

پناتسیل استفاده از نانوتکنولوژی در تصفیه آب سیستم‌های پرورش آبزیان زینتی

سید حسین حسینی فر^۱، نیلوفر نیک دهقان^{۲*}

* niloufar.nikdehghan2018@gmail.com

۱- گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- گروه بوم‌شناسی آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در حال حاضر تولید آبی‌پروری تجاری و تزئینی رو به افزایش است و این امر مستلزم مصرف میزان بالایی آب در سیستم‌ها تکثیر و پرورش این گروه از آبزیان است. با توجه به محدودیت‌های موجود در منابع آبی، توسعه پایدار آبی‌پروری آبزیان زینتی مستلزم صرفه جویی و به حداقل رساندن مصرف آب است. یکی از راهبردهای موثر در کاهش مصرف آب و به‌کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. نانوتکنولوژی در طی سالیان اخیر رشد و گسترده‌ای در همه جنبه‌های علوم و صنایع داشته است. با توجه به کارایی نانوتکنولوژی و تنوع موجود در روش‌های استفاده از آن، می‌تواند بطور گسترده‌ای در تصفیه آب سیستم‌ها تکثیر و پرورش آبزیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله روش‌های مختلف به‌کارگیری نانوتکنولوژی در تصفیه پساب، با تاکید بر نانولوله‌های کربنی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نانوتکنولوژی، فیلتراسیون، پساب، آبی‌پروری، ماهیان تزئینی

مقدمه

نانوتکنولوژی در طی سالیان اخیر رشد و گسترده‌ای در همه جنبه‌های علوم و صنایع داشته است (Singh *et al.*, 2017). ازینرو به عنوان یک اولویت و راهبرد در توسعه کشورها محسوب می‌شود. امروزه فناوری نانو به دلیل گستردگی حوزه‌های کاربرد، تأثیرگذاری مستقیمی بر اغلب صنایع و علوم داشته و به عنوان یک فناوری اولویت‌دار و راهبردی برای تمام کشورها محسوب می‌شود (Bhattacharyya *et al.*, 2017). یک نانومتر معادل متر یا به عبارتی یک میلیاردم متر است. براساس تعریف ارائه شده توسط مؤسسه ملی پیشگامی فناوری نانو در آمریکا، نانوتکنولوژی شامل توسعه تحقیقات و فناوری در سطوح اتمی، مولکولی و ماکرومولکولی با طول تقریبی از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، می‌باشد.

در حال حاضر تولید آبی‌پرووری تجاری و تزئینی رو به افزایش است و این امر مستلزم مصرف میزان بالایی آب در سیستم‌ها تکثیر و پرورش این گروه از آبزیان است (FAO, 2016). با توجه به محدودیت‌های موجود در منابع آبی، توسعه پایدار آبی‌پرووری آبزیان زینتی مستلزم صرفه جویی و به حداقل رساندن مصرف آب است (Little *et al.*, 2016). یکی از راهبردهای موثر در کاهش مصرف آب و به‌کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. با توجه به کارایی نانوتکنولوژی و تنوع موجود در روش‌های استفاده از آن، می‌تواند به‌طور گسترده‌ای در تصفیه آب سیستم‌ها تکثیر و پرورش آبزیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. انواع فن‌آوری‌های نانو که در آبی‌پرووری قابلیت استفاده دارند شامل استفاده از نانوفیلتر، نانوکاتالیست، نانوکامپوزیت، نانوذرات، نانو سنسورها می‌باشد (Bhattacharyya *et al.*, 2017). در این مقاله روش‌های مختلف بکارگیری نانوتکنولوژی در تصفیه پساب، با تأکید بر نانولوله‌های کربنی مورد بررسی قرار گرفته است.

نانوذرات آهن صفر ظرفیتی

تحقیقات صورت پذیرفته نشان داده است که نانوذرات آهن قابلیت تغییر شکل و سمیت‌زدایی طلف وسیعی از آلاینده‌های رایج محیطی نظیر آفت‌کش‌های ارگانوکلره را دارد. نانوذرات آهن دارای سطح مقطع ویژه بالایی بوده و در اثر تغییر شکل آلاینده‌ها محصولات جانبی کم‌خطری تولید می‌کنند (Tuček *et al.*, 2017). با توجه به اینکه سموم کشاورزی

به‌طور گسترده‌ای در ایران استفاده می‌شوند و این آلاینده‌ها می‌تواند از طریق آب ورودی به مزارع تکثیر و پرورش آبزیان زینتی راه پیدا کنند. به‌نظر می‌رسد استفاده از این نوع نانو تکنولوژی می‌تواند بعنوان یک راهبرد موثر مطرح باشد.

