

اثرات نانو اکسید مس مگنت شده ($\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{CuO}$) در تصفیه فاضلاب آبی پروری

سعید سالاری^۱، کامران رضایی توابع^{۱*}، علیرضا میرواقفی^۱، اکبر حیدری^۲

^۱گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
^۲گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول krtavabe@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۱

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی امکان بهبود کیفیت فاضلاب آبی پروری به وسیله نانو اکسید مس (CuO) مغناطیس شده با نانوذرات آهن انجام شد. برای این تحقیق، بعد از تهیه نانو ذره اکسید مس مغناطیسی شده ($\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{CuO}$)، پژوهش طی دو بخش انجام شد. در بخش اول پنج تیمار نانو اکسید مس مغناطیسی شده شامل صفر (شاهد)، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر در واحدهای آزمایشی ۵ لیتر فاضلاب آبی پروری با سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد. پس از اضافه کردن نانو ذره به فاضلاب مورد مطالعه، بعد از ۱۲ ساعت نانو ماده مگنت شده با استفاده از آهن ربا از فاضلاب آبی پروری جدا و سپس اثر نانو ذره بر شاخص های کیفی فاضلاب شامل نیترات، فسفات، مواد جامد محلول (TDS) و بار باکتریایی در فاضلاب آبی پروری مورد مطالعه قرار گرفت. در بخش اول تحقیق غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر نانو اکسید مس مگنت شده بهترین کارایی را نشان داد؛ در این تیمار نیترات به میزان ۴۵ درصد، فسفات به میزان ۵۵ درصد و بار باکتریایی موجود در فاضلاب آبی پروری نیز ۴۰ درصد کاهش یافت و در فاکتور TDS اثر معنی داری مشاهده نشد. در بخش دوم تحقیق آزمایشی تحت عنوان آزمایش اطمینان انجام گرفت که طی آن غلظتی از نانو ماده که در مرحله اول تحقیق بهترین نتیجه را نشان داده بود (۲۰ میلی گرم در لیتر) انتخاب و به همان میزان اکسید مس معمولی (خارج از مقیاس نانو) و اکسید آهن معمولی (به صورت منفرد) با سه تکرار بر فاضلاب آبی پروری اعمال شد و پس از گذشت ۱۲ ساعت شاخص های فوق در آنها اندازه گیری شدند و با تیمار شاهد مقایسه شدند. نتایج نشان داد که اثر مثبت بخش اول حاصل از اعمال نانو اکسید مس (CuO) بر فاضلاب آبی پروری بوده است. این آزمایش نشان داد که استفاده از نانو اکسید مس مغناطیسی شده در غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر به عنوان بهترین غلظت با کارایی بالا می تواند باعث بهبود شاخص های کیفیت فاضلاب آبی پروری شود.

واژگان کلیدی: تصفیه فاضلاب، فاضلاب آبی پروری، نانو اکسید مس، نانو تکنولوژی.

مقدمه

امروزه بسیاری از کشورها با مشکلات آب روبرو هستند و از این حیث شرایط ویژه ای در کشورهای در حال توسعه حاکم است. جهان با چالش های سهمگینی از قبیل افزایش خشکسالی، رشد جمعیت، مقررات دقیق تر بر اساس سلامت و رقابت تقاضا برای انواع کاربری ها در ارتباط با افزایش تقاضای آب تمیز در مواجهه با تهی شدن منابع آب شیرین در دسترس روبرو است (Dhermendra et al., 2008).

به مجموعه آب های استفاده شده برای مقاصد مختلف اصطلاحاً فاضلاب گفته می شود، یا به عبارت دیگر به مجموعه آب های دور ریختنی که پس از

فراهم کردن آب پاک و مقرون به صرفه برای رفع نیازهای انسان یک چالش بزرگ قرن ۲۱ است. تلاش برای حفظ کیفیت ذخایر آبی با روش های مختلف تصفیه آب در سراسر جهان در حال پیگیری است (Xiaolei et al., 2013). وارد کردن فاضلاب های تصفیه نشده به محیط زیست می تواند یک اکوسیستم آبی را دچار اختلال و نهایتاً به نابودی بکشد. فاضلاب ها یکی از عوامل آلودگی محیط زیست هستند، بنابراین بایستی آنها را تصفیه و بعد به گردش آب در طبیعت بازگرداند (رحیمی، ۱۳۸۲).

و $pH = 7.5$ با استفاده از پمپ آب از خروجی فاضلاب نمونه برداری و به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان گروه شیلات دانشگاه تهران منتقل شد. پس از یک روز نگهداری در کارگاه تحت دمای اتاق و آماده سازی مخازن و شرایط لازم برای شروع انجام تحقیق، این تحقیق در دو بخش جداگانه به شرح زیر انجام شد.

