

پناهگاه استفاده از نانوتکنولوژی در تصفیه آب سیستم‌های پرورش آبزیان زیستی

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 بوم شناسی آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در حال حاضر تولید آبزی پروری تجارتی و تزیینی 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 آبزی پروری آبزیان زیستی مستلزم صرفه جویی و به حداقل رساندن مصرف آب است. یکی از راهبردهای موثر در کاهش مصرف آب و به کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. نانوتکنولوژی در طی سالیان اخیر رشد و گستردگی 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 زیستی مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله روش‌های مختلف به کارگیری نانوتکنولوژی در تصفیه پس‌آب، با تأکید بر نانولوله‌های کربنی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نانوتکنولوژی، فیلتراسیون، پس‌آب، آبزی پروری، ماهیان تزئینی

مقدمه

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

زئولیت‌ها

جادب‌ها به طور وسیعی برای تصفیه آب و فاضلاب و حذف آلینده‌های آلی و معدنی استفاده می‌شوند. زئولیت‌ها، جامدات کریستالی با فضاهای متخلخل بسیار ریز و با ساختار مشخص هستند (Bogdanov *et al.*, 2008). زئولیت‌ها به عنوان جاذب‌ها و سترهای تعویض یونی با کارایی بالا برای یون‌های فلزی هستند. این مواد ظرفیت پایداری گرمایی بالای داشته و قابلیت تعویض یونی بالایی دارند. مطالعه صورت پذیرفته نشان داده است که زئولیت‌ها 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 سوم قارچی و به خصوص آفلاتوکسین‌ها را دارند. با توجه قابلیت‌های فوق، می‌توان ازین دسته از مواد به عنوان راهبرد موثر در تصفیه آب محیط‌های پرورش استفاده نمود.

نانو فتو کاتالیست‌ها

یک دسته دیگر از راهبردهای نانو‌تکنولوژیک در تصفیه پس‌آب محیط‌های پرورش آبزیان زینتی استفاده از نانو فتو کاتالیست‌ها است. این مواد سبب تجزیه آلینده‌ها 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 تیتانیم، اکسید تنگستن، اکسید آهن اشاره کرد. در بین موارد ذکر شده دی‌اکسید تیتانیم 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 نانو سنسورها یکی از راهبردهای جدید نانو‌تکنولوژیک در تصفیه پس‌آب آبزی پروری است. امروز از

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 گسترده‌گی 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 میلیارد متر است. براساس تعریف ارائه شده توسط مؤسسه‌ی 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 آبزی پروری تجاری و تزیینی 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 آبزی پروری 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 به کارگیری مجدد، تصفیه آب می‌باشد. با توجه به کارایی نانو‌تکنولوژی و تنوع موجود در روش‌های استفاده از آن، می‌تواند به طور گسترده‌ای در تصفیه آب سیستم‌ها تکثیر و پرورش آبزیان زینتی مورد استفاده قرار گیرد. انواع فن آوری‌های نانو که در آبزی پروری 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 پس‌آب، با تاکید 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 آلینده‌های رایج محیطی نظیر آفت‌کش‌های ارگانوکله را دارد. نانوذرات آهن دارای سطح مقطع ویژه بالایی بوده و در اثر تغییر شکل آلینده‌ها محصولات جانبی کم خطری تولید می‌کنند (Tuček *et al.*, 2017). با توجه به اینکه سوم کشاورزی

وجود می آورند (Yan *et al.*, 2008) این سوراخها و حفرات دارای اندازه هایی بین ۲-۵۰ نانومتر می باشند و قادرند سطح خارجی زیادی را بوجود آورده تا میکروب ها و ویروس ها را جذب نمایند (Yan *et al.*, 2008). عمل جذب در چهار ناحیه از نanolوله های کربن اتفاق می افتد که شامل فواصل بین Nanololle های درون یک دسته Nanololle، در حفرات درون یک Nanololle که انتهای آن ها باز باشد، در شیار و مرز بین دسته های Nanololle، در سطح خارجی Nanololle می باشد (Agnihotri *et al.*, 2005).