ژئولیت‌ها

جاذب‌ها به‌طور وسیعی برای تصفیه آب و فاضلاب و حذف آلاینده‌های آلی و معدنی استفاده می‌شوند. ژئولیت‌ها، جامدات کریستالی با فضاهای متخلخل بسیار ریز و با ساختار مشخص هستند (Bogdanov *et al.*, 2008). ژئولیت‌ها به‌عنوان جاذب‌ها و بسترهای تعویض یونی با کارایی بالا برای یون‌های فلزی هستند. این مواد ظرفیت پایداری گرمایی بالایی داشته و قابلیت تعویض یونی بالایی دارند. مطالعه صورت پذیرفته نشان داده است که ژئولیت‌ها می‌توانند سبب جذب فلزات سنگین شده و مسمومیت‌های احتمالی ناشی از آن‌ها را کاهش دهد (Bogdanov *et al.*, 2008). همچنین این مواد به دلیل ظرفیت تبادل یونی بالا، حفرات فراوان و قابلیت تشکیل ژل ضعیف قابلیت جذب سموم قارچی و به خصوص آفلاتوکسین‌ها را دارند. با توجه قابلیت‌های فوق، می‌توان از این دسته از مواد به عنوان راهبرد موثر در تصفیه آب محیط‌های پرورش استفاده نمود.

نانو فتو کاتالیست‌ها

یک دسته دیگر از راهبردهای نانوتکنولوژی در تصفیه پساب محیط‌های پرورش آبزیان زینتی استفاده از نانو فتو کاتالیست‌ها است. این مواد سبب تجزیه آلاینده‌ها در آب و فاضلاب و تبدیل آن‌ها به مواد بی‌خطر نظیر آب و دی‌اکسید کربن می‌شوند (Mahmoodi and Arami, 2009). از انواع فتو کاتالیست می‌توان به اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید تنگستن، اکسید آهن اشاره کرد. در بین موارد ذکر شده دی‌اکسید تیتانیوم به علت قیمت پایین، عدم نیاز به انرژی بالا، بازدهی بالا و عدم ایجاد آلودگی قابلیت استفاده بیشتری دارد (Mahmoodi and Arami, 2009).

نانو سنسورها

استفاده از نانوسنسورها یکی از راهبردهای جدید نانوتکنولوژی در تصفیه پساب آبی‌پرووری است. امروز از

بوجود می آورند (Yan *et al.*, 2008) این سوراخ‌ها و حفرات دارای اندازه‌هایی بین ۵۰-۲ نانومتر می‌باشند و قادرند سطح خارجی زیادی را بوجود آورده تا میکروبوها و ویروس‌ها را جذب نمایند (Yan *et al.*, 2008). عمل جذب در چهار ناحیه از نانولوله‌های کربن اتفاق می‌افتد که شامل فواصل بین نانولوله‌های درون یک دسته نانولوله، در حفرات درون یک نانولوله که انتهای آن‌ها باز باشد، در شیار و مرز بین دسته‌های نانولوله، در سطح خارجی نانولوله می‌باشد (Agnihotri *et al.*, 2005).

خواص سمی نانولوله‌های کربن

رشد و ماندگاری پاتوژن‌ها روی مواد کربندار توسط محققین بسیاری بیان شده است ولی خواص سمی نانولوله‌های کربن مانع از رشد پاتوژن‌ها بر روی سطح آن‌ها می‌شود. در مقایسه با فیلترهای دارای کربن فعال گرانوله که میکروارگانیسم‌ها روی آن‌ها رشد کرده و بیو فیلم تشکیل می‌دهند در فیلترهای دارای نانولوله‌های کربن از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شده که این خاصیت به خود تمیز شوندگی فیلترهای جذبی CNT نام برده می‌شود (Liu *et al.*, 2013). نانولوله‌های کربن برای گستره وسیعی از میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌های، گونه‌های از پروتوزواها و ویروس‌ها خاصیت آنتی میکروبی دارند (Brady-Estévez *et al.*, 2008). خاصیت آنتی میکروبی نانولوله‌های کربن به دلیل حالت رشته‌ای آنها است. رشته‌های باریک درون سلول‌های باکتریایی نفوذ کرده و راه‌های متابولیسمی درون سلولی را مسدود کرده و محتوای سلولی را متلاشی می‌کنند. در ابتدا تصور می‌شد ناخالصی‌ها و فلزاتی که در سنتز این نانو مواد استفاده شده است خاصیت سمیت برای سلول‌ها را دارد اما بعدها مشخص شد که خواص فیزیوشیمیایی آن‌ها تاثیر زیادی بر خاصیت سمی نانولوله‌ها دارد. اندازه و طول نانولوله‌ها، پراکندگی و ناخالصی‌های آن‌ها (مانند کربن‌های بی شکل از جمله عواملی هستند که بر خواص نانولوله‌ها تاثیر دارند) (Brady-Estévez *et al.*, 2008).