بخش اول: در این بخش پنج تیمار شامل شاهد، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر نانو اکسید مس مگنت شده ($Fe_3O_4@CuO$) با سه تکرار بر واحدهای پنج لیتری فاضلاب آبی پرووری اعمال شد (غلظت‌ها براساس پژوهش‌های گذشته بر روی انواع نانو ذرات انتخاب شدند) و پس از ۱۲ ساعت، نانو ماده مگنت شده به وسیله آهنربا نئودیمیوم از فاضلاب آبی پرووری جدا و سپس شاخص‌های کیفیت آب تیمارها اندازه گیری شدند.

بخش دوم: برای انجام این مرحله یعنی آزمایش اطمینان، تیماری که از آزمایش بخش اول در بهبود فاکتورهای تصفیه‌ای مورد اندازه‌گیری در فاضلاب آبی پرووری پاسخ مناسب‌تری داده بود (۲۰ میلی گرم در لیتر) انتخاب و به همان میزان اکسید مس و همچنین اکسید آهن (به صورت منفرد) بر فاضلاب آبی پرووری اعمال شد و بدین ترتیب در آزمایش اطمینان سه تیمار ۰ (شاهد)، ۲۰ میلی گرم در لیتر اکسید مس معمولی و ۲۰ میلی گرم در لیتر اکسید آهن با سه تکرار بر واحدهای پنج لیتری فاضلاب آبی پرووری اعمال گردید و پس از گذشت ۱۲ ساعت، فاکتورهای مورد تحقیق در این تیمارها اندازه گیری شد.

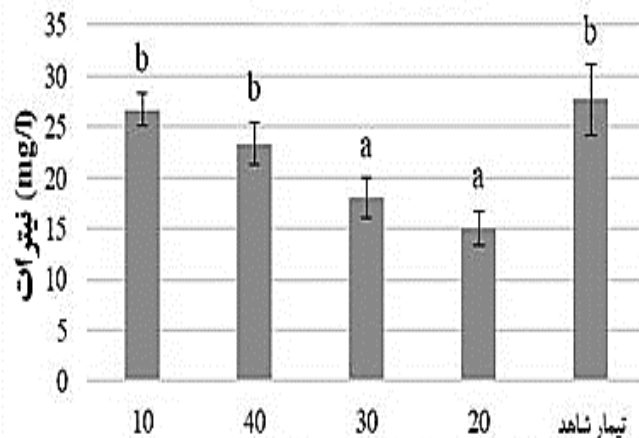
اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت آب: شاخص TDS توسط دستگاه TDS متر پرتابل HI9811-5 و فسفات NO_3 و نیترات، Hanna Instruments و P_3O_4 به ترتیب با روش‌های اولترا ویوله (UV) و رنگ‌سنجی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل UV-VIS2100 و همچنین بار باکتریایی توسط آزمایش Total Count بین تیمارها اندازه‌گیری شدند.

جمع‌آوری و تصفیه ممکن است قابلیت استفاده مجدد را داشته باشد. از نظر ترکیبی ۹۹/۹ درصد فاضلاب را آب و حدود ۰/۱ درصد آن را ناخالصی‌ها و مواد آلاینده تشکیل می‌دهد. ترکیب اجزاء تشکیل‌دهنده فاضلاب نشان داده است که مواد آلاینده موجود در فاضلاب شامل مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی، مواد معلق، مواد مغذی، پاتوژن‌ها، فلزات سنگین، مواد آلی مقاوم به تجزیه بیولوژیکی و جامدات محلول می‌باشند که وجود هر یک از این آلاینده‌ها و غلظت آن‌ها بستگی به نوع و ماهیت فاضلاب دارد (Babel et al., 2017).

در دهه‌های اخیر کاربرد نانوفناوری در تصفیه آلاینده‌ها با توجه به سهولت و اقتصادی بودن استفاده از آن‌ها در مقایسه با روش‌های فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیک متداول توسعه بیشتری یافته است (Tratnyek and Johnson, 2006). گزارش‌های زیادی در مورد استفاده از نانوفناوری به عنوان فرایند تصفیه و حذف آلاینده‌ها وجود دارد (Kashitarash et al., 2012). البته تولید نانوذرات در مقیاس بزرگ و استفاده از آن‌ها در صنایع مختلف به انتشار مکرر آن‌ها در محیط زیست منجر شده است. با این حال، تا به امروز هنوز مشخص نیست که شکل و غلظت نهایی نانوذرات (NPS) و سرنوشت آن‌ها در تعامل با ترکیبات مختلف فاضلاب و موجودات زنده موجود در محیط زیست چگونه است (Gomes et al., 2012). بنابراین، تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان بهبود کیفیت فاضلاب آبی پرووری به وسیله نانو اکسیدمس مغناطیس شده با نانوذرات آهن ($Fe_3O_4@CuO$) به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ابتدا نانو مواد مورد نیاز به مقدار کافی از دانشکده علوم پایه دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. سپس فاضلاب آبی پرووری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در فصل بهار از مرکز ماهی‌سرای کرج به مقدار ۲۰۰ لیتر (دما = ۱۷ درجه