خواص سمی Nanololle های کربن

رشد و ماندگاری پاتوژن ها روی مواد کربنیار توسط محققین بسیاری بیان شده است ولی خواص سمی Nanololle های کربن مانع از رشد پاتوژن ها بر روی سطح آن ها می شود. در مقایسه با فیلتر های دارای کربن فعال گرانوله که میکرووارگانیسم ها روی آن ها رشد کرده و بیو فیلم تشکیل می دهند در فیلتر های دارای Nanololle های کربن از رشد میکرووارگانیسم ها جلوگیری شده که این خاصیت به خود تمیز شوندگی فیلتر های جذبی CNT نام برد می شود (Liu *et al.*, 2013). Nanololle های کربن برای گستره وسیعی از میکرووارگانیسم ها مانند باکتری های، گونه های از پروتوزوها و ویروس ها خاصیت آنتی میکروبی دارند (Brady-Estevez *et al.*, 2008). خاصیت آنتی میکروبی Nanololle های کربن به دلیل حالت رشته ای آنها است. رشته های باریک درون سلول های باکتریایی نفوذ کرده و راه های متابولیسمی درون سلولی را مسدود کرده و محتوای سلولی را متلاشی می کنند. در ابتدا تصور می شد ناخالصی ها و فلزاتی که در سنتر این نانو مواد استفاده شده است خاصیت سمیت برای سلول ها را دارد اما بعد اها مشخص شد که خواص فیزیوشیمیایی آن ها تاثیر زیادی بر خاصیت سمی Nanololle ها دارد. اندازه و طول Nanololle ها، پراکندگی و ناخالصی های آن ها (مانند کربن های بی شکل از جمله عواملی هستند که بر خواص Nanololle ها تاثیر دارند (Brady-Estevez *et al.*, 2008).

به علاوه نانو لوله های کربنی بدلیل رشته ای بودن Nanololle ها و بالا بودن نسبت طول به عرض آن ها (تقریباً با نسبت Liu *et al.*, ۲۰۰۰)، قابلیت جذب میکرووارگانیسم ها را دارند (Liu *et al.*, 2013). خاصیت جذب نوعی میکروب روی Nanololle کربن تک

فناوری نانو رد کابردهای حس گری یا شناسایی استفاده می شود. از نانوسنسورها می توان جهت تشخیص آلاینده ها و عوامل بیماری زا استفاده کرد. این حسگرها حساسیت بسیار بالایی داشته و می توانند دارای عملکرد انتخابی باشند و برای یک آلاینده خاص طراحی شوند (Qu *et al.*, 2013).

نانوفیلتراسیون

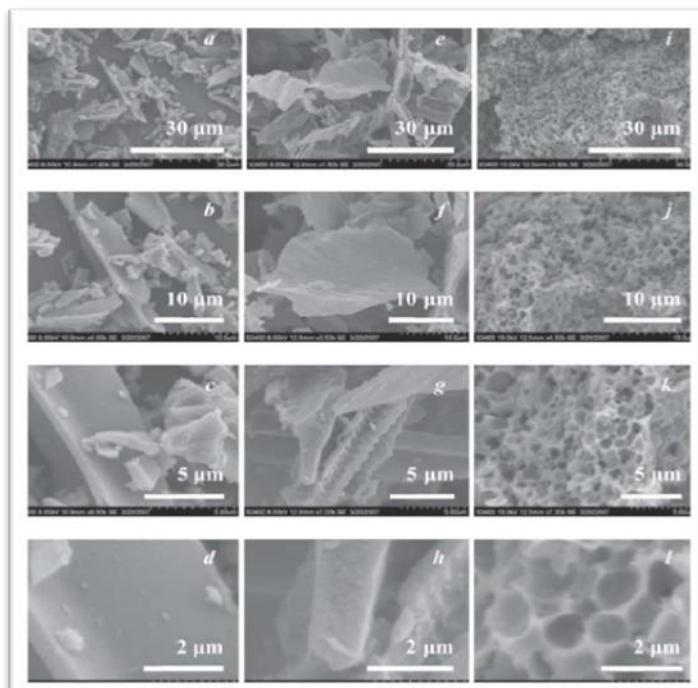
یکی دیگر از راهبردهای نانوتکنولوژیک در تصفیه پساب محیط های پرورش آبزیان می تواند استفاده از نانوفیلتراسیون باشد. در این روش از فیلتر هایی با خصوصیاتی ما بین اسمز معکوس و الترا استفاده می گردد (Qu *et al.*, 2013). از راهبرد نانوفیلتراسیون می تواند جهت حذف کبدورت، میکرو ارگانیسم ها، حذف آلاینده های آلی محلول، کربن آلی و فلزات سنگین استفاده نمود. یکی از انواع نانوفیلتراسیون استفاده از نانو جاذب هایی مانند Nanololle های کربن (CNT) می باشد که برای حذف فلزات سنگین، مواد آلی و آلاینده های بیولوژیکی هم استفاده می شوند (Qu *et al.*, 2013). نانو لوله های کربن به دلیل قابلیت های ویژه فوق العاده ای که در تصفیه آب دارند بسیار مورد توجه قرار گرفته اند و ثابت شده است که به صورت موثری در حذف آلاینده های شیمیایی و بیولوژیکی نقش خواهند داشت.

