

Performance of ceramic filter coated with silver nanoparticles in removal of *Escherichia Coli* from drinking water

Vali Alipour¹ , Hamid Reza Ghaffari¹ , Seyed Arman Hossaini² ,
Hadi Niknejad² , Somayeh Hoseinvandtabar^{2*} 

1- School of Public Health, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran

2- Student Research committee, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background and Aims: Nanotechnology is a field of applied knowledge. The use of nanotechnology and silver nanoparticles has been studied in recent years to control bacterial diseases. This study aimed to investigate the antibacterial effect of ceramic filter pads containing silver nanoparticles in the control of *E. coli*.

Materials and Methods: The present work was an experimental study. Silver nanoparticles were synthesized by dissolving silver nitrate (AgNO_3) in ethanol and reducing silver in an alcoholic medium. Characteristics of filters were evaluated using BET, SEM, XRF, and XRD tests. Ethical considerations were observed in all stages of the study.

Results: The results showed that the removal efficiency of *E. coli* was 36.2-66.7% by conventional filters and reached up 99-100% by ceramic filters coated with silver nanoparticles

Conclusion: The results of this study showed that ceramic filter media containing silver nanoparticles have considerable antimicrobial effects. By generalizing the results of this study, these ceramic filter media can be used in the treatment and filtration of unsafe water and thus control of pathogens in drinking water.

Keywords: Water Purification, Ceramic filter, *Escherichia coli*, Silver nanoparticles, Antibacterial effect

Please Cite this article as: Alipour V, Ghaffari HR, Hossaini A, Niknejad H, Hoseinvandtabar S. Performance of ceramic filter coated with silver nanoparticles in removal of *Escherichia Coli* from drinking water. Journal of Health in the Field 2022; 10(1):23-30.

Corresponding Author: Student Research committee, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: hoseinvandtabar72@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.22037/jhf.v10i1.37981>

Received: 26 March 2022

Accepted: 20 July 2022

بررسی عملکرد فیلتر سرامیکی پوشش یافته با نانوذرات نقره در حذف باکتری اشرشیاکلی از آب آشامیدنی

ولی علی پور^۱ , حمیدرضا غفاری^۱ , سید آرمان حسینی^۲ , هادی نیک نژاد^۲ , سمیه حسینوندتبار^{۲*} 

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران
۲- کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویان، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: فناوری نانو، رشته‌ای از دانش کاربردی است. استفاده از فناوری نانو و نانوذرات نقره در سال‌های اخیر به منظور کنترل بیماری‌های باکتریایی مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته است. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر ضدباکتریایی بسترهای فیلتر سرامیکی حاوی نانو ذرات نقره در کنترل باکتری اشرشیاکلی (E.Coli) در شرایط آزمایشگاهی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع آزمایشگاهی بود. نانوذرات نقره از طریق حل کردن نیتрат نقره ($AgNO_3$) در اتانول و احیای نقره در محیط الکلی ساخته شد. پس از تهیه فیلترهای سرامیکی خصوصیات کیفی فیلترها با استفاده از آنالیزهای XRF، SEM، BET و XRD بررسی شد. لازم به ذکر است که ملاحظات اخلاقی در تمام مراحل اجرای مطالعه رعایت گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که راندمان حذف باکتری اشرشیاکلی توسط فیلترهای معمولی $۶۶/۷-۳۶/۲\%$ و توسط فیلتر سرامیکی پوشش یافته با نانوذرات نقره $۹۹-۱۰۰\%$ بوده است.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که بسترهای فیلتر سرامیکی حاوی نانوذرات نقره دارای اثرات ضد میکروبی قابل ملاحظه‌ای می‌باشند، بنابراین با تعمیم نتایج این مطالعه می‌توان از این بسترهای فیلتر سرامیکی در تصفیه و فیلتراسیون آب آشامیدنی و کنترل بیماری‌های ناشی از بیماری‌زاهای انسانی استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: تصفیه آب، فیلتر سرامیکی، اشرشیاکلی، نانوذرات نقره، اثر ضدباکتریایی

* نویسنده مسئول: کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویان، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

Email: hoseinvandtabar72@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۱/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹

مقدمه

دسترسی به منابع آب آشامیدنی سالم در بسیاری از کشورهای دنیا به خصوص در نواحی روستایی یک مسئله مهم و حیاتی است. منابع آبی تصفیه نشده اغلب دارای ناخالصی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی از جمله کلونیدها و ارگانسیم‌های بیماری‌زا با منشأ مدفوعی می‌باشند [۱،۲]. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی، ۱/۸ میلیون مرگ و ۶۱/۹ میلیون سال‌های از دست رفته عمر (DALYs) در سراسر جهان به آب ناسالم نسبت داده می‌شود [۳]. بدون شک در صورت عدم تأمین آب سالم، سلامت و رفاه جامعه به خطر خواهد افتاد [۴]. از ویژگی‌های مهم آب شرب، کیفیت میکروبی آن است. وجود باکتری‌های شاخص در آب به معنی حضور میکروارگانسیم‌ها و بیماری‌زایی آن‌ها می‌باشد [۵]. باکتری اشرشیاکلی شاخص میکروبی است که از طریق ورود فضولات حیوانی و انسانی به آب‌های پذیرنده، منجر به آلودگی منابع آبی می‌شود. این باکتری در ارزیابی کیفیت باکتریولوژیک آب آشامیدنی، به عنوان اصلی‌ترین شاخص آلودگی میکروبی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶]. باکتری اشرشیاکلی میله‌ای شکل، گرم منفی و از خانواده انتروباکتریاسه است [۷]. زیستگاه طبیعی اشرشیاکلی روده انسان و حیوانات خون‌گرم است که به طور معمول چند ساعت پس از تولد در روده نوزادان مستقر می‌شود [۸]. اشرشیاکلی از بارزترین کلی‌فرم‌های مدفوعی است که به عنوان شاخص کیفیت آب آشامیدنی انتخاب شده است [۹،۱۰]. با توجه به نقش آب در حفظ بهداشت جوامع، شناسایی باکتری‌های شاخص مانند اشرشیاکلی موضوع مهم و با اهمیتی است. وجود این باکتری در آب و مواد غذایی از نظر استانداردهای ملی و بین‌المللی ممنوع بوده و وجود آن در محصولات غذایی بیانگر آن است که سایر میکروارگانسیم‌های انتروباکتریاسه با منشأ مدفوعی یا روده‌ای ممکن است در غذا یا منابع آبی وجود داشته باشند. باکتری اشرشیاکلی طیف وسیعی از عفونت‌های بالینی از جمله اسهال یا عفونت‌های روده‌ای، عفونت مجرای ادراری، التهاب پرده محافظتی مغز و نخاع (مننژیت) و مسمومیت خون را در انسان ایجاد می‌کند [۱۱،۱۲]. متداول‌ترین روش‌های حذف میکروارگانسیم‌های بیماری‌زا از آب شامل گندزدایی فیزیکی و شیمیایی از طریق جداسازی توسط صافی

غشایی، پرتو فرابنفش، پرتوهای یونیزان، حرارت، امواج فراصوت، ازن‌زنی و استفاده از کلر و مشتقات آن است. اما روش‌های گندزدایی شیمیایی دارای محدودیت‌هایی از قبیل ایجاد مزه و بوی نامطبوع، تولید فراورده‌های جانبی و غیره می‌باشند [۱۳،۱۴]. بهره‌گیری از فناوری نانو در فرآیند تصفیه آب، راه‌حل مناسبی است که آب آلوده را برای استفاده در مصارف کشاورزی و یا حتی برای مصارف خانگی و آشامیدن تصفیه می‌کند. با توسعه فناوری نانو در صنعت آب و فاضلاب، می‌توان تحولی عظیم در تأمین آب مصرفی و بخش‌های وابسته ایجاد کرد. بسیاری از نانوذرات از قبیل نانوذرات نقره، دی‌اکسید تیتانیوم، منیزیم اکسید، نانوذرات آهن و غیره برای غیرفعال سازی میکروارگانسیم‌های موجود در آب آشامیدنی، آب‌های سطحی و حتی فاضلاب و دیگر منابع پیشنهاد شده‌اند [۱۵،۱۶]. با توجه به خاصیت ضد میکروبی نقره و افزایش این ویژگی در مقیاس نانو، می‌توان از آن در حذف عوامل بیماری‌زای انسانی و حیوانی استفاده کرد. نانوذرات نقره به دلیل رسانایی مناسب، پایداری شیمیایی، خواص کاتالیتیک و فتونیک مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته است. در تحقیقات مرتبط با علوم زیست‌شناسی، نانوذرات نقره به عنوان عامل باکتری‌کش استفاده شده‌اند [۱۷-۱۹]. در سال‌های اخیر، استفاده از نانوذرات به صورت سوسپانسیون با توجه به مشکل جداسازی آن‌ها همواره موجب نگرانی‌های بسیاری شده است [۲۰]. به همین دلیل در مطالعه حاضر از فناوری نانو به صورت غیرمستقیم و در قالب پوشش‌دهی نانوذرات نقره درون بسترهای فیلتر سرامیکی متخلخل و سپس استفاده از این بسترهای فیلتری برای تصفیه آب آشامیدنی استفاده می‌شود که مشکلات ناشی از کاربرد نانو ذرات به صورت سوسپانسیون و تولید محصولات جانبی ناشی از گندزدهای متداول را نخواهد داشت. سرامیک‌های متخلخل از اکسیدهای دیرگداز نسوز مثل آلومینا، تیتانیا، و زیرکونیا ساخته شده‌اند و نسبت به سایر موادی که به عنوان بسترهای فیلتری استفاده می‌شوند، دارای مزایایی همچون مقاومت شیمیایی و دمایی و مقاومت به تغییرات اسیدیته می‌باشند و نیز در حین کار تغییر شکل نمی‌دهند. اگرچه سرامیک‌های متخلخل به خودی خود می‌توانند به عنوان بسترهای فیلتری در فیلترهای تصفیه آب

سپس با نسبت گفته شده با هم ترکیب و در قالب با قطر ۵ و ارتفاع ۱/۵ سانتی متری پرس شد. بعد از شکل گیری در قالب، فیلترها ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در محیط اتاق خشک شدند و سپس در دمای ۹۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت در کوره قرار داده شدند تا کاملاً پخته شوند. در این دما مواد قابل احتراق به طور کامل سوخته شد و سطوح فیلتر به صورت متخلخل درآمد [۲۴].