شکل ۱- غلظت نیترات فاضلاب آبی‌پروری پس از مواجهه با غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید مس مگنت شده (حروف غیر مشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد هستند).

قبل به دلیل استفاده از نانو مواد بوده، تیماری که در مرحله قبل بهترین نتیجه را نشان داد (۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) انتخاب و به همان میزان اکسید مس معمولی (خارج از مقیاس نانو) و همچنین اکسید آهن (به صورت منفرد) بر فاضلاب آبی‌پروری اعمال شد که نتایج مربوط به شاخص‌های نیترات، فسفات، TDS و بار باکتریایی آزمایش اطمینان در جدول ۱ آمده است. در تیمارهای اکسید مس معمولی و اکسید آهن در مقایسه با تیمار شاهد، تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین تأثیر مشاهده شده در آزمایش بخش اول ناشی از نانو اکسید مس مگنت شده بود.

بحث و نتیجه‌گیری

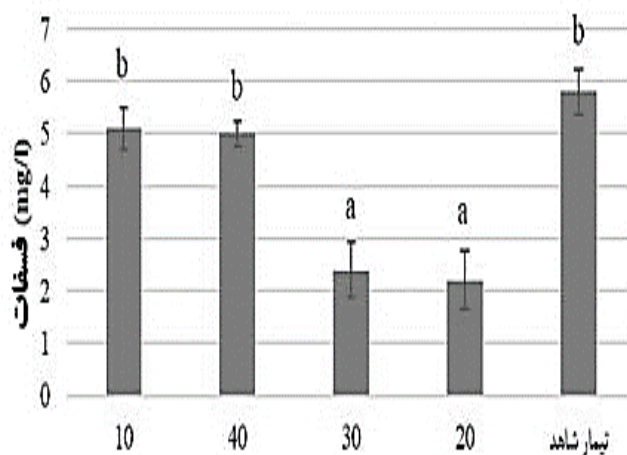
مواد مغذی یکی از عوامل مهم آلودگی در انواع فاضلاب‌ها می‌باشند. پساب‌های سطحی در مناطق کشاورزی، مراکز پرورش آبزیان، دام و طیور دارای مقادیر قابل توجهی نیتروژن و فسفر می‌باشند. ورود این آلاینده‌ها به منابع آبی سبب پدیده پرغذایی (یوتروفیکاسیون) می‌شود که از موارد مشخص مخاطرات محیط زیستی به شمار می‌آیند (Chowdhury et al., 2008). غلظت‌های بالای فسفر باعث ایجاد طعم و بو در آب شده و باعث ایجاد پدیده لایه‌بندی در آب‌های سطحی می‌شود که

آنالیز آماری: برای بررسی معنی‌داری اثر اعمال تیمارها بر فاضلاب آبی‌پروری، داده‌ها در نرم‌افزار SAS (Statistical Analysis System) نسخه ۹٫۳ با استفاده از آزمون مقایسه گروهی GLM آنالیز شدند.

نتایج

غلظت نیترات و فسفات پساب آبی‌پروری، پس از ۱۲ ساعت مواجهه با غلظت‌های مختلف نانو ماده اکسید مس (CuO) مگنت شده به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است. در شاخص‌های نیترات و فسفات آزمایش بخش اول، تیمار ۲۰ و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر نانو اکسید مس باعث کاهش معنی‌دار ($P < 0.05$) این شاخص‌های شدند. نتایج شاخص TDS نیز در شکل ۳ و نتایج شاخص بار باکتریایی در شکل ۴ آمده است. با توجه به نتایج شاخص TDS در آزمایش بخش اول می‌توان بیان داشت که نانو اکسید مس تأثیر بسیار ناچیزی بر میزان TDS فاضلاب آبی‌پروری دارد اما در شاخص بار باکتریایی در غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر نانو اکسید مس به صورت معنی‌دار ($P < 0.05$) باعث کاهش میزان بار باکتریایی فاضلاب آبی‌پروری شد.

