ORIGINAL ARTICLE

Bacteriological Quality of Water Produced by Household Water Treatment Devices

Seyedeh Masoumeh Ebrahimi[1],
Reza Dehghanzadeh Reihani[2],
Zohreh Shiri[3],
Seyedeh Maryam Seyed Mosavi[1],
Mohammad Yusef Memar[4]

[1] MSc Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[3] MSc in Microbiology, Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
[4] PhD Student in Bacteriology, Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

(Received February 23, 2015 Accepted September 2, 2015)

Abstract

Background and purpose: Awareness of people about drinking water impurities and the demand for better water quality have led to widespread application of point-of-use (POU) water treatment devices. The aim of this study was to investigate the bacteriological quality of water produced by household water treatment devices.

Materials and methods: This cross-sectional descriptive study was performed on 18 household water treatment devices in 2014. Thirty-six inlet and outlet water samples were collected. Bacterial quality of the samples were determined by total and fecal coliform multiple-tube fermentation techniques, heterotrophic plate count (HPC) was done using membrane filter technique on blood agar medium and gram-negative bacteria analysis was performed via membrane filtration technique on EMB agar medium. Isolated colonies were identified using standard biochemical tests.

Results: Total and fecal coliform bacteria were negative at all inlet samples, but were positive at two of the outlet samples. HPC were higher than the maximum limits of 500 cfu/ml at 67% of the outlet samples. *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Serratia* and *Shigella* genus were found with higher frequencies at both inlet and outlet samples. However, frequencies of *Proteus* and gram positive *Bacillus* have increased in the outlet samples.

Conclusion: The removal of residual chlorine by household water treatment devices causes developing biofilm on the filters and storage tank of the devices by the bacteria present in distribution network. Consequently, the number and variety of bacteria are increased in water produced by POU water treatment devices.

Keywords: point-of-use (POU), Drinking water quality, Household water treatment, Colony count

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(130): 8-18 (Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۰ آبان سال ۱۳۹۴ (۱۸-۸)

ارزیابی کیفیت باکتریولوژیکی آب تولیدی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی

سیده معصومه ابراهیمی[۱]
رضا دهقانزاده ریحانی[۲]
زهره شیری[۳]
سیده مریم موسوی[۱]
محمد یوسف معمار[۴]

چکیده

سابقه و هدف: افزایش آگاهی مردم در خصوص پیامدهای آلاینده‌های آب و تقاضا برای آب با کیفیت بهتر به گسترش استفاده از دستگاه‌های تصفیه آب در نقطه مصرف منجر شده است. هدف این مطالعه تعیین کیفیت باکتریولوژیکی آب تولیدی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی- مقطعی، در سال ۱۳۹۳ بر روی ۱۸ دستگاه تصفیه آب خانگی انجام شد. تعداد ۳۶ نمونه آب از ورودی و خروجی دستگاه‌ها جمع‌آوری شد. کیفیت باکتریایی نمونه‌ها با استفاده از اندازه‌گیری باکتری‌های کلیفرم کل و مدفوعی به روش تخمیر چند لوله‌ای، شمارش کلونی های باکتری های هتروتروف (HPC) به روش فیلتراسیون غشایی روی محیط کشت بلاد آگار و باکتری‌های گرم منفی با فیلتراسیون غشایی با محیط EMB آگار تعیین شد. کلنی‌های جدا شده با آزمایشات بیوشیمیایی استاندارد شناسایی شدند.

یافته‌ها: باکتری‌های کلیفرم کل و مدفوعی در نمونه‌های ورودی منفی، ولی در نمونه‌های خروجی در دو مورد مثبت بود. HPC در ۶۷ درصد نمونه‌های خروجی بیش‌تر از محدوده استاندارد ۵۰۰cfu/ml قرار داشت. جنس‌های سودوموناس، آلکالیژنس، سراتیا و شیگلا بیش ترین فراوانی را در بین باکتری‌های گرم منفی هم در آب ورودی و هم در آب خروجی داشتند. البته فراوانی باکتری پروتئوس و باسیلهای گرم مثبت در ایزوله‌های آب خروجی افزایش یافته بود.

استنتاج: حذف کلر باقی مانده توسط دستگاههای تصفیه آب خانگی به مرور زمان موجب تشکیل بیوفیلم بر روی فیلترهای دستگاه و مخزن ذخیره توسط باکتریهای موجود در شبکه توزیع می‌شود. در نتیجه، تعداد و تنوع باکتری‌ها در آب تولیدی از این دستگاه‌ها افزایش می‌یابد.