طراحی پیلوت: برای ساخت پیلوت مورد نظر با استفاده از طلق و چسب آکواریوم، قالب های استوانه ای تهیه شد و فیلترهای ساخته شده را در آن قرار داده و با استفاده از چسب محل های نشست آب آن گرفته شد. قطر پیلوت مورد نظر ۵ سانتی متر و ارتفاع آن ۳۰ سانتی متر بود تا ظرفیت گنجایش نمونه های مورد آزمایش را داشته باشد.

تعیین کارایی پیلوت: برای انجام آزمایش های میکروبی، در ابتدا با تلقیح باکتری E.coil (تهیه شده از آزمایشگاه بیمارستان شهید محمدی بندرعباس) در یک بشر ۱۰۰ سی سی محلول استوک تهیه گردید. از محلول استوک، محلول های رقیق تری تهیه و به فیلترهای با نقره و بدون نقره جهت انجام فرایند تصفیه انتقال داده شد. سپس جهت بدست آوردن MPN ورودی، محلول رقیق شده را با روش تخمیر نه لوله ای با محیط کشت لاکتوز برات در دمای 35 ± 2 درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور قرار داده شد. برای MPN خروجی نیز از آب تصفیه شده نمونه گرفته و با همان روش تخمیر ۹ لوله ای کشت داده شد. در پایان بر اساس جدول MPN تعداد باکتری های مورد نظر گزارش و راندمان حذف باکتری محاسبه شد. آزمایشات در سه غلظت ورودی مختلف (۲۳، ۴۶۰، بیشتر از ۱۱۰۰) انجام شد.

تعیین ویژگی های فیلترهای سرامیکی معمولی و پوشش یافته با نانو ذرات نقره: جهت حصول اطمینان از نحوه مناسب پوشش دهی و تعیین ویژگی های نانو ذرات پوشش یافته بر روی بسترهای سرامیکی، خصوصیات آن ها توسط روش های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات فیلترها با آنالیزهای پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف سنجی فلورسانس اشعه ایکس (XRF)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و اندازه گیری سطح ویژه

استفاده شوند و مانعی فیزیکی برای حذف باکتری ها محسوب شوند، اما قادر به غیرفعال سازی آن ها نیستند. بنابراین در صورت استفاده از آن ها در سیستم های تصفیه آب، باید به صورت مرتب و دوره ای تمیز و گاهی تعویض شوند. از طرفی میکروارگانیزم ها می توانند به سطح این سرامیک های متخلخل متصل شده و باعث ایجاد لایه بیو فیلم بر روی آن ها شوند و یکی از راه کارهای احتمالی برای حل این مشکل پوشش دهی بسترهای سرامیکی با نانو ذرات نقره است [۲۱]. هدف از پژوهش حاضر، امکان سنجی استفاده از بسترهای فیلتر سرامیکی معمولی و پوشش یافته با نانو ذرات نقره در حذف باکتری اشرشیاکلی در شرایط آزمایشگاهی می باشد.

مواد و روش ها

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی فیلترهای سرامیکی بر پایه نانو ذرات نقره تهیه و کارایی آن در حذف باکتری اشرشیاکلی بررسی شد. این مطالعه از چند بخش تشکیل شده است که در ادامه شرح داده می شود.

تهیه نانو ذرات نقره: نانو ذرات نقره از طریق حل کردن نیترات نقره ($AgNO_3$) در اتانول و احیای نقره در محیط الکلی ساخته شد. برای تهیه محلول ۳۲۰۰ میلی گرم بر لیتر نانونقره در ابتدا ۰/۷۵ گرم نیترات نقره را در ۱۵۰ میلی لیتر حلال اتانول به حجم رسانده و سپس بالن روی همزن مغناطیسی قرار داده شد تا نیترات نقره کاملاً حل شود. این مرحله در مدت حدود ۲۰ دقیقه انجام شد. زمانی که رنگ محلول به رنگ زرد روشن تبدیل شد با استفاده از سمپلر به صورت قطره ای ۰/۵ میلی لیتر محلول ۰/۲ مولار بوروهیدرید سدیم ($NaBH_4$) به آن اضافه شد. تغییر رنگ محلول از زرد به سیاه به معنای انجام واکنش و تولید محلول نانونقره در نظر گرفته شد [۲۲، ۲۳].

