فرآیند تقویت فیلتر تصفیه آب خانگی با نانو ذرات گیاهی

محبوبه شادابی بجند[۱*]، مهداد انکاری[۲]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی، گروه مهندسی آب، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

۲) کارشناسی ارشد، گروه شیمی کاربردی، دانشکده علوم پایه، موسسه آموزش عالی مهرآیین بندرانزلی

***نویسنده مسئول: Mahbobeh3408@gmail.com**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۴**

چکیده

استفاده از نانو به عنوان کاهش دهنده آلاینده‌های آب آشامیدنی، به عنوان یکی از راه‌کارهای مدیریتی مطرح گردیده است. یکی از موارد این فناوری در ارتباط با کیفیت آب شرب می‌باشد. از این رو هدف از ارائه این پژوهش استفاده از نانو ذرات گیاهی (گیاه آلوئه‌ورا) برای تقویت کردن فیلتر تصفیه‌های آب خانگی از جنس الیاف پلی‌پروپیلن است. طی تجزیه و تحلیل بدست آمده بر روی گیاه آلوئه‌ورا به عنوان تقویت کننده فیلتر، نتایج نشـــان داد که از پارامترهای مرتبط با فیلتر تصـــفیه آب خانگی که این فیلتر از لحاظ میزان جرم و ضخامت الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده و میزان فشار حباب، قطر روزنه و قطر میانگین روزنه دارای ضخامت شاخص‌های درونی مناسب می‌باشـد. همچنین مقادیر پارامترهای کیفی (نیترات، نیتریت، سـولفات، کلراید، فلوراید، سـدیم، پتاسـیم، سـختی، EC، TDS و کدورت) بعد از خروج از دستگاه تصفیه آب با نانو ذرات گیاهی نسبت به کیفیت آب ورودی به دستگاه تصفیه آب کاهش به سزایی داشته است. در بررسـی میزان تاثیرگذاری این فیلتر تقویت شـده با گیاه آلوئه‌ورا مشـخص گردید که این فیلتر دارای قدرت مناسـب در حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب است که می‌توان از آن در تصفیه آب‌های آلوده مورد استفاده در فرایندهای خانگی و شرب استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: الیاف پلی‌پروپیلن، دستگاه تصفیه آب خانگی، فناوری نانو.

مقدمه

آب باید استانداردهای کیفی خاصی داشته باشد تا برای مصرف انسان بی‌خطر باشد. دولت‌های مختلف استانداردهای مختلفی برای کیفیت آب تعیین کرده‌اند. این استانداردها در نقاط مختلف دنیا متفاوت بوده و در برخی مناطق ممکن است اصلاً رعایت نشوند. در فرایند خالص‌سازی آب ترکیبات شیمیایی و مواد نامطلوب و آلودگی‌های زیستی از آب جدا می‌شوند. تصفیه آب می‌تواند غلظت مواد ذره‌ای هم‌چون ذرات معلق، انگل‌ها، باکتری‌ها، خزه‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها و انواع مختلفی از مواد محلول و ذره‌ای را که ممکن است در اثر برخورد قطرات باران با سطوح مختلف وارد آب شده باشند، کاهش دهد. استانداردهای مربوط به کیفیت آب آشامیدنی به طور معمول توسط دولت‌ها یا سازمان‌های بین‌المللی تعیین می‌شوند. این استانداردها کم‌ترین و بیش‌ترین غلظت مجاز آلاینده‌ها را در آب مصرفی نهایی مشخص می‌کنند. منابع اصلی آب آشامیدنی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی انشقاق یافته از دریاچه‌ها، رودخانه‌ها یا مخازن آبی هستند. همچنین به لطف وجود فرایندهای نمک‌زدایی مختلف، از آب دریا نیز در برخی موارد می‌توان به عنوان منبع آب آشامیدنی بهره برد. در تصفیه آب آشامیدنی ابتدا آب اولیه توسط فیلترهای غربالی مورد پیش‌تصفیه قرار می‌گیرد تا مواد زائد بزرگ از آب جدا شوند. پس از آن ته‌نشینی مقدماتی صورت می‌گیرد تا کربنات کلسیم به صورت ماده جامد رسوب نماید. در برخی مراکز تصفیه آب پیش کلرزنی نیز صورت می‌گیرد تا رشد اُرگانیسم‌های آلاینده به کم‌ترین مقدار خود برسد. البته در بسیاری از مراکز دنیا به دلیل نگرانی‌های مربوط به استفاده از کلر این فرایند دیگر صورت نمی‌پذیرد. مرحله بعدی تصفیه آب، تنظیم pH و شفاف‌سازی آب با بهره‌گیری از فرایند لخته‌سازی و استفاده از عوامل شیمیایی هم‌چون هیدروکسید آهن، هیدروکسید آلومینیوم یا پلیمرهاست. ممکن است آبی که از فرایند لخته‌سازی خارج می‌شود. برای ایجاد شفافیت بیش‌تر به مخازن رسوب‌دهی فرستاده شود. پس از جداشدن بیش‌تر لخته‌های تشکیل شده، آب در یک مرحله نهایی فیلتر می‌شود (به طور معمول با استفاده از فیلترهای ماسه‌ای) تا ذرات معلق باقیمانده جدا شوند. فیلتراسیون غشایی، ضدعفونی کردن با استفاده از تابش‌های ماورای بنفش، استفاده از آن یا مواد شیمیایی مبتنی بر کلر مراحل تصفیه‌های دیگری هستند که به‌طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر خلاف فناوری‌های دیگر که به طور معمول از یک حوزه مشخص علمی حاصل می‌شوند، فناوری نانو محدوده وسیعی از علوم را دربر می‌گیرد. این اصطلاح مقیاسی را که یک فناوری در آن عمل می‌کند، نشان می‌دهد. فناوری نانو مطالعه، طراحی، ایجاد، سنتز، دست‌کاری و کاربرد مواد، ابزارها و سامانه‌های عملکردی از طریق کنترل ماده در مقیاس نانومتری یا به عبارت دیگر، بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. ساختارهای بزرگ‌تر از این مقیاس میکرومتری بوده و ساختارهای کوچک‌تر از آن به عنوان مقیاس اتمی طبقه‌بندی می‌شوند. دو راهکار اصلی در فناوری نانو مورد استفاده قرار می‌گیرند. در راهکار پایین به بالا مواد و ابزارها از قطعات مولکولی ساخته می‌شوند؛ این کار از طریق آرایش شیمیایی این مولکول‌ها و بر مبنای اصول تشخیص مولکولی صورت می‌گیرد. در راهکار بالا به پایین اشیای نانومقیاس بدون اینکه کنترلی در مقیاس اتمی وجود داشته باشد، از مواد بزرگ‌تر ساخته می‌شوند