در مرحله بعدی برای تأیید این‌که نتایج در مرحله



شکل ۲- غلظت فسفات فاضلاب آبی پروری پس از مواجهه با غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید مس مگنت شده (حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد هستند).

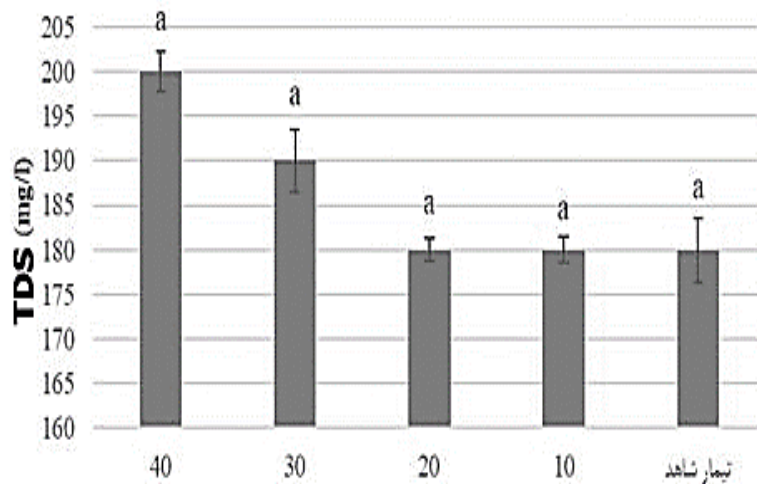
جدول ۱- میانگین هر شاخص از تیمارهای فاضلاب آبی پروری پس از مواجهه با غلظت ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر اکسید مس و اکسید آهن.

20mg/L		20mg/L		0 mg/L		تیمارها
Fe_3O_4	CuO	Fe_3O_4	CuO	Fe_3O_4	CuO	
25 ± 0.3	25 ± 0.6	26 ± 0.3				نیتрат (mg/L)
6 ± 0.6	7 ± 0.3	6 ± 0.3				فسفات (mg/L)
170 ± 6	170 ± 0	170 ± 3				TDS (mg/L)
280 ± 8	195 ± 6	275 ± 7				بارباکتریایی (تعداد)

شده برای احیای نیترات از آب‌های آلوده انجام دادند، مشخص کرد که ۹۳٪ نیترات توسط نانوذرات پایدار شده در pH برابر ۶ و ۸۵ درصد توسط نانوذرات پایدار نشده در pH برابر ۲ احیاء شد. مقدار نانوذره پارامتری مهم در تعیین ظرفیت حذف آلاینده است. مشابه مطالعه حاضر، آن‌ها نیز مشاهده کردند که افزایش غلظت نانوذرات احیاء نیترات را افزایش داد. با افزایش مقدار نانوذره، سطح واکنش بیشتر شده و سطح ویژه و مکان‌های جذب افزایش یافته و احیاء بهتر صورت می‌گیرد. در نتیجه مقدار جاذب با میزان جذب نیترات رابطه مستقیم دارد، که در نتایج اخیر ما نیز در مورد نانو اکسید مس این موضوع را به وضوح نشان می‌داد.

نتایج اثر نانومواد مورد بررسی در پژوهش حاضر در حذف فسفات نیز تا حد زیادی شبیه به اثر آن بر نیترات بود و با افزایش غلظت نانومواد میزان حذف افزایش نشان داد. اما نتایج فروغی و همکاران

می‌تواند موجب مرگ و میر آبزیان شود (Peleka and Deliyanni, 2009). بنابراین باید با استفاده از روش‌های مقرون به صرفه و در دسترس از حیث فنی و به دنبال کنترل و کاهش آن‌ها قبل از ورود به این اکوسیستم‌ها بوده و از ایجاد عوارض جلوگیری نماییم. همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان داد، نانو ماده اکسید مس مگنت شده سبب کاهش شاخص‌های نیترات و فسفات شد. صفری و همکاران (۱۳۹۴) نیز به این نتیجه رسیدند که استفاده از نانو ذرات به عنوان پوشش روی سطح کاتد می‌تواند میزان احیاء نیترات در فاضلاب را افزایش دهد. همچنین کاربرد نانو ذرات با کمک به افزایش تشکیل بیوفیلم و سرعت بخشیدن به احیاء نیترات در کاتد می‌تواند موجب کاهش مدت زمان دینتریفیکاسیون و رسیدن نیترات به حد استاندارد شود. نتایج مطالعه مقایسه‌ای که نورعلی‌وند و همکاران (۱۳۹۴) بر روی کارایی نانوذرات آهن صفر ظرفیتی و نانوذرات آهن پایدار

