سطح مولکولی و درنتیجه افزایش جذب آن اشاره کرد.

۴. دارورسانی هوشمندانه

دارورسانی عبارت است از رساندن دارو در یک زمان معین و با دوز کنترل‌شده به اهداف دارویی خاص. این فرایند باعث کاهش عوارض جانبی و درمان سریع و اختصاصی بیماران می‌شود. امروزه از روش‌های تزریق یا دارورسانی با تغذیه جهت پیشگیری از بیماری‌های ماهیان یا درمان این بیماری‌ها استفاده می‌شود. استفاده از روش‌ها و وسایل دارورسانی با اندازهٔ نانو می‌تواند راهی برای شناسایی و درمان بیماری‌ها و عفونت‌ها باشد. از مزایای این روش می‌توان قابلیت برنامه‌ریزی، امکان کنترل زمان دارورسانی و امکان بررسی تأثیرات ناشی از داروها یا واکسن‌ها را نام برد (بحرانی و همکاران، ۱۳۹۲).

۵. کاربرد نانوذرات در صید آبزیان

همان‌طورکه گفته شد، فناوری نانو در صنایع مختلفی جا باز کرده است. در حال حاضر، به استفاده از محصولات و علم فناوری نانو در پرورش و صید آبزیان توجه ویژه‌ای شده است. امروزه بحث استفاده از قلاب‌های خاص که با رنگ‌های نانویی پلی‌ایمیدی (Polyimide) پوشیده شده‌اند و با انعکاس نور در جهت‌های مختلف، ماهی‌ها را جذب می‌کنند برای صید آبزیان بسیار مطرح است. این قلاب‌ها باعث افزایش جذب و صید ماهیان تا سه برابر قلاب‌های معمولی می‌شوند و می‌توانند صید ماهی را به‌میزان چشمگیری افزایش دهند (Rather *et al*, 2016).

۶. کاربرد نانوذرات در فرآوری محصولات شیلاتی

در سال‌های اخیر، فناوری نانو در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرارگرفته است؛ اما استفاده از این فناوری در صنایع غذایی اولین بار توسط یک سازمان آمریکایی با نام USDA (United States Department of Agriculture) در سال ۲۰۰۳، مطرح شد. اکنون انتظار می‌رود که فناوری نانو بتواند صنایع غذایی را با تغییر نحوهٔ تولید، فرآوری، بسته‌بندی و حمل‌ونقل محصولات تحت‌تأثیر قراردهد (Shubayer *et al*, 2016). اصطلاح پرکاربرد نانوفود (Nanofood) درواقع به‌معنای تمام روش‌ها یا ابزارهای فناوری نانو است که طی پرورش، تولید، فرآوری و بسته‌بندی غذاها استفاده می‌شود، نه به معنای تولید یا اصلاح غذا با نانوذرات. استفاده از نانوذرات در بسته‌بندی محصولات کشاورزی و شیلاتی منجر به ایجاد سطوح ضد باکتریایی یا ضد قارچی در بسته‌بندی‌ها شده است. هدف اولیهٔ فیلم‌های بسته‌بندی مواد غذایی جلوگیری از خشک‌شدن محصولات غذایی و در عین حال، جلوگیری از رسیدن رطوبت یا اکسیژن زیاد به آن است (Ranjbar, 2017). محصولی که به تازگی به‌وسیلهٔ فناوری نانو و با این اهداف تولید شده سیستم ترکیبی (Hybrid System) نام دارد؛ این محصول مانع ورود رطوبت و گازها به داخل بسته‌بندی می‌شود و بنابراین از فاسد شدن غذا هم جلوگیری می‌کند (Joseph and Morrison, 2017). یک بخش مهم در فرآوری محصولات شیلاتی تولید نانوکپسول‌ها است که برای تأمین مواد مغذی غذاها موردتوجه قرارگرفته است. بخش مهم دیگر افزودن نانوذرات افزایش‌دهندهٔ جذب مواد مغذی است. محققان این مسئله را در یک نانوایی در غرب استرالیا موردآزمایش قرار داده‌اند. آن‌ها نانوذرات حاوی روغن ماهی تن را وارد نان‌ها کردند. این میکروکپسول‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده بودند که تنها در معده گشوده می‌شدند و درواقع، از رهاسازی بوی بد روغن ماهی جلوگیری می‌شد (Joseph and Morrison, 2017). این فرآوری به‌نوبهٔ خود می‌تواند تحولی عظیم در صنایع غذایی محسوب شود. کاربردهای فناوری نانو در صنعت فرآوری محصولات شیلاتی به موارد مختلفی ازجمله شناسایی باکتری‌ها در بسته‌بندی‌ها، تولید چاشنی‌های قوی‌تر و افزایش کیفیت رنگ ماهی مربوط می‌شود.