(Greenlee et al., 2009). فناوری‌های جدید، امکان تولید آب نانوفیلتر شده را در مقیاس انبوه فراهم می‌کند. آب تصفیه شده به وسیله نانوفیلتراسیون به اندازه آب معدنی تصفیه‌شده ارزش دارد. با استفاده از نانوفیلتر، مواد معدنی لازم برای سلامت انسان در آب باقی مانده و مواد سمی و مضر از آن حذف می‌شود (World Health Organization, 2016). با علم به اینکه فناوری نانو که مدت کوتاهی از ظهور آن می‌گذرد کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون یافته است درنتیجه صنعت آب به‌عنوان یکی از پایه‌های حیات از این مسئله مستثنی نیست و در بخش‌های مختلف آن شامل تصفیه آب و شیرین‌سازی آب و غیره کاربرد دارد. کریمی و همکاران (۱۳۹۴) نانو فناوری دانشی‌نوین در تصفیه آب، کارایی غشایی نانوفیلتراسیون در حذف نیترات ازآب آشامیدنی، عملکرد نانوفیلتراسیون در حذف کروم ۶ ظرفیتی ازآب‌های سولفات، حذف آرسنیک از آب آشامیدنی با کمک نانو ذرات آهن و حذف آلاینده‌های آلی به کمک نانو را مورد تحقیق قرار دادند. محققین به این نتیجه رسیدند که با افزایش فشار و با افزایش غلظت نیترات میزان حذف نیترات افزایش خواهد یافت. نوع آنیون بر حذف نیترات باعث کاهش و نانو کاتیون موجب افزایش حذف نیترات می‌شود. نانوفیلتراسیون می‌تواند به عنوان روشی مناسب در حذف کروم به کار رود. بهترین راندمان به میزان ۹۸درصد در pH خنثی و متمایل به قلیایی رخ می دهد و با افزایش غلظت جامدات کروم ۶ ظرفیتی به میزان کامل حذف می‌گردد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴). قادری‌دهکردی (۱۳۹۴) طی پژوهشی به بررسی راهکارهای فناوری نانو در مقابله با آلاینده‌های محیط زیست و تصفیه آب آشامیدنی پرداختند. پژوهشگران مدعی بودند که روش‌های تکنولوژی مدرن و پیشرفته از جمله نانوفیلترها (برای تصفیه پساب‌های صنعتی)، نانوپودرها (برای تصفیه گازهای آلاینده خروجی از دودکش و اگزوز اتومبیل‌ها)، نانولوله‌ها (برای ذخیره‌سازی سوخت کامل و تمیز هیدروژن) و نانوکاتالیست‌ها در حفظ محیط‌زیست مهم هستند. کاربردهای متعدد فناوری نانو عبارت اند از :۱-استفاده از ذرات نانوساختار در تصفیه آلاینده‌ها ۲-رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی ۳ – نمک‌زدایی از آب ۴ - نانوپلیمرها ۵ -استفاده از نانوذرات در تصفیه پساب‌ها ۶ - نانوفیلترها ۷ - حذف آرسنیک موجود در آب (قادری‌دهکردی، ۱۳۹۴).