به‌علاوه نانو لوله‌های کربنی بدلیل رشته‌ای بودن نانولوله‌ها و بالا بودن نسبت طول به عرض آن‌ها (تقریباً با نسبت ۲۰۰۰)، قابلیت جذب میکروارگانیسم‌ها را دارند (Liu *et al.*, 2013). خاصیت جذب نوعی میکروبو روی نانولوله کربن تک

فناوری نانو رد کاربردهای حس‌گری یا شناسایی استفاده می‌شود. از نانوسنسورها می‌توان جهت تشخیص آلاینده‌ها و عوامل بیماری‌زا استفاده کرد. این حسگرها حساسیت بسیار بالایی داشته و می‌توانند دارای عملکرد انتخابی باشند و برای یک آلاینده خاص طراحی شوند (Qu *et al.*, 2013).

نانوفیلتراسیون

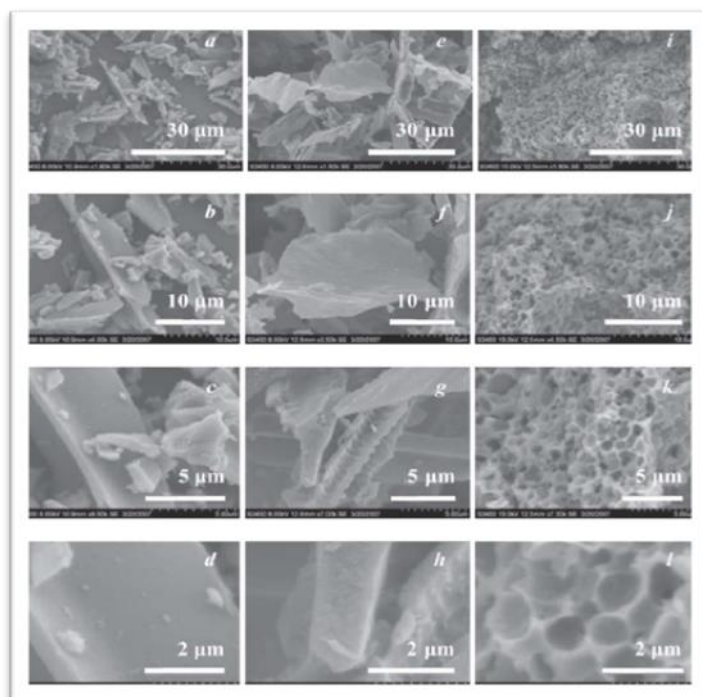
یکی دیگر از راهبردهای نانو تکنولوژی یک در تصفیه پساب محیط‌های پرورش آبزیان می‌تواند استفاده از نانوفیلتراسیون باشد. در این روش از فیلترهایی با خصوصیتی ما بین اسمز معکوس و الترا استفاده می‌گردد (Qu *et al.*, 2013). از راهبرد نانوفیلتراسیون می‌تواند جهت حذف کدورت، میکروارگانیسم‌ها، حذف آلاینده‌های آلی محلول، کربن آلی و فلزات سنگین استفاده نمود. یکی از انواع نانوفیلتراسیون استفاده از نانو جاذب‌هایی مانند نانولوله‌های کربن (CNT) می‌باشد که برای حذف فلزات سنگین، مواد آلی و آلاینده‌های بیولوژیکی هم استفاده می‌شوند (Qu *et al.*, 2013). نانو لوله‌های کربن به دلیل قابلیت‌های ویژه فوق‌العاده‌ای که در تصفیه آب دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و ثابت شده است که به‌صورت موثری در حذف آلاینده‌های شیمیایی و بیولوژیکی نقش خواهند داشت.

نانولوله‌های کربن قادرند گستره وسیعی از آلودگی‌ها نظیر فلزات سنگین Zn^{+2} , Pb^{+2} , Cr^{+3} شبه فلزاتی نظیر آرسنیک، مواد آلی نظیر ترکیبات حلقوی آروماتیک، علف‌کش‌ها و گستره وسیعی از آلاینده‌های بیولوژیکی شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و سموم سیانو باکتریایی را حذف نمایند. موفقیت نانولوله‌های کربن در حذف آلاینده‌های بیولوژیکی بخصوص پاتوژن‌ها به خصوصیات فیزیکی و خاصیت عامل‌دار شدن و سمیت آن‌ها برای سلول‌ها نسبت داده می‌شود (Liu *et al.*, 2013). جذب آلاینده‌های آلی و فلزی روی نانولوله‌های کربن به‌صورت گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است ولی جذب آلاینده‌های بیولوژیکی نیاز به مطالعات و درک جزئیات بیشتری دارد (Rao *et al.*, 2007).