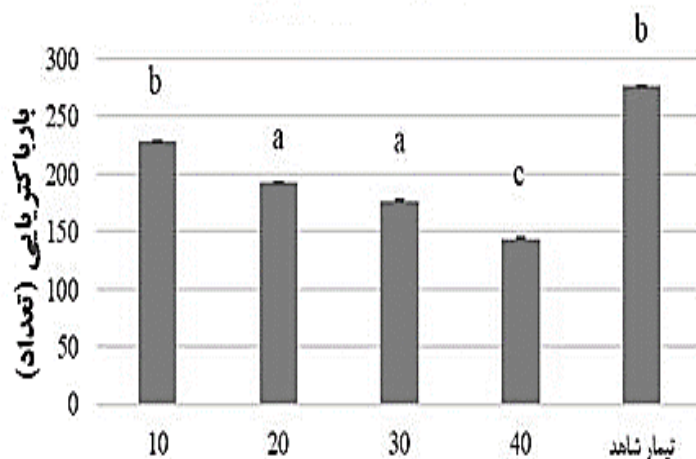


شکل ۳- میزان TDS فاضلاب آبی‌پروری پس از مواجهه با غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید مس مگنت شده (حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد هستند).

داد که این مواد در هر دو غلظت مورد بررسی (یک و ده میلی‌گرم در لیتر) و به‌ویژه غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر، باعث کاهش تدریجی نیتروژن و فسفر در یک سیستم بیوراکتور غشایی شدند (Tan *et al.*, 2015). نتایج مطالعات قبلی نشان داد که نانوذرات اکسید تیتانیوم کارایی بالایی در جذب فسفر دارند و میزان جذب فسفر در غلظت‌های کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر ۱۰۰ درصد به‌دست آمد و نانو ذره تمام فسفر را جذب کرد و در غلظت‌های ۴۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بیش از ۸۵ درصد فسفر محلول جذب نانو ذره گردید. کارایی حذف فسفر توسط نانو اکسید تیتانیوم با افزایش غلظت اولیه فسفر در محلول کاهش یافت که این کاهش کارایی را می‌توان به محدودیت مکان‌های فعال فراهم در سطح نانوذرات نسبت داد (سپهر و همکاران، ۱۳۹۱). عزیزی مبصر و امیرفضلی (۱۳۹۴) مطالعه‌ای به‌منظور بررسی حذف فسفات از فاضلاب شهری اردبیل با استفاده از غلظت‌های ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و یک میلی‌گرم در لیتر نانوذرات دی اکسید تیتانیوم انجام دادند که نتایج آن موید کارایی مناسب نانوذرات در جذب فسفات از فاضلاب شهری بود.

Rahman و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر نانولوله‌های کربنی تک و چند دیواره بر میزان کاهش آلاینده‌های سه نمونه فاضلاب مشاهده کردند که

(۱۳۹۱)، نشان داد که راندمان حذف فسفات از رواناب شهری به وسیله نانوذرات اکسید آهن (با متوسط اندازه ۳۲ نانومتر) ۸۷/۴ درصد بود. ستون نانوذرات اکسید آهن در حذف نیترات هیچ‌گونه کارایی نداشت که علت این امر چنین بیان شده است که نیترات توسط مکانیسم‌های فیزیکی نظیر جذب سطحی (که مهم‌ترین مکانیسم دخیل در حذف آلاینده‌ها توسط نانوذرات اکسید آهن است) حذف نمی‌شود. اگرچه این نتیجه با پژوهش‌های سایر محققین هم راستاست اما در ارتباط با نیترات نتیجه‌ای متفاوت به‌دست آورده که این موضوع ضرورت پژوهش‌های بیشتر را در این حوزه را یادآور می‌شود. نصیری (۱۳۸۸) حذف نیترات از آب با استفاده از نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر روی سلولز میکروبی پرداخته و به این نتیجه رسید که استفاده از نانوذرات اکسید روی سرعت احیای نیترات را تقریباً دو برابر می‌کند. یحیی‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیق خود در بررسی کارایی نانوذرات آهن دوظرفیتی (Fe_2O_3) در کاهش نیترات پساب مزارع پرورش ماهی، به این نتیجه رسیدند که استفاده از این نانو مواد سبب کاهش نیترات فاضلاب آبی‌پروری شد و این کاهش با افزایش غلظت رابطه مستقیم دارد. در مطالعه دیگری عملکرد مداوم نانوذرات اکسید روی (ZnO) در طول ۲۴۲ روز نشان



شکل ۴- میزان بار باکتریایی فاضلاب آبی پروری پس از مواجهه با غلظت‌های مختلف نانو ذره اکسید مس مگنت شده (حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد هستند).