جدول ۱: کاربردهای بالقوه فناوری نانو در تصفیه آب (Gilchrist et al., 2010)

تولید آب تمیز، سالم و عاری از آلاینده‌هایی که با روش‌های معمول تصفیه نمی‌توانند از آب جدا شوند.
تولید آب تمیز و سالم با هزینه کم‌تر
افزایش امکان بهره‌گیری از آب‌های غیرقابل استفاده از طریق نمک‌زدایی و بازیافت.
حفظ اجزای مغذی ضروری در آب.
تصفیه فاضلاب و رفع آلودگی آب‌های زیرزمینی آلوده.
ارائه روشی قابل اجرا و مقرون به صرفه برای نمک‌زدایی از آب دریا و آب های لب‌شور.
خالص‌سازی آب فرایندی
تصفیه آب مناطق مسکونی

اصـــلی‌ترین کاری که این فناوری جدید می‌تواند در زمینه تصـــفیه و رفع آلودگی آب‌های آلوده انجام دهد، حل چالش‌های فنی مرتبط با آلاینده‌های آب (باکتری‌ها، ویروس‌ها، آرسـنیک، جیوه، حشـره‌کش‌ها و نمک) می‌باشـد. هدف از ارائه این پژوهش افزایش کارایی فیلتر تصفیه آب خانگی با نانو ذرات به دست آمده از برگ گیاه آلوئه‌ورا است. گیاه آلوئه‌ورا اغلب یک گیاه آب‌دار بدون ریشـه یا گاهی اوقات ریشـه کوتاه اسـت که در ارتفاع ۶۰-۱۰۰ سـانتی‌متر (۲۴ تا ۳۹ اینچ) رشـد می‌کند و برگ‌هایی بلند دارد. برگ این گیاه ضخیم و گوشـتی است و رنگ آن از سبز تا سبزآبی متفاوت است. برخی از ارقام این گیاه دارای قسمت‌های سـفید در قسـمت‌های سطحی اطراف ساقه هسـتند. حاشـیه برگ‌ها دندانه دندانه اسـت و در تابسـتان نیز دارای دوام هسـتند. این گیاه می‌تواند به راحتی در داخل و خارج از منزل رشـــد کند. به همین دلیل در این پژوهش تهیه یک پوشـــش از گیاه آلوئه‌ورا برای ایجاد یک لایه بر روی الیاف پلی‌پروپیلنی مورد اســـتفاده در ســـاخت فیلتر در جهت افزایش زمان عمر و کارایی این فیلتر مورد بررسـی قرار گرفت. در همین راسـتا اهداف پژوهش حاضـر را می‌توان به این صـورت بیان نمود: الف) تولید یک فیلتر الیاف پلی‌پروپیلنی با اســـتفاده از گیاه طبیعی آلوئه‌ورا در جهت افزایش طول عمر مصـــرف اســـتفاده از این فیلتر ب) بالابردن ظرفیت فیلتر و میزان تصـــفیه با اســـتفاده از گیاه طبیعی آلوئه‌ورا که دارای خواص جذب مواد ریز و معلق و آلاینده‌های آلی اســـت ج) استفاده از مواد طبیعی و در عین حال ارزان قیمت نسبت به مواد صنعتی و الیافی حاضر در بازار برای تولید این نوع از فیلترها. روش مطالعه در این پژوهش کاربردی می‌باشـــد. به منظور تاثیر نانو ذرات گیاهی در کیفیت آب شـــرب بعد در خروجی دسـتگاه‌های تصـفیه آب خانگی، قبل از اسـتفاده نانو ذرات گیاهی (آلوئه‌ورا)، مقادیر پارامترهای کیفی شـامل نیتریت، نیترات، سولفات، کلراید، فلوراید، سدیم، پتاسیم، سختی، EC، TDS و کدورت در لحظه ورود به دستگاه، بدون فیلتر نانو ذرات گیاهی و با اسـتفاده از فیلتر نانو ذرات گیاهی اندازه‌گیری شـده و مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. افزایش کارایی الیاف پلی‌پروپیلنی که نسبت به سایر فیلترهای مورد استفاده در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بسیار ارزان هستند و بسیار هم مورد استفاده قرار می‌گیرند فرآیندی اسـت که در این پژوهش مورد بررسـی قرار گرفته اسـت. اسـتفاده از مواد شـیمیایی و سـنتز این مواد برای بالابردن میزان کارایی فیلترهای الیاف پلی‌پروپیلنی فرآیندی زمانبر و پرهزینه اســـت. به همین دلیل در این پژوهش هدف این اسـت تا با اسـتفاده از مواد طبیعی ارزان قیمت اقدام به بالابردن میزان کارایی و خواصـیت جذب کنندگی‌های فیلتر تصـفیه آب انجام شـود. یکی از موادی که در طبیعت فراوان می‌باشـد گیاه آلوئه‌ورا اسـت. این گیاه با گازهای بنزن و فرمالدئید که از منابع مختلف می‌توانند منتشر شوند، مقابله می‌کند.