ساخت فیلترهای سرامیکی: برای تهیه فیلترهای سرامیکی ساده ترکیبی از ۴۰٪ خاک رس، ۱۰٪ مواد قابل احتراق (آرد، خاک اره، آرد ذرت) و ۳۰٪ آب استفاده شد. برای ساخت فیلترهای سرامیکی با نانونقره به جای آب از محلول نانونقره استفاده شد. خاک رس از الک ۳۰ و مواد قابل احتراق از الک ۲۰۰ عبور داده شد.

جدول ۱- طیف XRF بستر فیلتر سرامیکی معمولی و فیلتر سرامیکی پوشش دهی شده با نانو ذره نقره

Table 1- XRF spectrum of conventional ceramic filter substrate and ceramic filter coated with silver nanoparticles

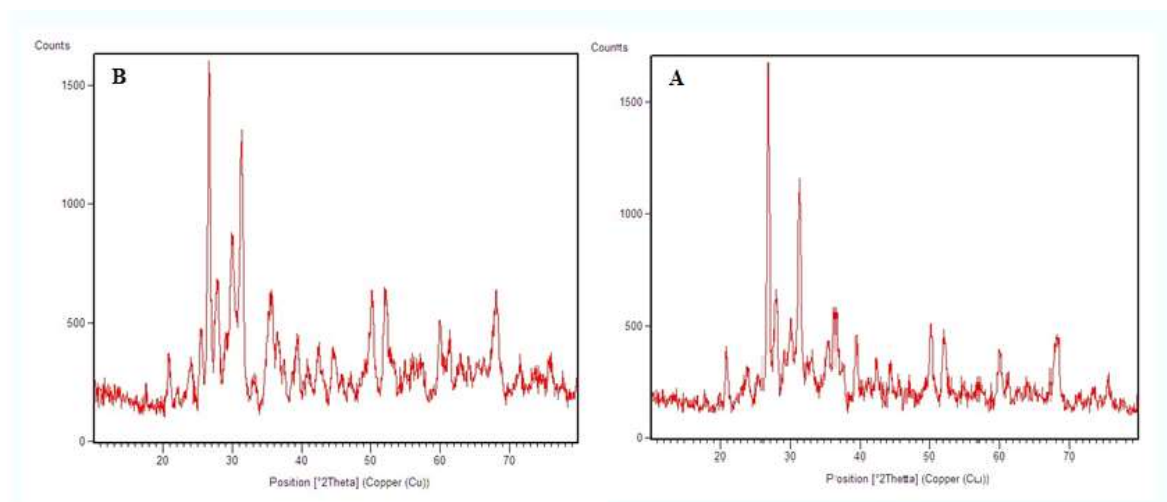
نام ترکیب	فیلتر سرامیکی بدون نقره (%)	فیلتر سرامیکی با نقره (%)
Ag	—	۳/۱۱
SiO ₂	۴۸/۹۹	۴۴/۰۲
CaO	۲۰/۷۵	۱۸/۴۳
Al ₂ O ₃	۱۳/۹۷	۱۲/۲۹
Fe ₂ O ₃	۵/۶۰	۶/۸۶
Na ₂ O	۲/۱۵	۶/۲۱
MgO	۳/۷۶	۳/۴۵
SO ₃	۱/۶۲	۲/۵۶
K ₂ O	۲/۰۵	۱/۲۹
TiO ₂	۰/۶۸	۰/۶۹
P ₂ O ₅	۰/۲۷	۰/۲۵
MnO	۰/۱۱	—

(BET) مورد ارزیابی قرار گرفت. ماهیت کریستالی نانوذرات نقره پوشش داده شده روی بسترهای سرامیکی توسط دستگاه پراش پرتو ایکس و با طول موج ۱/۵۴۶۱ آنگستروم بررسی شد. مورفولوژی و اندازه ذرات قرار گرفته روی بستر فیلتر سرامیکی با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل EM-3200 بررسی شد.

یافته‌ها

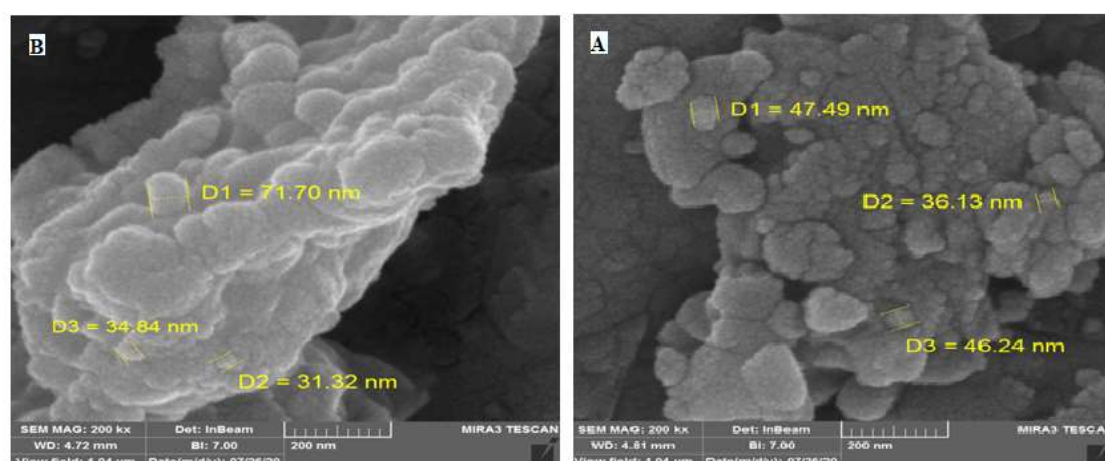
نتایج XRD، XRF، SEM و BET به ترتیب در جدول ۱ و اشکال ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود.