روی صفحات شیشه در یک راکتور نیمه پیوسته و سپس با تاباندن شدت تابش‌های مختلف به نانوذرات اکسید روی اثر فتوکاتالیستی آن‌ها در این مورد را بررسی کردند. نتایج حاکی از توانمندی بالای نانوذرات تثبیت شده بر شیشه در معرض شدت تابش‌های مختلف بود. نتیجه تحقیق حاضر در ارتباط با اثرات میکروبی‌کشی نانوذرات اکسید مس در تحقیق (Adams *et al.*, 2006) نیز مشاهده شده بود. ولی پور و همکاران (۱۳۹۲) از نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر زئولیت طبیعی ایران به‌منظور حذف فتوکاتالیستی سودوموناس آئروژنزا از هوا بهره گرفته و نتیجه گرفتند که فرایند فتوکاتالیست کامپوزیت نانوذرات اکسید روی سیستمی با قابلیت حذف بالا است، که می‌تواند هوای آلوده با عامل بیولوژیک را با راندمان مناسبی در طولانی مدت حذف نماید. Toolabia و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثرات ضد باکتری نانوذرات ZnO ، TiO_2 و CuO بر روی چهار گونه باکتریایی مشاهده کردند که هر سه مورد این نانومواد توانایی نابودی باکتری‌های مورد بررسی را داشته و LC_{50} نانوذرات اکسید روی نسبت به اکسید مس و دی اکسید تیتانیوم کمتر است. اگرچه ما در پژوهش حاضر اثر اندازه نانوذرات بر میزان حذف باکتری‌های موجود در فاضلاب آبی پروری را بررسی نکردیم اما باید اظهار کرد که احتمالاً اندازه نانوذرات

نانولوله‌های کربنی توانایی بالایی در کاهش COD و TDS در هر سه نمونه داشته و به طور متوسط حدود ۶۵ درصد TDS را در هر کدام از این سه نمونه آب و فاضلاب کاهش دادند. برخلاف نتایج پژوهش حاضر در استفاده از نانوذرات اکسید مس جهت کاهش TDS در فاضلاب آبی پروری که تفاوت معنی‌دار ایجاد نشد. تفاوت پژوهش حاضر با این پژوهش می‌تواند به علت تفاوت غلظت مورد استفاده از نانو ذرات در دو پژوهش باشد. (Shamsa Al-Sadi and Rao, 2015) با به کارگیری نانوذرات اکسید روی (ZnO) در یک فتوراکتور بیوفیلم لایه لایه شاهد کاهش کدورت و TDS در فاضلاب صنعتی بودند. نتایج زینالزاده و همکاران (۱۳۹۴) به منظور مقایسه کارایی نانوذرات نقره مغناطیسی و نانوذرات نقره مغناطیسی اصلاح شده با لایه کربنی در گندزدایی پساب فاضلاب شهری، انجام دادند نشان داد که در هر دو مورد نانوذرات نقره مغناطیسی شده با آهن ($Fe_3O_4@C@Ag$ و $Fe_3O_4@C@Ag$) توانایی حذف باکتری‌های کلیفرم مدفوعی را داشته و $Fe_3O_4@C@Ag$ با راندمان بیشتری عمل کرده است. معصوم بیگی و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی نوآورانه در زمان خود از خاصیت فتوکاتالیک نانوذرات اکسید روی به منظور حذف باکتری اشرشیا کلی استفاده کرده و با تثبیت کردن نانوذرات ZnO بر

اسرافیلی ع.، علی‌محمدی م.، مکمل ع. ۱۳۹۴. مقایسه کارایی نانو ذرات نقره مغناطیسی و نانو ذرات نقره مغناطیسی اصلاح شده با لایه کربنی در گندزدایی پساب فاضلاب شهری. مجله سلامت و بهداشت. (۱)۶: ۱۸-۷.

سپهر ا.، بخشایشی ه.، رسولی صدقیانی م.ح. ۱۳۹۱. بررسی کارایی نانو اکسید تیتانیوم در حذف فسفر از محیط‌های آبی و توجیه رفتار جذب با مدل‌های جذب سطحی. دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.

صفری م.، رضایی ع.، آیتی ب.، جنیدی جعفری ا. ۱۳۹۴. احیاء بیوالکتروشیمیایی نیترات از فاضلاب با استفاده از گرافیت پوشش داده شده با نانولوله‌های کربن چند دیواره. مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس. (۱)۱۵: ۶۵-۵۷.

عزیزی مبصر ج.، امیرفضلی م. ۱۳۹۴. حذف فسفات از فاضلاب شهری اردبیل با استفاده از فناوری نانو. کنفرانس بین‌المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست، تهران.