مواد و روش‌ها

عصـاره گیاه آلوئه‌ورا به دلیل خاصـیت ژل شـدن می‌تواند مانند یک جذب کننده عمل کند و ذرات آلاینده را به خود جذب کند. پوشـش ایجاد شـده از گیاه آلوئه‌ورا می‌تواند با پرکردن منافذ موجود در الیاف پلی‌پروپیلنی و ایجاد یک پوشـش جذب کننده از ورود آلاینده‌ها به درون موتور به طورکامل جلوگیری کند. از سوی دیگر این گیاه به دلیل دردسترس بودن و قابلیت رشد در

مناطق گرم و سرد دارای فراوانی قابل‌توجهی می‌باشد که این موضوع یکی از جنبه‌های تاثیرگذار اقتصادی این ماده است (Haghighi et al., 2014). در مرحله اول، برای انجام این پژوهش ابتدا اقدام به تهیه یک عدد فیلتر تصفیه استفاده شده در دستگاه تصفیه آب خانگی گردید. از الیاف پلی‌پروپیلنی تعبیه شده در این پژوهش به عنوان ماده‌ی زمینه استفاده گردید. گیاه مورد استفاده از از باغچه گیاهان دارویی و تحقیقاتی مرکز تحقیقات شهید فهمیده شهرستان رضوانشهر با شماره هرباریومی (۱۶۴-۱۹۲۲-۱۱) جمع‌آوری گردید. گیاه آلوئه‌ورا با آب کاملا شسته شده تا آلودگی و کثیفی‌ها از این گیاه به طورکامل برطرف گردد و سپس این گیاه با آب مقطر (یونیزه شده) مورد شستشو قرارگرفت. تصویر گیاه مورد استفاده در (شکل۱) نشان داده شده است.

شکل۱: تصویر گیاه آلوئه‌ورای استفاده شده

در مرحله دوم، بعد از تهیه مواد اولیه انجام فرآیند نسبت به تهیه پودر از گیاه آلوئه‌ورا اقدام گردید. برای بدست آوردن ماده پودری از گیاه آلوئه‌ورا، ابتدا ماده ژل مانند از گیاه خارج شده و سپس گیاه تهیه شده با چاقوی تیزی که با آب مقطر شسته شده بود به ذرات کوچک‌تر تقسیم گردید. سپس برای خشکاندن گیاه ریزشده ذرات در کوره با دمای ۵۰ °C و به مدت min ۱۰ قرار گرفتند. در ادامه گیاه آلوئه‌ورای ریز و خشک شده با استفاده از یک آسیاب گلوله‌ای (بال- میل) به مدت h ۱ و با دور ۱۲۰ rpm آسیاب شده و با استفاده از الک با سوراخ‌هایی به اندازه µm ۸۰ الک شدند تا فقط ذرات ریز باقی به‌مانند. به منظور کاهش اثرات آنزیمی، گیاه آلوئه‌ورای آسیاب شده با اندازه ذرات کوچک‌تر از µm ۸۰ درون محلول اسید سیتریک ۱ درصد به مدت min ۱۰ غوطه‌ور شده و بعد از آب‌کشی در کوره با دمای °C ۱۵۰ به مدت min ۱۲۰ خشکانده شدند و سپس در آسیاب گلوله‌ایی با دور rpm ۲۰۰ به مدت min ۳۰ در فرآیند آسیاب خرد شدند. تصویر پودر بدست آمده از گیاه مورد نظر در (شکل۲) نشان داده شده است.

شکل۲: تصویر پودر بدست آمده از گیاه آلوئه‌ورا

در مرحله سوم برای تولید نانو ذرات از گیاه، پودر بدست آمده در مرحله قبل در درون سانتریفیوژ با دور ۲۵۰۰ rpm و به مدت ۱ h قرار گرفت تا ذراتی در ابعاد نانو تولید شود. برای تایید قرارگرفتن ذرات در ابعاد نانو، از ذرات بدست آمده با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی[1](SEM) مدل KYKY EM3200 ساخت شرکت Zeiss تصویربرداری شد. در مرحله چهارم اقدام به تثبیت نانو ذرات بدست آمده از گیاه آلوئه‌ورا در سطح الیاف پلی‌پروپیلنی شد. برای انجام این عمل از روش لایه‌نشانی غوطه‌وری استفاده گردید. به این ترتیب که مقدار ۱۰ g از ماده نانو ذرات در مقدار ۲۰ cc آب ترکیب شدند که محلول بدست آمده بر روی هم‌زن مغناطیسی به مدت ۳۰ min قرار گرفته شد تا به خوبی با یکدیگر ترکیب شوند. روش لایه‌نشانی غوطه‌وری بر اساس فروبردن الیاف پلی‌پروپیلنی در داخل محلول تهیه شده و قرار گرفتن به مدت ۱ min برای انجام فرآیند تماس بین و محلول است تا بدین ترتیب نانو ذرات به داخل منافذ نفوذ کنند. این روش لایه‌نشانی زیر لایه‌های نامتعارف سبب نفوذ ذرات نانویی به محیط‌های متخلخل الیاف پلی‌پروپیلنی شد.