Nanololle های کربن قادرند گستره وسیعی از آلودگی ها نظیر فلزات سنگین Zn^{+2} , Pb^{+2} , Cr^{+3} , شبه فلزاتی نظیر آرسنیک، مواد آلی نظیر ترکیبات حلقوی آروماتیک، علف کش ها و گستره وسیعی از آلاینده های بیولوژیکی شامل باکتری ها، ویروس ها و سموم سیانو باکتریایی را حذف نمایند. موقفيت Nanololle های کربن در حذف آلاینده های بیولوژیکی بخصوص پاتوژن ها به خصوصیات فیزیکی و خاصیت عاملدار شدن و سمیت آن ها برای سلول ها نسبت داده می شود (Liu *et al.*, 2013). جذب آلاینده های آلی و فلزی روی Nanololle های کربن به صورت گستردگی مورد مطالعه قرار گرفته است ولی جذب آلاینده های بیولوژیکی نیاز به مطالعات و درک جزئیات بیشتری دارد (Rao *et al.*, 2007).

توانایی Nanololle های کربن در جذب آلاینده های بیولوژیکی عمده تا بدلیل عاملدار شدن و خواص و ساختار فیزیکی آن ها می باشد. صدها نانوتیوب کربن در نتیجه نیروی واندروالس بهم متصل شده و شبکه به هم پیوسته ای 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 (a-i)، 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 کanal داخلی CNT‌ها عبور می‌کند در حالیکه آلاینده‌های بزرگ مانند میکروارگانیزم‌ها پس زده می‌شوند. ثابت شده است که فیلترهای CNT در حذف باکتری‌ها و ویروس‌ها کارایی دارند. باکتری‌های با تراکم 10^6 CFU ml⁻¹ توسط فیلترهای نانولوله‌های کربنی به طور کامل نگه داشته و غیرفعال می‌شوند (Mostafavi *et al.*, 2009). با توجه به اهمیت بیماری‌های باکتریایی در آبزیان

ملحوظات عملی در استفاده از نانولوله‌های کربنی در تصفیه پساب آبزی پروری نانولوله‌های کربنی (CNTs) به عنوان جاذب‌های بسیار خوبی برای تغییظ 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). CNTs‌ها را می‌توان از طریق تجزیه هیدروکربن‌ها در رآکتور ترسیب شیمیایی (CCVD) تولید نمود (Agboola *et al.*, 2007) در خصوص قابلیت کاربرد این مواد در تصفیه پساب آبزی پروری مطالعه‌ای صورت نپذیرفته 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 به عنوان یک راهبرد مهم در پیشگیری از بروز بیماری مطرح باشد. به علاوه 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 آکواریومی و زینتی بیانجامد. استفاده از نانوتکنولوژی می‌تواند به عنوان 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 آبزی پروری و یا در فیلتراسیون آب آکواریوم‌ها استفاده نشده است. بنابراین، نیازمند انجام مطالعات بیشتری در این خصوص است. یکی از ملاحظاتی که می‌بایست حتماً 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 zeolit 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., Prucek, R., Kolařík, J., Zoppellaro, G., Petr, M., Filip, J., Sharma, V.K. and Zboril, 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