واژه های کلیدی: نقطه مصرف، کیفیت آب شرب، تصفیه آب خانگی، شمارش کلونی

مقدمه

منابع آب مورد استفاده برای تأمین آب شرب یا کافی نبودن روش‌های حفاظت و نظارت، همیشه در علاوه بر آلودگی‌های طبیعی به دلیل عدم کارآمدی و معرض آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی، صنعتی

مولف مسئول: رضا دهقانزاده ریحانی – آدرس: تبریز، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، دانشکده بهداشت E-mail: dehghanzadehr@tbzmed.ac.ir
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،تبریز، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،تبریز، ایران
۳. کارشناس ارشد میکروبیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،تبریز، ایران
۴. دانشجوی دکتری باکتریولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،تبریز، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۳/۱۲/۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۳/۲/۶ تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۶/۱۱

Archive of SID
www.SID.ir

و کشاورزی هستند. از طرف دیگر فرآیندهای متداول در تصفیه خانه‌های آب شهری قادر به حذف همه میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا نیستند. علاوه بر این، شبکه توزیع آب همیشه در معرض تهدید از جانب آلودگی‌های ثانویه از طریق نشت و نفوذ و بازیابی و رشد مجدد میکروارگانیسم‌های آسیب دیده به صورت بیوفیلم در شبکه توزیع می‌باشد. علاوه بر این پاتوژن‌های فرصت طلب هم‌چون هلیکوباکتر، اشرشیاکلی و سالمونلا نیز می‌توانند در بیوفیلم شبکه توزیع آب به‌صورت زنده محافظت شوند. عدم نگهداری صحیح شبکه توزیع نظیر عدم شستشو و گندزدایی دوره‌ای می‌تواند به عنوان عامل فزآینده در تخریب کیفیت میکروبی آب باشد(۱).

بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که آب سالم و بهداشتی خروجی از تصفیه خانه ممکن است در زمان مصرف حاوی پاتوژن‌های میکروبی باشد (۲). از این رو یکی از مشکلات اساسی در امور آبرسانی، افت کیفیت آب آشامیدنی در حین ذخیره‌سازی و یا در شبکه‌های آبرسانی می‌باشد. جمعیت بالای میکروبی در شبکه توزیع و یا در نقطه مصرف از نظر اثرگذاری بر سلامت مردم و خصوصاً افراد آسیب‌پذیر مورد توجه است (۳). در گزارش منتشر شده از طریق سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] برآورده شده که پاتوژن‌های منتقله از راه آب، هر سال ممکن است منجر به ۲/۵ میلیون مرگ ناشی از بیماری‌های اندمیک اسهالی شوند(۴). مطالعه‌ای که در شهر سمنان توسط زرولی و همکاران در خصوص مقایسه کیفیت آب‌های بطری شده و آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت، نشان داد که تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه توزیع در بعضی موارد بیش از مقادیر استاندارد بوده است(۳). بنابراین با افزایش نگرانی‌ها و آگاهی‌های اساسی بین مصرف‌کنندگان در خصوص سالم نبودن آب مصرفی و پیامدهای بهداشتی کیفیت آب آشامیدنی و تقاضای مداوم برای آب با کیفیت بالا به گسترش سریع انواع و تعداد دستگاه‌های تصفیه آب در نقطه مصرف (POU)[2] منجر شده است(۵). دستگاه‌های POU معمولاً طیف وسیعی از سیستم‌های تصفیه را برای حذف آلاینده‌ها از آب آشامیدنی استفاده می‌کنند که شامل جذب سطحی، تبادل یونی، فیلتراسیون غشایی، تقطیر و گندزدایی خورشیدی، کلرزنی، ازن زنی، افزودن نمک نقره و لامپ های UV است(۶). بسیاری از سیستم‌های POU فقط برای بهبود خصوصیات زیباشناختی (طعم و بو و سختی) طراحی شده‌اند. در حالی‌که برخی دیگر از فنآوری‌های خاص برای حذف مواد شیمیایی آلی و معدنی، عوامل بیماری زا، باکتری‌ها و رادیونوکلئوتیدها استفاده می‌نمایند(۷). با استفاده از این روش‌ها، پاتوژن‌های منتقله از راه آب و مواد شیمیایی بالقوه نامطلوب ممکن است تا سطوح ایمن وسالم کاهش یابد(۴).