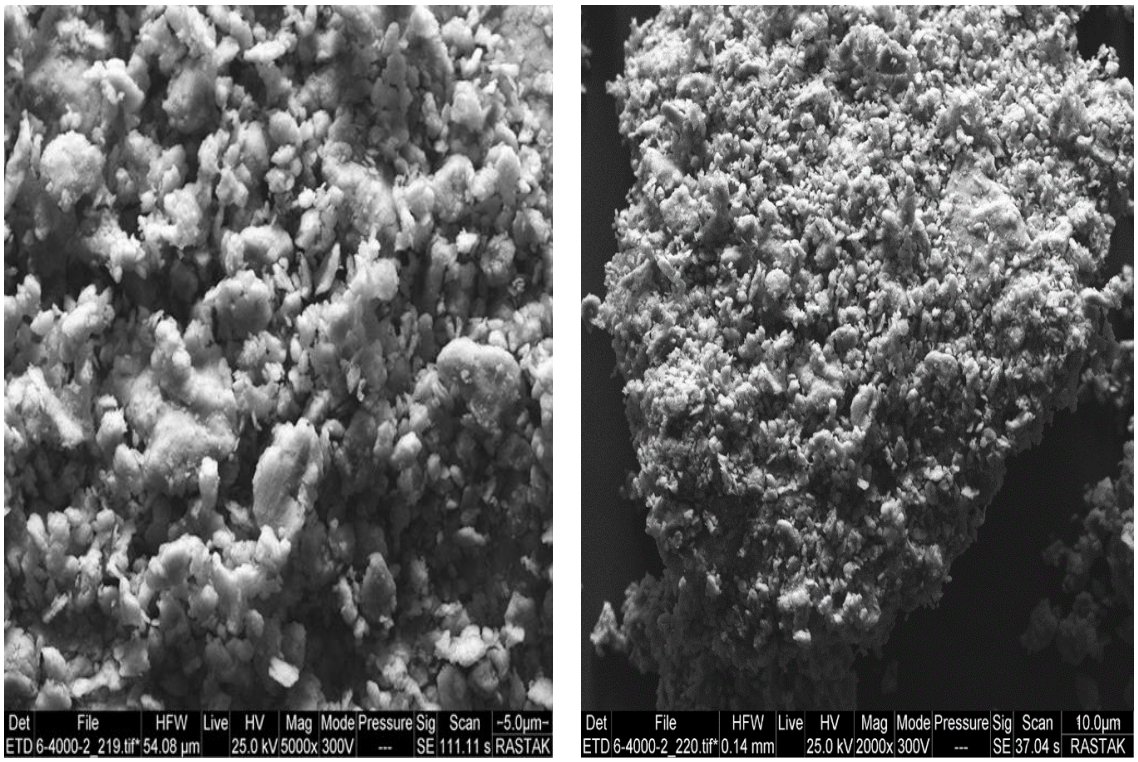
نتایج و بحث

در شکل (۳) تصویر SEM از نانو ذرات به دست آمده از گیاه آلوئه‌ورا نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد این ذرات بدست آمده از گیاه آلوئه‌ورا دارای ساختار کروی هستند و اندازه ذرات در حدود ۴۵ nm می‌باشد که این نتیجه حاکی از مناسب بودن اندازه نانو ذرات تولید شده برای پرکردن منافذ موجود در سطح الیاف پلی‌پروپیلنی است.

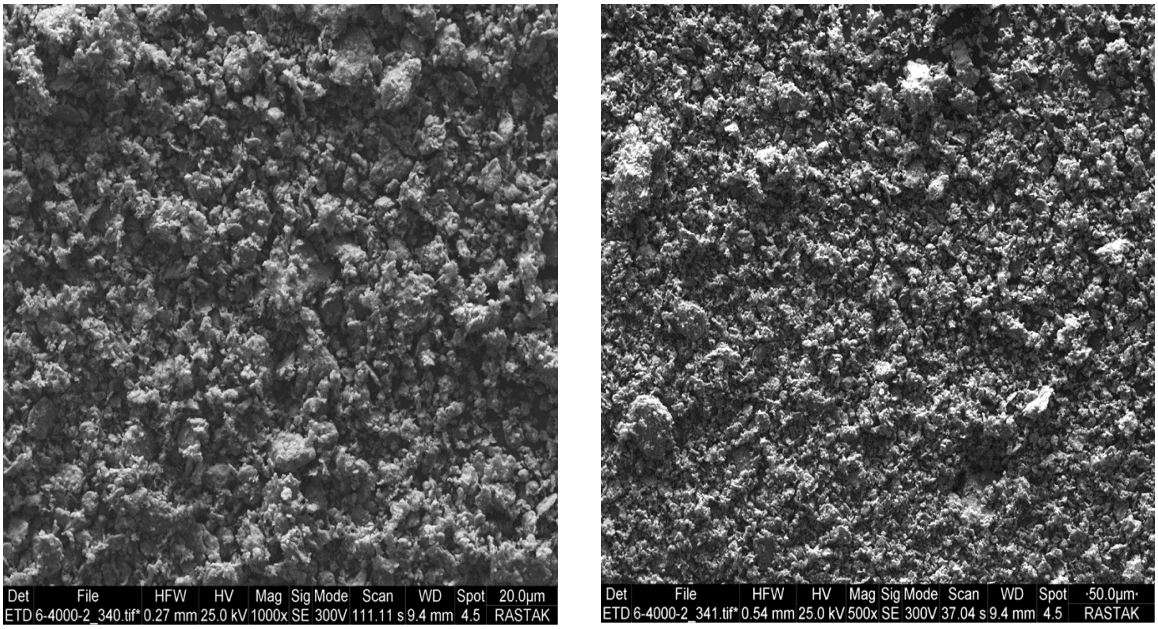
تصویر SEM از الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده با نانو ذرات آلوئه‌ورا در شکل (۴) نشان داده شده است. این تصویر گویای این مطلب است که نانو ذرات منافذ خالی را پر کرده‌اند و منافذ بسیار ریزی برای عبور جریان آب وجود دارد. جرم پایه پس از