راندمان حذف باکتری E.coli توسط فیلتر سرامیکی معمولی و فیلتر سرامیکی پوشش دهی شده با نانوذرات نقره: در این مرحله سه محدوده میکروبی با MPN ورودی >1100 ، ۴۶۰ و ۲۳ انجام شد. نتایج در شکل ۴ نشان می‌دهد که راندمان حذف آلودگی میکروبی در فیلتر سرامیکی با نقره ۹۹٪ تا ۱۰۰٪ بود و در فیلترهای سرامیکی بدون نقره راندمان حذف کمتر (۳۶٪ تا ۶۶٪) بود.



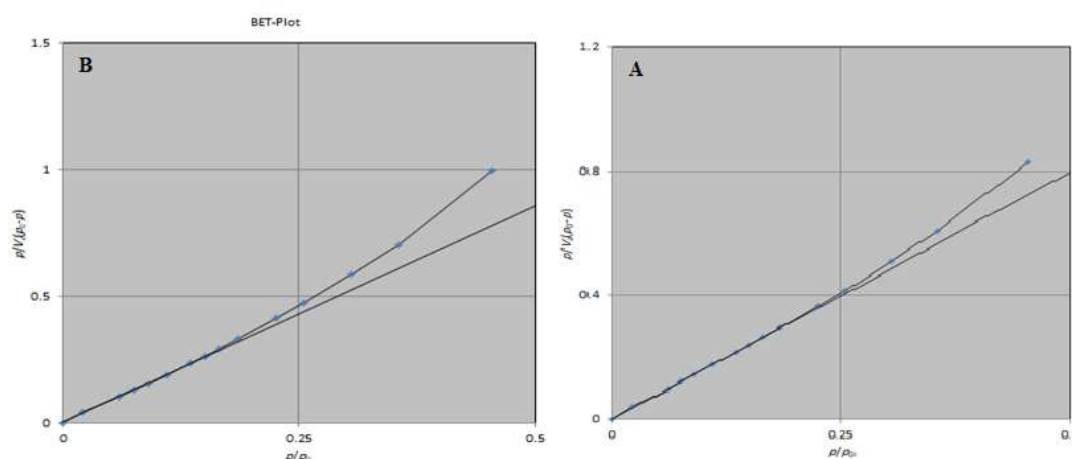
شکل ۱- طیف XRD بسترهای فیلتر سرامیکی معمولی (A) و فیلتر سرامیکی پوشش دهی شده با نانوذرات نقره (B)

Figure 1 - XRD spectrum of normal ceramic filter substrates (A) and ceramic filter coated with silver nanoparticles (B)



شکل ۲- تصویر SEM از سطح بسترهای فیلتر معمولی (A) و فیلترسرامیکی پوشش دهی شده با نانوذرات نقره (B)

Figure 2 - SEM image of the surface of normal filter substrates (A) and ceramic filter coated with silver nanoparticles (B)



شکل ۳- تصویر BET از سطح بسترهای فیلتر معمولی (A) و فیلترسرامیکی پوشش دهی شده با نانوذرات نقره (B)

Figure 3 - BET image of the surface of normal filter substrates (A) and ceramic filter coated with silver nanoparticles (B)