مطالعات زیادی درباره کارایی سیستم‌های تصفیه آب در نقطه مصرف انجام شده است. یک سری از این مطالعات به صورت اپیدمیولوژیکی کوهورت و آزمایش‌های کنترل شده تصادفی بوده که اثرات سیستم‌های تصفیه آب در نقطه مصرف را بین دو گروه کنترل و مورد مداخله، پیگیری و آنالیز کرده‌اند(۸). سازمان بهداشت جهانی به این نتیجه رسیده است که تصفیه آب در نقطه مصرف، مقرون به صرفه‌ترین روش برای دسترسی به آب سالم است(۹). مطالعات بر روی کارایی سیستم‌های POU در حذف آلاینده‌ها در مقیاس آزمایشگاهی نشان داده است که میزان حذف آلاینده‌ها مطلوب است(۱۰). عباس‌زادگان و همکاران گزارش کرده‌اند که سیستم‌های تصفیه POU می‌تواند به طور موثر بیش از ۹۹/۹۹۹۹ درصد باکتری‌های پاتوژن، ۹۹/۹۹ درصد ویروس‌ها و ۹۹/۹ درصد پروتوزوا و اووسیت‌ها را حذف یا غیرفعال کند(۱۱). دستگاه‌های تصفیه آب

1- World Health Organization

2- PointofUse

Archive of SID

www.SID.ir

خانگی نیز یکی از روش‌های رایج POU است که معمولاً از فرآیندهای جذب سطحی، تبادل یونی و فیلتراسیون غشایی به صورت پکیج استفاده می کنند که در خروجی لوله‌های آب زیر ظرفشویی آشپزخانه‌ها یا به صورت فیلترهای کوچک کربن فعال روی شیرهای آب نصب می‌گردند(۱۲). در بررسی‌ای که در شهر ساری جهت تعیین میزان رضایتمندی مردم از کیفیت آب‌شرب انجام گرفت، مشخص شد که ۱۱ درصد از افراد مورد مصاحبه از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی برای تهیه آب با کیفیت استفاده می‌کنند(۱۳). با این حال اطلاعات در مورد کیفیت باکتریولوژیکی آب تولیدی از این سیستم‌ها بسیار محدود بوده و عملکرد این سیستم‌ها می‌تواند متفاوت باشد(۱۴،۴). در برخی از مطالعات، آب تولیدی از این سیستم‌ها نسبت به آب ورودی از نظر میکروبی آلوده‌تر بوده است(۴). در واقع، استفاده از این دستگاه‌ها، ممکن است تعداد باکتری‌های موجود در آب شیر را با ترویج تشکیل بیوفیلم تقویت نماید(۱۵). حتی این سیستم‌ها ممکن است رشد مایکوباکتریوم را نیز افزایش دهند(۶). آب تصفیه شده به وسیله فیلترهای اسمز معکوس در سیستم‌های POU ممکن است سبب افزایش شمارش باکتری‌های HPC به حدود ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ CFU/ml شود(۱۶).

بنابراین امروزه با هدف ارتقای سطح سلامت خود، تهیه و نصب دستگاه‌های تصفیه آب خانگی جزء برنامه‌های ضروری بهداشتی خود قرار داده‌اند و موارد مصرف آن‌ها روز به روز در حال افزایش است. از طرف دیگر، کیفیت نامناسب آب تولیدی از این دستگاه‌ها می‌تواند تهدیدی برای سلامت به ویژه در افراد آسیب‌پذیر باشد. بنابراین هدف این تحقیق بررسی کیفیت باکتریولوژیکی آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی موجود در شهر تبریز در سال ۱۳۹۳ بود.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر توصیفی- مقطعی بوده و برای بررسی کیفیت باکتریولوژیکی آب‌های ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی موجود در شهر تبریز در سال ۱۳۹۳انجام گرفت. برای اجرای این تحقیق، در دانشکده‌های علوم پزشکی و مراکز بهداشتی تبریز و مجتمع‌های مسکونی، اطلاع‌رسانی شد. بر اساس این اطلاع‌رسانی و تماس دارندگان دستگاه‌ها، آدرس منازل لیست شد. در نهایت ۲۱ خانواده برای نمونه‌برداری تماس گرفتند که به دلائل ریزش نمونه‌ها در زمان نمونه‌برداری، موفق به نمونه‌برداری از ۱۸ دستگاه در دو مرحله شدیم و در مجموع تعداد ۳۶ نمونه آب (۱۸ نمونه آب ورودی، ۱۸ نمونه آب خروجی) مورد آزمایش قرار گرفت.