[1] Scanning Electron Microscope

ترکیب شدن با نانو ذرات ۱۳۴/۰۷g بدست آمد. در جدول (۲) میزان جرم و ضخامت الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده آن و در جدول (۳) میزان فشار حباب، قطر روزنه و قطر میانگین روزنه گزارش شده است.



شکل ۳: تصویر SEM از نانو ذرات به دست آمده از گیاه آلوئه‌ورا



شکل ۴: تصویر SEM از سطح الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده با نانو ذرات آلوئه‌ورا

جدول۲: میزان جرم و ضخامت الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده

جرم پایه (g)	جرم نهایی تقویت شده (g)	میزان ضخامت تقویت شده (mm)
۱۰۱	۱۳۴/۰۷	۰/۳۷

جدول ۳: میزان فشار حباب، قطر روزنه و قطر میانگین روزنه

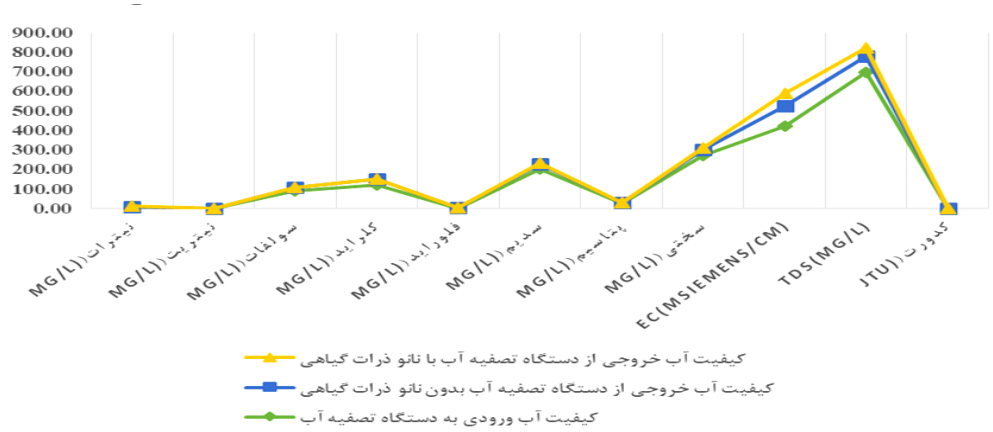
پارامتر مورد بررسی	فشار نخستین	حباب (bar)	قطر روزنه (µm)	میانگین روزنه (µm)
مقادیر برای الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده	۱۹۹/۴۳	۲۴۱/۷۴	۴۱/۳۹	۱۸/۶۹

در جدول (۴) نتایج میانگین کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بدون فیلتر نانو ذرات گیاهی و با فیلتر نانوذرات گیاهی گزارش شده است. همچنین در شکل (۶) نمودار روند کیفیت آب قبل از استفاده از نانو ذرات گیاهی و بعد از استفاده نانو ذرات گیاهی مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر نیترات و نیتریت که تاثیر به‌سزایی در سلامت انسان‌ها دارد، در لحظه خروج آب از دستگاه تصفیه آب با نانو ذرات گیاهی به طور چشم‌گیری کاهش‌یافته به صورتی‌که در لحظه ورود به دستگاه مقادیر نیترات و نیتریت به ترتیب ۷/۱۲ mg/l و ۰/۳۹ بوده و بعد از خروج از دستگاه تصفیه آب با نانو ذرات گیاهی به مقدار ۹۸/ mg/l و ۰/۰۸ کاهش یافته است. درخصوص غلظت نیترات و نیتریت در برخی از نقاط ایران و همچنین کشورهای مختلف جهان، مطالعات مشابهی انجام شده است (Liu et al., 2005; Farshad and Imamdel, 2001). مطالعات نشان می‌دهند که ترکیبات ازت از دو طریق: مواد غذایی و آب آشامیدنی وارد بدن انسان می‌شود و از آن جایی که کنترل آن‌ها از طریق مواد غذایی به طورکلی عملی نیست، بنابراین کنترل غلظت نیترات و نیتریت آب آشامیدنی بهترین روش جهت پیشگیری از بیماری‌ها و عوارض آن‌ها می‌باشد (Lashkaripour and Ghafouri, 2001). طبق رهنمود سازمان جهانی بهداشت و آخرین استاندارد ملی کشور، حداکثر مجاز یون نیترات در آب آشامیدنی ۵۰ mg/l برحسب نیترات است و بر این مبنا یک مقدار رهنمودی مشروط برای نیتریت به میزان ۳ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد شده است. سازمان جهانی بهداشت رهنمود ۰/۲ میلی‌گرم در را برای عوارض مزمن نیتریت توصیه کرده است. به‌دلیل امکان وجود هم‌زمان یون‌های نیتریت و نیترات در آب‌های آشامیدنی، مجموع نسبت‌های مقادیر اندازه‌گیری شده هر یک از این عوامل به مقادیر رهنمودی پیشنهادی آن‌ها، الزاما باید کمتر از یک باشد (WHO, 2003; McLay et al., 2001). همان‌طور که مشاهده می‌شود کیفیت پارامترهای نیترات و نیتریت با استفاده از فیلتر نانو ذرات گیاهی طبق رهنمودهای پیشنهادی از یک کم‌تر شده است. طبق استاندارد ملی ایران مقدار کلر موجود در آب آشامیدنی ۵، مطلوب تا ۲۵۰ و مجاز تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر (WHO, 2011) می‌باشد. که میزان کلر موجود در آب ورودی به دستگاه تصفیه ۱۱۹/۲۸ بوده است (مطلوب) که در لحظه خروج از دستگاه تصفیه آب با نانو ذرات گیاهی به ۱/۵۶ میلی‌گرم در لیتر کاهش یافته است. در کل می‌توان گفت که مجموع مواد محلول در آب به جز رسوبات معلق، کلوئیدها و گازهای محلول شامل نمک‌های معدنی با غلظت کمی از مواد آلی نظیر