توانایی نانولوله‌های کربن در جذب آلاینده‌های بیولوژیکی عمدتاً به دلیل عامل‌دار شدن و خواص و ساختار فیزیکی آن‌ها می‌باشد. صدها نانوتیوب کربن در نتیجه نیروی واندروالس بهم متصل شده و شبکه به‌هم پیوسته‌ای از حفرات متراکمی را

(Brady-Estévez *et al.*, 2008). زیرا دو ماده دیگر سطح خارجی قابل دسترس کمتر و نسبت طول به عرض کمتری داشتند.

دیواره، پودر کربن فعال و نانو کربن (در حالت کرم) مورد آزمایش قرار گرفت و نتیجه این آزمایش نشان داد که جذب با استفاده از نانولوله کربن ۲۷-۳۷ برابر دو جاذب دیگر می‌باشد



شکل ۱: سه ماده نانو لوله کربنی (i-l)، نانو کربن متخلخل (e-h) و کربن فعال (a-d)

شده است مزیت استفاده از فیلترهای CNT این است که نرخ بالای جریان با کاهش فشار معقولانه به دست می‌آید (Mostafavi *et al.*, 2009). به علاوه، خاصیت کاتالیزوری CNT مانع تجمع بیوفیلم بیماریزا بر روی سطح آن می‌شود که نظافت آن را آسان می‌کند. این دو مزیت فیلترهای CNT تا حد زیادی هزینه بالای آن‌ها را جبران می‌کند. همچنین نفوذپذیری آب از بین غشاءهای نانولوله‌های کربنی چندین برابر بیشتر از غشاءهای پلی کربناته سنتی است (Li *et al.*, 2008). آب از بین کانال داخلی CNT ها عبور می‌کند درحالیکه آلاینده‌های بزرگ مانند میکروارگانیزم‌ها پس زده می‌شوند. ثابت شده است که فیلترهای CNT در حذف باکتری ها و ویروس ها کارایی دارند. باکتری های با تراکم 10^6 CFU ml توسط فیلترهای نانو لوله‌های کربنی به طور کامل نگه داشته و غیرفعال می‌شوند (Mostafavi *et al.*, 2009). با توجه به اهمیت بیماری‌های باکتریایی در آبریزان

ملاحظات عملی در استفاده از نانولوله های کربنی در تصفیه پساب آبی پروری

نانولوله‌های کربنی (CNTs) به عنوان جاذب‌های بسیار خوبی برای تغلیظ و حذف آلاینده‌های بیولوژیک از سیستم‌های آبی در نظر گرفته می‌شوند. با این‌ها بسیاری از جنبه‌های عملی به کارگیری آن‌ها شامل هزینه به کارگیری، عملی بودن، قابلیت جداسازی می‌باشد. بسیاری از محققین هنوز بر این نظر هستند که از CNTs به دلیل هزینه بالا نمی‌توان در مقیاس وسیع استفاده کرد. اگرچه مطالعات صورت پذیرفته ثابت کرده است که تولید انبوه CNTs با کیفیت بالا و هزینه کم ممکن می‌باشد (Agboola *et al.*, 2007). CNTs ها را می‌توان از طریق تجزیه هیدروکربن‌ها در راکتور ترسیب شیمیایی (CCVD) تولید نمود (Agboola *et al.*, 2007). درخصوص قابلیت کاربرد این مواد در تصفیه پساب آبی پروری مطالعه‌ای صورت پذیرفته است. با این حال مشخص

review. *Natural and Mathematical Science*, vol 19, no 7. 1-5.

Brady-Estévez, A.S., Kang, S. and Elimelech, M., 2008. A single-walled-carbon-nanotube filter for removal of viral and bacterial pathogens. *Small*, 4, 481-484.

FAO, 2016. Aquaculture department (2016) the state of world fisheries and aquaculture 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 243 P.

Li, Q., Mahendra, S., Lyon, D.Y., Brunet, L., Liga, M.V., Li, D. and Alvarez, P.J., 2008. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. *Water research*, 42, 4591-4602.

Little, D.C., Newton, R. and Beveridge, M., 2016. Aquaculture: a rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75, 274-286.