۷. نانو بارکد

نانو بارکد در واقع دستگاه نانو حسگر پایشی است که در آن از نانوذراتی با منشأ فلز استفاده شده است. یکی از مشکلات تکثیر ماهیان، تعیین زمان مناسب تزریق می‌باشد. اکثر روش‌های موجود در این زمینه از جمله گرفتن تخم برای تعیین شاخص قطبیت و گرفتن هورمون‌ها، استرس‌زا یا کم دقت (از جمله تعیین زمان تزریق با توجه به ظاهر) هستند. یکی از روش‌های حل این مشکل، کاشت نانوتویوپ زیر پوست برای اندازه‌گیری زمان واقعی تغییرات در هورمون استرادیول خون می‌باشد. این کار از طریق ترکیب شدن استرادیول با حسگر حساس آن‌ها انجام می‌گیرد. در این روش از یک تراشه ترکیب‌شده با نانوذرات که دارای یک کد شناسایی می‌باشند استفاده شده است. این تگ (برچسب) می‌تواند اطلاعات زیادی حتی از سایر مناطق بدن میزبان را در خود ذخیره کند و علاوه بر هورمون‌های تولید مثلی می‌توان از این تگ برای بررسی میزان متابولیسم، الگوی شنا و رفتار تغذیهٔ آبزی استفاده کرد (Ranjbar, 2017).

۸. سازه های آبی

یکی از بخش‌هایی که فن‌آوری نانو با ورود خود توانسته اثرات مفیدی داشته باشد در بخش سازه های آبی است. به‌عنوان مثال، در این بخش مواردی با استفاده از نانوذراتی همچون نانوکربن فیبر ساخته شده‌اند که علاوه‌بر استحکام بسیار زیاد (بیشتر از ۱۰ برابر فولاد) خاصیت آنتی‌باکتریال آن‌ها مانع تجمع عوامل باکتریایی و جلبکی روی ساختار قفس‌ها می‌شود. بنابراین فن‌آوری نانو از این نظر کمک بسیار زیادی به صنعت پرورش ماهی در قفس خواهد کرد (Rather *et al*, 2016).

توصیهٔ ترویجی

فناوری نانو در صنعت شیلات می‌تواند دارای اثرات مثبت و منفی باشد. از جمله مزایای این فناوری، کمک به شناسایی سریع بیماری، افزایش توانایی ماهی در جذب داروهایی مثل هورمون‌ها، واکسن‌ها و مواد مغذی، در مدیریت سلامت ماهی، دارورسانی، تیمار آب، زاد و ولد جانور، در افزایش رشد، تکنولوژی صید، فرآوری، بسته‌بندی محصولات دریایی، در ردیابی موجودات، پرورش فیتوپلانکتون‌ها و زئوپلانکتون‌ها می‌باشد؛ اما مضراتی نیز دارد به‌طوری‌که نانوذرات می‌توانند باعث بیماری‌زایی و بروز اثرات سمی روی آبزیان شوند. از اینرو توصیه می‌گردد در کاربرد این فناوری در علوم شیلاتی، اثرات مثبت و مضرات بطور مستمر مورد بررسی‌های تحقیقاتی قرار گرفته و بکارگیری این دانش در موارد خاص با در نظر گرفتن تمامی جنبه ها اعمال گردد.

منابع

۱- بحرانی، س.، قنبرزاده، ب. و خیابانی، م.، ۱۳۹۲. بررسی تشکیل کمپلکس، اندازهٔ ذرات و کارایی انکپسولاسیون. مجلهٔ علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، شماره ۳: صفحات ۱۵-۱.

2- Afkhami, m., Latifi, A. and Jafari, N., 2019. Effects of iron oxide nanoparticles on concentration liver enzymes and thyroid sitmulating hormone in rat. *Journal of the Shahrekord University Medical Sciences*,14: pp. 82-88.

3- Cole, P., 2016. Nanoparticles in natural aquatic environments: A physical, Chemical and ecotoxicological of cerium dioxide and silver. Journal of Veterinary Research, 24: pp.48-56.