فروغی م.، حاجیان نژاد م.، امین م.م.، طاهری ا. ۱۳۹۱. بررسی کارایی نانوذرات اکسید آهن به همراه میدان مغناطیسی در حذف آلاینده‌های رواناب شهری سنتتیک. مجله سلامت و بهداشت. (۳)۳: ۱۸-۲۷.

معصوم بیگی ح.، رضایی ع.، علیرضا ختایی ع.ر.، هاشمیان ج. ۱۳۸۸. تاثیر شدت تابش فرابنفش بر حذف فتوکاتالیتیک اشیریشیا کلی با استفاده از نانوذرات تثبیت شده ZnO. مجله پزشکی کوثر. (۳)۱۴: ۱۵۶-۱۴۹.

نصیری ا. ۱۳۸۸. حذف نیترات از آب با استفاده از نانوذرات اکسید روی تثبیت شده بر روی سلولز میکروبی، کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس.

نورعلی وند ف.، فرخیان فیروزی ا.، کیاست ع.ر.، چرم م.، بابایی ع.ا. ۱۳۹۴. اثر نانوذرات آهن صفر ظرفیتی پایدار شده بر حذف نیترات از خاک شنی. نشریه آب و خاک. (۴)۲۹: ۱۰۱۸-۱۰۳۲.

ولی‌پور ف.، رضایی ع.، جنیدی جعفری ا.، خوانین، ع. ۱۳۹۲. حذف فوتوکاتالیستی سودوموناس آئروژنزا از هوا با استفاده از نانو ذرات اکسید روی تثبیت شده بر

تاثیر بسزایی در پتانسیل ضد باکتریایی آن‌ها ایجاد می‌کند.

نتایج این پژوهش در ارتباط با اثر نانوذرات اکسید مس مغناطیسی شده با نانوذرات آهن بر بار باکتری‌های فاضلاب آبی‌پروری مطابق آنچه که در بخش نتایج آورده شد، نشان‌دهنده توانایی بالای این ترکیب در کاهش این میکروارگانیسم‌ها بود و در فاضلاب آبی‌پروری شاهد کاهش چشمگیر در تیمارهای حاوی غلظت‌های مختلف نانو ذرات نسبت به تیمار شاهد بودیم. لازم به ذکر است که اثرات ضد میکروبی نانوذرات اکسید مس پیش از این در مطالعات بسیاری به اثبات رسیده بود اما نانوذرات اکسید مس مورد استفاده در این مطالعه به دلیل مغناطیسی شدن، با اعمال یک میدان مغناطیسی خارجی به سهولت قابل جداسازی بود که اهمیت این موضوع جلوگیری از رهائش آن‌ها در محلول فاضلاب و در نهایت محیط زیست است، که تا حدودی نگرانی‌های دوستداران محیط زیست مبنی بر اثرات ناشناخته ورود نانوذرات به محیط‌های طبیعی را کاهش می‌دهد.

غلظت‌های نانو مواد مورد استفاده در این مطالعه نسبت به سایر مطالعات بسیار اندک است و روش‌های بکار رفته در پژوهش‌های مربوط به این حوزه (نانوتکنولوژی در تصفیه آب و فاضلاب) بسیار گسترده، فاضلاب‌های متنوع و نانوذرات نیز بسیار، که همه این موارد پژوهش‌های این حوزه را تحت تاثیر قرار داده و از جهتی به رونق آن‌ها می‌افزاید. بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش تصفیه فاضلاب آبی‌پروری با استفاده از نانو ذره اکسید مس مغناطیسی شده امکان‌پذیر است و بهترین غلظت این نانو ذره برای این کار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

منابع

رحیمی ح. ۱۳۸۲. بحران آب: مشکل ناشناخته جهانی. پیک نور. سال اول، شماره ۲.
زینال‌زاده د.، رضایی کلانتری ر.، نبی‌زاده نودهی ر.،