کربنات، بی‌کربنات، کلراید، سولفات، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسسیم و منیزیم می‌باشند. هرچه مقادیر این مواد در آب بیش‌تر باشد، میزان هدایت الکتریکی و شوری آن افزایش خواهد یافت. طبق بررسی‌های انجام شده در این پژوهش مقادیر پارامترهای کربنات، بی کربنات، کلراید، سولفات، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسسیم و منیزیم قبل استفاده از نانو ذرات افزایش داشته که خود منجر به افزایش شوری شده و با به‌کارگیری نانو ذرات گیاهی در فیلتر تصفیه آب خانگی مقادیر این پارامترها کاهش یافته و منجر به کاهش شوری در آب آشامیدنی خروجی از دستگاه گردیده است که نشان از کارایی بالا نانو ذرات گیاهی در فیلتر تصفیه آب خانگی و بالا بردن کیفیت آب خروجی از دستگاه می‌شود که سلامتی بیش‌تر افراد را در پی خواهد داشت.

جدول ۴: نتایج میانگین کیفیت شیمیایی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بدون فیلتر و با فیلتر نانوذرات گیاهی

شاخص	کیفیت آب ورودی به دستگاه تصفیه آب	کیفیت آب خروجی از دستگاه تصفیه بدون نانوذرات سنتز شده	کیفیت آب خروجی از دستگاه تصفیه با نانوذرات سنتز شده
نیترات (mg/l)	۷/۱۲	۲/۰۳	۰/۹۸
نیتریت (mg/l)	۰/۳۹	۰/۱۶	۰/۰۸
سولفات (mg/l)	۸۷/۵۹	۱۹/۰۵	۲/۳۴
کلراید (mg/l)	۱۱۹/۲۸	۲۹/۰۴	۱/۵۶
فلوراید (mg/l)	۱/۰۱	۰/۶۱	۰/۰۷
سدیم (mg/l)	۲۰۱/۰۳	۲۵/۳۴	۴/۲۱
پتاسیم (mg/l)	۲۴/۵۵	۴/۳۶	۱/۰۹
سختی (mg/l)	۲۶۴/۴۸	۳۰/۱۵	۱۰/۳۱
EC (µSiemens/cm)	۴۲۲/۲۳	۱۰۱/۷۹	۶۱/۱۹
TDS (mg/l)	۶۹۴/۰۸	۸۴/۱۹	۴۴/۲۰
کدورت (JTU)	۰/۸۴	۰/۲۲	۰/۱۰



شکل ۶: روند کیفیت آب ورودی به تصفیه آب خانگی قبل و بعد از استفاده از نانو ذرات گیاهی

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر با نتایج پژوهش AliYaqoob و همکاران (۲۰۲۰) که در پژوهش مروری خود به نقش استفاده از مواد نانو در تصفیه آب‌های آلوده اشاره کرده بودند، مطابقت داشت. مطابق نتایج پژوهش این محققین مواد