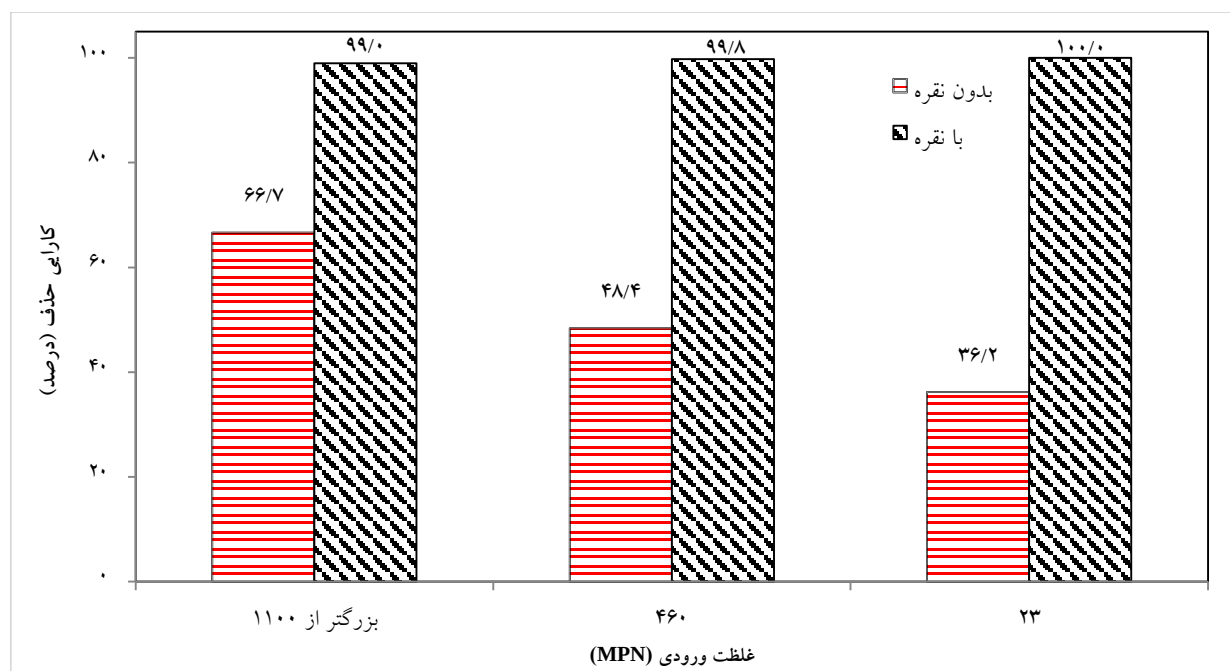
بحث

همان باکتری در حضور بسترهای فیلتر سرامیکی معمولی کمتر بود. در مطالعه‌ی Ehdaie و همکاران در سال ۲۰۱۷ با ساخت قرص‌های سرامیکی نانونقره و رهاسازی آن‌ها در منبع آب، نشان داد که فیلترهای سرامیکی با نقره توانایی حذف باکتری E.coli تا ۱۰۰٪ را داشت [۲۵]. در مطالعه‌ای که توسط Perez-Vidal و همکاران بر روی عملکرد حذف آلودگی میکروبی در فیلترهای سرامیکی گلدانی تقویت شده با ترکیب نانونقره انجام گرفت، به این نتیجه رسیدند که این فیلترها توانایی حذف آلودگی میکروبی با راندمان ۹۹-۱۰۰٪ را داشتند. همچنین توانایی فیلترها در حذف

نانوذرات نقره با مکانیسم‌های مختلف رشد میکروارگانیسم‌ها را کنترل و مهار می‌کنند و این امر ضرورت انجام تحقیقات جامع‌تر در حیطه فناوری نانو را نشان می‌دهد. در این پژوهش اثر بسترهای فیلتر سرامیکی معمولی و پوشش یافته با نانوذرات نقره بر رشد یک باکتری شاخص در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. نتایج این پژوهش (شکل شماره ۴) نشان داد که بسترهای فیلتر سرامیکی پوشش یافته با نانوذرات نقره دارای اثربخشی موثرتری در حذف باکتری مورد آزمایش داشت، در صورتی که حذف

باکتری E.coli بیشتر از باکتری سالمونلا بود و تفاوت معناداری بین آن‌ها مشاهده شد [۲۶]. بر اساس نتایجی که تا به امروز در مورد اثر ضد میکروبی نانوذرات نقره منتشر شده است، دو مکانیسم ضد باکتریایی پیشنهاد می‌شود. در مکانیسم اول بیان شده است که باکتری‌ها مستقیماً توسط یون‌های نقره رها شده از سطح بسترهای فیلتر سرامیکی پوشش یافته با نانوذرات نقره کشته می‌شوند (اثرات باکتری‌کشی). بر اساس مطالعات گذشته یون نقره (بار مثبت) به دیواره سلولی با بار منفی می‌چسبد و باعث تغییر در نفوذپذیری دیواره سلولی می‌شود، این عمل باعث تغییر ماهیت پروتئین‌ها و نابودی و زوال سلولی و مرگ آن‌ها می‌شود. فعالیت ضدباکتریایی یون نقره باعث تغییر در مکانیسم‌های همانندسازی دئوکسی ریبو نوکلئیک اسید (DNA) و باعث غیر طبیعی شدن اندازه، محتویات سیتوپلاسمی و اجزاء سلولی و

لایه‌های خارجی سلول‌های حساس می‌شود [۲۱]. در مکانیسم دوم باکتری‌ها پس از تشکیل بیوفیلم بر روی بسترهای فیلتر سرامیکی از سطح آن‌ها همراه با یون‌های نقره جدا می‌شوند و اگرچه هنوز زنده‌اند اما توانایی رشد به شکل کلونی در سطح پلیت‌های آگار را ندارند چرا که یون‌های نقره بر روی توانایی همانندسازی باکتری در محیط کشت اثر می‌گذارد (اثر باکتریواستاتیک). در داخل سلول یون‌های نقره مانع از رشد باکتری با فسفوریلاسیون تیروزین می‌گردد [۲۷]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج حاصل از Mwabi و همکاران [۲۸]، Chen و همکاران [۲۹]، Phoung Phong و همکاران [۳۰] که به ترتیب اثرات فیلترهای سرامیکی، فوم‌های شیشه‌ای و پلی اورتان محتوای نانونقره را جهت حذف E.coli مطالعه نمودند، مطابقت کامل داشت.