سیستم‌های تصفیه آب خانگی مورد استفاده در منازل، اسمز معکوس سه مرحله‌ای تا شش مرحله‌ای بود که این مراحل به ترتیب شامل پیش فیلترهای الیافی پلی‌پروپیلنی ۵ میکرونی، کربن فعال، میکروفیلتر یک میکرونی، اسمز معکوس، کربن فعال نهایی و در بعضی موارد، رزین‌های تبادل یونی و فیلترهای افزاینده مواد معدنی بود. نمونه‌برداری از نزدیک‌ترین شیر آب به سیستم تصفیه (شیر آب سینک ظرفشویی) و شیر آب خروجی دستگاه تصفیه انجام شد. ظروف نمونه‌گیری قبل از نمونه‌برداری در داخل اتوکلاو در درجه حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه و فشار ۱۵Psi استریل گردید. نمونه‌برداری در ظروف شیشه‌ای استریل به حجم ۱۰۰۰ سی سی حاوی تیوسولفات سدیم ۱۰ درصد انجام و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل گردید. پارامترهای pH و کلر باقیمانده توسط کیت کلرسنج و کیت pH سنج (مرک) و درجه حرارت آب توسط دماسنج در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. از روش تخمیر ۵ لوله‌ای (MPN)[3]

1- Most Probable Number

Archive of SID
www.SID.ir

برای شمارش باکتری‌های کلیفرم و کلیفرم مدفوعی(۱۷) و برای شمارش باکتری‌های هتروتروف و باکتری‌های گرم منفی (تخمیری و غیرتخمیری) از روش فیلتراسیون غشایی (فیلتر غشایی با قطر ۰/۴۵ میکرون از نوع Cellulose Nitrate، ساخت آلمان) استفاده شد(۱۸). فیلترها بر روی سطح پلیت حاوی محیط کشت بلاد آگار[4] جهت شمارش HPC و بر روی محیط کشت EMB آگار[5] جهت شمارش باکتری‌های گرم منفی قرار داده شده و به مدت ۴۸–۲۴ ساعت در دمای ۰/۵±۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند و کلنی‌های رشد کرده شمارش شد. کلنی‌های رشد کرده در محیط کشت EMB آگار و بلاد آگار از نظر حالت و شکل کلنی، رنگ و اندازه کلنی بررسی و سپس جهت کشت انبوه و خالص‌سازی باکتری‌ها بر روی محیط کشت نوترینت آگار پاساژ داده شد و پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۰/۵±۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. پس از رشد کلنی‌های خالص، به کمک تست‌های مورفولوژی و بیوشیمیایی استاندارد شامل رنگ‌آمیزی گرم، تست اکسیداز و کاتالاز، تخمیر گلوکز، لاکتوز و ساکاروز و تولید گاز H_2S و CO_2 در محیط کشت TSI[6]،اکسیداسیون وتخمیر گلوکز در محیط کشت OF[7]، هوازی- بی‌هوازی بودن باکتری در محیط کشت تیوگلیکولات براث، تحرک و اندول در SIM[8] انجام شدند. سپس براساس نتایج اولیه آزمون‌های فوق، آزمون‌های افتراقی دیگری مثل رشد بر روی محیط کشت مک کانکی آگار، فنیل آلانین دآمیناز، رشد در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد، اوره‌آز، ONPG[9]، احیای نیترات، لیزین دکربوکسیلاز، اورنیتین دکربوکسیلاز، آرژنین دهیدرولاز، تولید پیگمان، مانیتول سالت آگار، رشد هالوفیلیک، هیدرولیز ژلاتین، DNASE، ووگس- پروسکوئر (MRVP)[10] و تست سیمون سیترات انجام شد. با توجه به نتایج آزمون‌های بیوشیمیایی باکتری‌های ایزوله شده براساس جداول استاندارد کتاب برگی شناسایی شدند. برای آنالیز آماری داده‌ها، از نرم افزار IBM SPSS20 و از روش‌های آمار توصیفی مانند شاخص‌های مرکزی (میانگین) و پراکندگی (انحراف معیار، حداقل و حداکثر) و از آزمون‌های t تست زوجی و کای زوجی به ترتیب برای مقایسه متغیرهای کمی و کیفی در تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد.