گیاهی مانند آلوئه‌ورا که دارای خواص چسبندگی می‌باشند، می‌توانند با کاهش فضای تخلخل در روی سطح جاذب میزان جذب را افزایش دهند. مطابق نتایج پژوهش حاضر هم وقتی که پوشش آلوئه‌ورا بر روی جاذب مورد بررسی تثبیت شد، میزان خاصیت جذب کردن مواد آلاینده افزایش پیدا کرد. هچنین نتایج پژوهش Jain و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که مواد دارای ترکیبات آنتراکینون چون می‌توانند زمینه چسبندگی را با حذف ترکیبات آلاینده فراهم کنند در زمینه پوشش جاذب مفید هستند که آلوئه‌ورا به دلیل برخورداری از این ترکیب در جذب آلاینده‌های آب در فیلتر تصفیه موفق عمل کرده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور بررسی قابلیت نانو ذرات گیاهی در فیلتر تصفیه آب خانگی از گیاه آلوئه‌ورا استفاده شده و تاثیر آن را در کیفیت آب خروجی از دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از پارامترهای مرتبط با فیلتر تصفیه اب خانگی نشان داد که این فیتر از لحاظ میزان جرم و ضخامت الیاف پلی‌پروپیلنی تقویت شده و میزان فشار حباب، قطر روزنه و قطر میانگین روزنه دارای ضخامت و شاخص‌های درونی مناسب می‌باشد. در بررسی میزان تاثیرگذاری این فیلتر تقویت شده با گیاه آلوئه‌ورا مشخص گردید که این فیلتر دارای قدرت مناسب در حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب است که می‌توان از آن در تصفیه آب‌های آلوده مورد استفاده در فرایندهای خانگی و شرب استفاده کرد.

منابع

قادری‌دهکردی، م. (۱۳۹۴). بررسی راه‌کارهای فناوری نانو در مقابله با آلاینده‌های محیط زیست و تصفیه آب آشامیدنی. دومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، ۲۴ اسفند ۱۳۹۴، استانبول، ترکیه.

کریمی، ا.، صمدزاده، ح. و داورپناه، ا. (۱۳۹۴). نانو فناوری دانشی نوین در تصفیه آب. اولین کنگره سالیانه جهان و بحران انرژی، ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۴، شیراز، ایران.

AliYaqoob, A., Parveen, T., Umar, K. and Ibrahim, M.N.M. (2020). Role of Nanomaterials in the Treatment of Wastewater: A Review. Water, 12 (2), pp: 1-30.

Farshad, A.A. and Imandel, K. (2001). An assessment of groundwater nitrate and nitrite levels in the industrial sites in the west of Tehran. Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research, 1 (2), pp: 33-44.

Greenlee, L.F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B. and Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. water research, 43 (9), pp: 2317 – 2348.

Gilchrist, M., Winyard, P.G. and Benjamin, N. (2010). Dietary nitrate -- good or bad? Nitric Oxide, 22 (2), pp: 104-109.

Haghighi, M., Sharif Rohani, M., Samadi, M., Tavol, M., Eslami, M. and Yusefi, R., (2014). Study of effects Aloe vera extract supplemented feed on hematological and immunological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (6), pp: 2143-2154.

Jain, K., Patel, A.S., Pardhi, V.P. and Flora, S.J.S. (2021). Nanotechnology in Wastewater Management: A New Paradigm Towards Wastewater Treatment. Molecules, 26 (6), pp: 1-26.

Liu, A., Ming, J. and Ankumah, R. (2005). Nitrate contamination in private wells in rural Alabama, United States. Science of the Total Environment, 346 (1-3), pp: 112-120.

Lashkaripour, M. and Ghafouri, M. (2001). Survey of nitrate in groundwater of Mashhad. J Water Wastewater, 41 (1), pp: 2-7.

McLay, C.D., Dragten, R., Sparling, G. and Selvarajah, N. (2001). Drinking water quality standards. Predicting groundwater nitrate concentrations in region of mixed agricultural land use: a comparison of three approaches. Environ Pollut, 115 (2), pp: 191-204.

World Health Organization. (2016). Guidelines for Drinking-water Quality.

WHO. (2003). Guidelines for drinking water quality. 2th ed. Geneva.

Reinforcement process of household water purification filter with plant nanoparticles

Mahboubeh Shadabi Bojand[1*], Mahdad Ankari [2]

1) PhD student, Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Lahijan Branch

2) Master, Department of Applied Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Mehraein Institute of Higher Education, Bandar Anzali

*** Correspondence author:** Mahbobeh3408@gmail.com

Received Data: 2021. 05. 03 **Accepted Data: 2021. 10. 03**

Abstract

The use of nano as a reducing agent for drinking water pollutants has been proposed as one of the management strategies. One of the cases of this technology is related to the quality of drinking water. Therefore, the purpose of this study is to use plant nanoparticles (aloe vera plant) to strengthen the filter of household water purifiers made of polypropylene fibers. During the analysis obtained on aloe vera plant as a filter enhancer, the results showed that the parameters related to the household water purification filter, which is reinforced in terms of mass and thickness of polypropylene fibers and the amount of bubble pressure, orifice diameter and the average diameter of the hole has the appropriate thickness and internal indicators. Also, the values of quality parameters (nitrate, nitrite, sulfate, chloride, fluoride, sodium, potassium, hardness, EC, TDS and turbidity) after leaving the water treatment plant with plant nanoparticles have significantly reduced the quality of water entering the water treatment plant. Examining the effectiveness of this filter enhanced with aloe vera plant, it was found that this filter has a good power in removing the physical and chemical parameters of water that can be used in the treatment of polluted water used in household and drinking processes.

Keywords: Polypropylene fibers, household water purifier, nanotechnology