شکل ۴- راندمان حذف باکتری E.coli توسط بسترهای فیلتر معمولی و فیلتر سرامیکی پوشش دهی شده با نانوذرات نقره

Figure 4 - Removal efficiency of E.coli bacteria by conventional filter substrates and ceramic filter coated with silver nanoparticles

نتیجه‌گیری

سختی‌گیری در هر مایع از جمله آب است. فیلترهای سرامیکی در دسته فیلترهای سطحی قرار دارند که با دارا بودن منافذی با قطر بسیار کوچک، هنگام عبور آب ذرات معلق موجود در آن را جداسازی می‌کنند. با توجه به این که فناوری نانو در شاخه‌های

فرآیند فیلتراسیون یک روش فیزیکی برای حذف ذرات معلق از جمله گل و لای، لجن، رنگ، مواد آلی، پلانکتون‌ها، باکتری‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها و حتی ذرات حاصل از فرآیند

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه با کد اخلاق علوم دانشگاه مصوب IR.HUMS.REC.1398.203 علوم پزشکی هرمزگان است. بدین وسیله از همه کسانی که در انجام پایان نامه ما را یاری دادند، سپاسگزاری به عمل می‌آید.

تضاد منافع

در این مطالعه نویسندگان هیچ گونه تضاد منافع ندارند.

References

- 1- Oyanedel-Craver VA, Smith JA. Sustainable colloidal-silver-impregnated ceramic filter for point-of-use water treatment. *Environmental Science & Technology* 2008; 42(3):927-33.
- 2- Mpenyana-Monyatsi L, Mthombeni NH, Onyango MS, Momba MN. Cost-effective filter materials coated with silver nanoparticles for the removal of pathogenic bacteria in groundwater. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2012; 9(1):244-71.
- 3- Dies RW. Development of a ceramic water filter for Nepal. [dissertation]. School of Engineering: Massachusetts Institute of Technology 2003.
- 4- Shannon MA, Bohn PW, Elimelech M, Georgiadis JG, Mariñas BJ, Mayes AM. Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature* 2008; 452(7185):301-10.
- 5- Sobsey M, Handzel T, Venczel L. Chlorination and safe storage of household drinking water in developing countries to reduce waterborne disease. *Water Science and Technology* 2003; 47(3):221-28.
- 6- Delaet Y, Daneels A, Declerck P, Behets J, Ryckeboer J, Peters E, et al. The impact of electrochemical disinfection on *Escherichia coli* and *Legionella pneumophila* in tap water. *Microbiological Research* 2008; 163(2):192-99.
- 7- Bonyadian M, Salehi TZ, Mahzounieh MR, Taheri FA. Virulence genes of verotoxigenic *E. coli* isolated from raw milk and unpasteurized cheese. *Journal of Veterinary Research* 2011; 66(3):223-28 (In Persian).
- 8- Kargar M, Dianati P, Homayoon M. Evolution of virulence genes and antibiotic resistance of Enterohemorrhagic *Escherichia coli* isolated from hamburger by multiplex PCR in Shiraz. *Journal of Isfahan Medical School* 2011; 29(148):1-11 (In Persian).

مختلف علوم کاربردهای گوناگونی دارد و نانو ذرات نقره مورد استفاده در فیلترهای سرامیکی مورد استفاده در این پژوهش دارای قابلیت ضدباکتریایی قابل ملاحظه‌ای در حذف باکتری *E.coli* دارا می‌باشد و تعمیم نتایج این مطالعه می‌تواند در پیشگیری بسیاری از بیماری‌های باکتریایی منتقله از آب آلوده بویژه در مناطق دور افتاده مفید واقع شود. همچنین هزینه و زمان مورد نیاز جهت ساخت و آماده‌سازی این فیلترها بسیار کم بود. بنابراین امید می‌رود که بتوان در آینده از این مکانیسم در تصفیه آب و فاضلاب استفاده نمود که مطمئناً افق‌های جدیدی را به روی ما خواهد گشود.