- Tan M., Qiu G., Ting Y.P. 2015. Effects of ZnO nanoparticles on wastewater treatment and their removal behavior in a membrane bioreactor. *Bioresource Technology* 185, 125-133 .
- Tiwari D.K., Behari J., Sen P. 2008. Application of nanoparticles in waste water treatment. *World Applied Sciences Journal* 3(3), 417-433.
- Toolabia A., Zare M.R., Rahmanic A., Zaref M. 2013. Investigating Toxicity and Antibacterial Aspects of Nano ZnO, TiO₂ and CuO with Four Bacterial Species. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*.
- Tratnyek P.G., Johnson R.L. 2006. Nanotechnologies for enviroment cleanup. Oregon Health and Science University, portland, OR.
- زنولیت طبیعی ایران. مجله طب نظامی. ۱۵(۲): ۱۶۲-۱۵۷.
- یحیی زاده م.، هرسیج م.، هدایتی ع.ا.، رستمی چراتی ف. ۱۳۹۴. بررسی کارایی نانوذرات آهن دوظرفیتی (Fe_2O_3) در کاهش نیترات پساب مزارع پرورش ماهی. سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران.
- Adam L.K., Lyon D.Y., Alvarez P.J. 2006. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions. *Water Research* 40(19), 3527-3532 .
- Babel S., Sekartaji. P.A., Sudrajat H. 2017. TiO₂ as an effective nanocatalyst for photocatalytic degradation of humic acid in water environment. *Journal of Water Supply: Research and Technolgt-Aqua* 66(1), 25-35.
- Chowdhury N., Nakhla G., Zhu J. 2008. Load maximization of a liquid–solid circulating fluidized bed bioreactor for nitrogen removal from synthetic municipal wastewater. *Chemosphere* 71(5), 807-815.
- Gomes T., Pereira C.G., Cardoso C., Pinheiro J.P., Cancio I., Bebianno M.J. 2012. Accumulation and toxicity of copper oxide nanoparticles in the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis*. *Aquatic Toxicology* 72-79.
- Kashitarash Esfahani Z., Samadi M.T., Alavi M., Manuchehrpoor N., Bakhani M. 2012. Efficiency of carbon nanotubes in municipal solid waste landfill leachate treatmen (case study: *Hamadan landfill leachate*). *Journal of Water and Wastewater* 82, 67-72.
- Peleka E., & Deliyanni E. 2009. Adsorptive removal of phosphates from aqueous solutions. *Desalination* 245(1-3), 357-371 .
- Qu X., Alvarez P.J., Li Q. 2013. Applications of nanotechnology in water and wastewater treatment. *Water Research* 47, 3931-3946.
- Rahman M.M., Sime S.A., Hossain M.A., Shammi M., Uddin M.K., Sikder M.T., Kurasaki M. 2017. Removal of Pollutants from Water by Using Single-Walled Carbon Nanotubes (SWCNTs) and Multi-walled Carbon Nanotubes (MWCNTs).
- Shamsa Al Sadi S.F., Rao L.N. 2015. Treatment of Industrial Wastewater by Solar Nano Photocatalysis. *International Journal of ChemTech Research CODEN (USA)* 0974-4290 .

Investigation of the effects of magnetized copper nano oxide (Fe₃O₄ @ CuO) on aquaculture wastewater treatment

Saeed Salari¹, Kamran Rezaei Tavabe^{*1}, Alireza Mirvaghefi¹, Akbar Heydari²

¹Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

²Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Tarbiat Modares University. Tehran, Iran.

*Corresponding author: krtavabe@ut.ac.ir

Received: 2021/8/22

Accepted: 2021/12/18

Abstract

The aim of this study was to investigate the possibility of improving the quality of aquaculture wastewater by magnetic copper nano oxide (CuO) with iron nanoparticles. For this research, after preparing magnetized copper nano oxide (Fe₃O₄ @ CuO), the research was conducted in two parts. In the first part of the study, five treatments of magnetized copper nano oxide including zero (control), 10, 20, 30 and 40 mg / l in experimental units of 5 liters of aquaculture wastewater were considered with three replications for each treatment. After 12 hours from adding nanomaterials to the wastewater, the magnetized nanomaterials were separated from the aquaculture wastewater using a magnet, then the effect of nanomaterials on wastewater quality indicators including nitrate, phosphate, soluble solids (TDS) and bacterial load in aquaculture wastewater was studied. In the first part of the study, a concentration of 20 mg / l of magnetized copper nano oxide showed the best performance; in this treatment, nitrate was reduced by 45%, phosphate by 55% and bacterial load in aquaculture wastewater by 40% and no significant effect was observed in TDS factor. In the second part of the research, an experiment was conducted under the title of confidence test, during which a concentration of nanomaterials that showed the best results in the first part of the research (20 mg / l) was selected and the same amount of copper oxide and iron oxide (as Single) treatments applied to three replications in aquaculture wastewater and after 12 hours, the above indicators were measured and Were compared with control treatment. The results showed that the positive effect of the first part was due to the application of copper nano oxide (CuO) on aquaculture wastewater. This experiment showed that the use of magnetized copper nano oxide at a concentration of 20 mg / l as the best high efficiency concentration can improve the quality indicators of aquaculture wastewater.

Keywords: Wastewater treatment, Aquaculture wastewater, Copper nano oxide, Nanotechnology.