4- Farkas, J., 2014. Effects of silver and gold nanoparticles on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. *Journal of Aquatic Toxicology*, 96: pp. 44-52.

5- Hund, K., and Simon, M., 2016. Ecotoxic effect of photocatalytic active nanoparticles (TiO2) on algae and daphnids. *Environmental Science and Pollution Research*,13: pp. 225-232.

6- Ivanova, J., Toncheva-Panova, T., Chernev, G. and Samuneva, B., 2018. Effect of Ag+, Cu2+ and Zn2+ containing hybrid nanomatrixes on the green algae Chlorella keissleri. *Plant Physiology*, 34: pp. 339-346.

7- Joseph, T. and Morrison, M., 2017. Nanotechnology in Agriculture and Food. *Aquaculture Research*, 37: pp. 229-238.

8- Leigh, J., Bouldin, R. and Buchanan, B., 2018. Effects of exposure to semiconductor nanoparticles on aquatic organisms. *Aquaculture*, 35: pp. 336-342.

9- Miller, H.S., Lenihan, E., Muller, N., Tseng, S., Hanna, A. and Keller, K. 2018. Impacts of metal oxide nanoparticles on marine phytoplankton. Environ Technol, 44: 7329-7334.

10- Perreault, N., Bogdan, M., Morin, J. and Claverie, R., 2017. Popovic, Interaction of gold nanoglycodendrimers with algal cells (*Chlamydomonas reinhardtii*) and their effect on physiological processes. *Nanotoxicol*, 6: pp. 109-120.

11- Rajeshkumar, S., Venkatesan, C., Sarathi, M., Sarathbabu, V., Thomas, J., Basha, K. and SahulHameed, A., 2017. Oral delivery of DNA constructs using chitosan nanoparticles to protect the shrimp from white spot syndrome virus. *Fish Shellfish Immunology*, 26: pp. 429-437.

12- Ranjbar, R. 2017. Toxic effects of nanoparticle of silver to the liver and spleen tissues in rats". Nanoscience and Nanotechnology Conference. Yazd province Payam Noor University, 4: pp. 1-8.

13- Rather, M., Sharma, R., Aklakur, M., Ahmad, S., Kumar, N., Khan, M. and Ramya, V., 2016. Nanotechnology: A novel tool for aquaculture and fisheries development: a prospective Mini-Review. *Fisheries & Aquaculture Journal*, 32: p. 668-674.
14- Santos, A., Miguel, L., Tomaz, R., Malho, C. and Maycock, M.C., 2016. The impact of CdSe/ZnS quantum dots in cells of *Medicago sativa* in suspension culture. *Journal Nanobiotechnol*, 8: pp. 24-37.
15- Schwab, T., Bucheli, L.P., Lukhele, A., Magrez, B., Nowack, L. and Sigg, K., 2017. Are carbon nanotube effects on green algae caused by shading and agglomeration. *Environ Technol*, 45: pp. 6136-6144.
16- Shubayer, V., Pisanic, T. and Jin, S., 2016. Magnatic nanoparticles for theragnostics. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 61: pp. 460-471.
17- Silva, T. and Alves, A., 2012. Materials of marine origin: a review on polymers and ceramics of biomedical interest. *International Materials*, 57: pp. 276-306.
18- Wang, X., Zhang, Y. and Chen, M., 2017. Toxicity assessment of manufactured nanomaterials using the unicellular green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Chemosphere*, 73: pp. 1121-1128.

Application of nanotechnology in aquaculture

Abstract

Nanotechnology has become a global competitor. Countries that have lagged behind industrialized countries in some areas have once again had the opportunity to compete with developed countries in new areas. Due to the increasing growth of nanotechnology, researchers in various fields and fields have tried to use it. Based on the applications discussed in this article, it can be said that nanoparticles can increase fish production by creating better hygienic conditions in fish ponds; Also, using special nano-hooks, the amount of aquatic fishing can be increased. Once available to fish (either by farming or fishing), nanoparticles can ensure optimal product delivery to customers by providing the right packaging. In addition, as mentioned, by producing nanocapsules and introducing aquatic nutrient particles into daily foods, they can be added to people's food baskets. As the article shows, these were examples of nanoparticles being used in aquaculture, fishing and fish processing.

Key Words: Nanotechnology, aquaculture, nanocapsules, nanoparticles