- 9- Munshi SK, Rahman MM, Noor R. Detection of virulence potential of diarrhoeagenic *Escherichia coli* isolated from surface water of rivers surrounding dhaka city. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences* 2012; 36(1):109-21.
- 10- Odonkor ST, Ampofo JK. *Escherichia coli* as an indicator of bacteriological quality of water: An overview. *Microbiology Research* 2013; 4(1):e2. Doi: doi.org/10.4081/mr.2013.e2.
- 11- Jeong H, Han S-j, Yoo H-N, Choi S-J, Oh S-Y, Kim Y-J, et al. Comparison of changes in etiologic microorganisms causing early-onset neonatal sepsis between preterm labor and preterm premature rupture of membranes. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine* 2015; 28(16):1923-28.
- 12- Molaabaszadeh H, Hajisheikhzadeh B, Mollazadeh M, Eslami K, Mohammadzadeh Gheshlaghi N. The Study of sensibility and antimicrobial resistance in *Escherichia coli* isolated from urinary tract infection in Tabriz city. *Journal of Fasa University of Medical Sciences* 2013; 3(2):149-54 (In Persian).
- 13- Atabakhsh P, Amin M, Mortazavi H, Yaran M, AKHAVAN SA, Nouhi A, et al. Identification of total and fecal coliforms and heterotrophic to microbiological method and *E. coli* O157: H7 to immunological, and real time PCR methods in Isfahan water treatment plant. *Iranian Journal of Health and Environment* 2010; 3(3(9)):335-46 (In Persian).
- 14- Rezaee A, Kashi G, Jonidi Jafari A, Khataee A. Investigation of *E. coli* Removal from Polluted Water Using Electrolysis Method. *Iranian Journal of Health and Environment* 2011; 4(2):201-12 (In Persian).
- 15- Lloyd JR. Microbial reduction of metals and radionuclides. *FEMS Microbiology Reviews* 2003; 27(2-3):411-25.

- 16- Singh M, Singh S, Prasad S, Gambhir IJDN, Biostructures. Nanotechnology in medicine and antibacterial effect of silver nanoparticles. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures 2008; 3(3):115-22.
- 17- Li Q, Mahendra S, Lyon DY, Brunet L, Liga MV, Li D, et al. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. Water Research 2008; 42(18):4591-602.
- 18- Karumuri AK, Oswal DP, Hostetler HA, Mukhopadhyay SMJML. Silver nanoparticles attached to porous carbon substrates: robust materials for chemical-free water disinfection. Materials Letters 2013; 109:83-87.
- 19- Lin S, Huang R, Cheng Y, Liu J, Lau BL, Wiesner MRJWr. Silver nanoparticle-alginate composite beads for point-of-use drinking water disinfection. Water Research 2013; 47(12):3959-65.
- 20- Jiménez AE, Estrada CA, Cota AD, Román A. Photocatalytic degradation of DBSNa using solar energy. Solar Energy Materials and Solar Cells 2000; 60(1):85-95.
- 21- Lv Y, Liu H, Wang Z, Liu S, Hao L, Sang Y, et al. Silver nanoparticle-decorated porous ceramic composite for water treatment. Journal of Membrane Science 2009; 331(1-2):50-56.
- 22- Farbod M, Batvandi M. Fabrication and size control of Ag nanoparticles. Iranian Journal of Physics Research. 2012; 12(1):77-83 (In Persian).
- 23- Van Dong P, Ha CH, Binh LT, Kasbohm J. Chemical synthesis and antibacterial activity of novel-shaped silver nanoparticles. International Nano Letters 2012; 2(9):1-9.
- 24- Nagarajan B, Jaiprakashnarain GB. Design and application of nano silver based POU appliances for disinfection of drinking water. Indian Journal of Science and Technology 2009; 2(8):5-8.
- 25- Ehdaie B, Rento CT, Son V, Turner SS, Samie A, Dillingham RA, et al. Evaluation of a silver-embedded ceramic tablet as a primary and secondary point-of-use water purification technology in Limpopo Province, S. Africa. Plos One 2017; 12(1):e0169502. Doi: 10.1371/journal.pone.0169502.
- 26- Pérez-Vidal A, Rivera-Sanchez SP, Florez-Elvira LJ, Silva-Leal JA, Diaz-Gomez J, Herrera-Cuero LF, et al. Removal of E. coli and Salmonella in pot ceramic filters operating at different filtration rates. Water Research 2019; 159:358-64.
- 27- Lv Y, Liu H, Wang Z, Hao L, Liu J, Wang Y, et al. Antibiotic glass slide coated with silver nanoparticles and its antimicrobial capabilities. Polymers for Advanced Technologies 2008; 19(11):1455-60.
- 28- Mwabi JK, Mamba BB, Momba MN. Removal of Escherichia coli and faecal coliforms from surface water and groundwater by household water treatment devices/systems: A sustainable solution for improving water quality in rural communities of the Southern African development community region. International Journal of Environmental Research and Public Health 2012; 9(1):139-70.
- 29- Chen L, Zheng L, Lv Y, Liu H, Wang G, Ren N, et al. Chemical assembly of silver nanoparticles on stainless steel for antimicrobial applications. Surface and Coatings Technology 2010; 204(23):3871-75.
- 30- Phong NTP, Thanh NVK, Phuong PH. Fabrication of antibacterial water filter by coating silver nanoparticles on flexible polyurethane foams. Journal of Physics: Conference Series 2009; 187: 012079. Doi:doi.org/10.1088/1742-6596/187/1/012079.