Liu, X., Wang, M., Zhang, S. and Pan, B., 2013. Application potential of carbon nanotubes in water treatment: a review. *Journal of Environmental Sciences*, 25, 1263-1280.

Mahmoodi, N.M. and Arami, M., 2009. Degradation and toxicity reduction of textile wastewater using immobilized titania nanophotocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 94, 20-24.

Mostafavi, S., Mehrnia, M. and Rashidi, A., 2009. Preparation of nanofilter from carbon nanotubes for application in virus removal from water. *Desalination*, 238, 271-280.

Qu, X., Alvarez, P.J. and Li, Q., 2013. Applications of nanotechnology in water and

زینتی، استفاده از این مواد در تصفیه پساب سیستم‌ها پرورش آبزیان زینتی و یا در فیلتر اکواریوم‌ها، می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مهم در پیشگیری از بروز بیماری مطرح باشد. به‌علاوه مصطفوی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که می‌توان از نانوفیلترهای CNT برای حذف ویروس‌ها در آب استفاده نمود. با عنایت به مشکلات درمان بیماری‌های ویروسی، استفاده از این تکنولوژی می‌تواند به پیشگیری از بروز بیماری‌های ویروسی در ماهیان اکواریومی و زینتی بیانجامد. استفاده از نانوتکنولوژی می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد موثر در کاهش مصرف آب و نیز پیشگیری از بروز بیماری‌ها در آبزیان زینتی بیانجامد. با این حال این تکنولوژی تاکنون بطور گسترده‌ای در تصفیه پساب آبی‌پروری و یا در فیلتراسیون آب اکواریوم‌ها استفاده نشده است. بنابراین، نیازمند انجام مطالعات بیشتری در این خصوص است. یکی از ملاحظات که می‌بایست حتما مدنظر باشد، اثرات زیست محیطی نانوتکنولوژی در صورت رهایش نانو مواد در آب است.

منابع

Agboola, A.E., Pike, R.W., Hertwig, T. and Lou, H.H., 2007. Conceptual design of carbon nanotube processes. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 9, 289-311.

Agnihotri, S., Mota, J.P., Rostam-Abadi, M. and Rood, M.J., 2005. Structural characterization of single-walled carbon nanotube bundles by experiment and molecular simulation. *Langmuir*, 21, 896-904.

Bhattacharyya, S., Bennett, J., Short, L.C., Theisen, TS, Wichman, M.D., White, J.C. and Wright, S., 2017. Nanotechnology in the water industry, part 1: Occurrence and risks. *Journal-American Water Works Association*, 109, 30-37.

Bogdanov, B., Georgiev, D., Angelova, K. and Hristov, Y., 2008. Synthetic zeolite and their industrial and environmental application

wastewater treatment. *Water Research*, 47, 3931-3946.

Rao, G.P., Lu, C. and Su, F., 2007. Sorption of divalent metal ions from aqueous solution by carbon nanotubes: a review. *Separation and Purification Technology*, 58, 224-231.

Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K. and Rather, I.A., 2017. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1501.

Tuček, Jí., Pucek, R., Kolařík, J., Zoppellaro, G., Petr, M., Filip, J., Sharma, V.K. and

Zbořil, R., 2017. Zero-valent iron nanoparticles reduce arsenites and arsenates to As (0) firmly embedded in core-shell superstructure: challenging strategy of arsenic treatment under anoxic conditions. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5, 3027-3038.

Yan, X., Shi, B., Lu, J., Feng, C., Wang, D. and Tang, H., 2008. Adsorption and desorption of atrazine on carbon nanotubes. *Journal of Colloid and Interface Science*, 321, 30-38.

Potential application of nanotechnology for water treatment in ornamental aquatics culture systems

Hoseinifar S.H.¹; Nikdehghan N.¹

* niloufar.nikdehghan2018@gmail.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Abstract

At present, the ornamental fish aquaculture and edible fish aquaculture are growing, and this requires the high consumption of water in culture systems aimed at breeding and cultivation of this group of aquatic animals. Considering, the limitations of water resources, sustainable development of ornamental fish aquaculture requires saving and minimizing water consumption. One of the effective strategies to reduce water consumption and reuse, is water treatment. Nanotechnology has grown over the past years in all aspects of science and industry. Due to the efficiency of nanotechnology and the diversity of its methods of use, it can be widely used in treatment of water in culture systems. In this paper, various methods of using nanotechnology in wastewater treatment, with emphasis on carbon nanotubes, have been investigated.

Keywords: Nanotechnology, Filtration, Wastewater, Aquaculture, Ornamental fish