یافته ها

نتایج حاصل ازبررسی کیفیت آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در جدول شماره ۱ ارائه شده است. میانگین پارامتر pH در نمونه‌های آب ورودی و خروجی به ترتیب برابر ۷/۴۰ و ۶/۸۸ بود. میانگین کلر باقی‌مانده در نمونه‌های آب ورودی برابر ۰/۴۸ میلی‌گرم در لیتر (در یک نمونه آب ورودی کلر باقیمانده صفر بود) و در ۱۰۰ درصد نمونه‌های آب خروجی مقدار آن صفر نشان داد. میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت در نمونه‌های آب ورودی به دستگاه به ترتیب برابر ۱۴/۶۱، ۱۰ و ۱۷/۵۰ سانتی‌گراد بود و برای نمونه‌های آب خروجی به ترتیب برابر ۱۶/۷۰، ۱۳، ۱۸ سانتی‌گراد به دست آمد (p=۰/۰۱۱). یافته‌های مربوط به آزمایش کلیفرم کل و مدفوعی در نمونه‌های آب ورودی و خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی نشان داد که از بین ۱۸ نمونه خروجی از دستگاه تصفیه آب، فقط ۲ نمونه در مرحله تاییدی و تکمیلی مثبت اما تمامی نمونه‌های آب ورودی به دستگاه منفی بود.

نتایج مربوط به HPC بر روی نمونه‌های آب ورودی و خروجی در مقایسه با استانداردهای ایران، WHO و EC که کم‌تر از ۵۰۰ کلنی در میلی‌لیتر آب

1- Blood Agar
2- Eosin Methylene Blue Agar
3- Triple Sugar Iron Agar
4- Oxidative Fermentativeglucose
5- SulfidIndolMotility
6- OrthonitroPhenul –β-D-galactoPyramside
7- Methylred-Vegesproskaure

Archive of SID

www.SID.ir

(cfu/ml) اعلام شده است، در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان باکتری‌های هتروتروف در بیش از ۶۷ درصد نمونه‌های آب خروجی از دستگاه‌ها به بیش از محدوده استاندارد رسیده است.

جدول شماره ۱: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی

پارامتر	ورودی دستگاه			خروجی دستگاه		
	انحراف معیار±میانگین	حداکثر	حداقل	انحراف معیار±میانگین	حداکثر	حداقل
pH	۷/۴۰ ±۰/۳۶	۷/۹۰	۶/۸۰	۶/۸۸ ±۰/۴۳	۷/۸۰	۶
کلر باقیمانده (mg/l)	۰/۴۸±۰/۲۰	۰/۶۵	۰	۰	۰	۰
درجه حرارت (°C)	۱۴/۶۱±۲/۱۰	۱۷/۵۰	۱۰	۱۶/۷۰ ±۱/۸۰	۱۸	۱۳

جدول شماره ۲: درصد نتایج کشت میکروبی HPC در نمونه‌های آب از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی (۱۸ نمونه آب ورودی، ۱۸ نمونه آب خروجی از دستگاه)

HPC (cfu/ml)	ورودی دستگاه تعداد نمونه مثبت (درصد)	خروجی دستگاه تعداد نمونه مثبت (درصد)
۰	۶ (۳۳)	۰ (۰)
۱ - ۵۰۰	۱۲ (۶۷)	۶ (۳۳)
* > ۵۰۰	۰ (۰)	۱۲ (۶۷)

*تعداد کلنی‌های تشکیل شده در میلی لیتر نمونه، بیش از ۳۰۰ کلنی بود (۱۷).

نتایج مربوط به HPC بر روی نمونه‌های آب ورودی و خروجی در مقایسه با استانداردهای ایران، WHO و EC که کم‌تر از ۵۰۰ کلنی در میلی‌لیتر آب (cfu/ml) اعلام شده است، در جدول شماره ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان باکتری‌های هتروتروف در بیش از ۶۷ درصد نمونه‌های آب خروجی از دستگاه‌ها به بیش از محدوده استاندارد رسیده است.

فراوانی وقوع باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت در نمونه‌های آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که باکتری‌های گرم منفی انتروباکتریاسه‌ها و غیرتخمیری از فراوانی بیش‌تری برخوردار هستند. در نمودار شماره ۱ فراوانی ایزوله‌های باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت در کلنی‌های رشد کرده بر روی محیط‌های کشت به تفکیک نشان داده شده است. در مجموع ۲۱۷ ایزوله باکتریایی شامل ۹۸ ایزوله از آب ورودی و ۱۱۹ ایزوله از آب خروجی دستگاه‌ها انجام شد. از ۹۸ ایزوله جداسازی شده از آب ورودی، ۶۴ ایزوله مربوط به باکتری‌های گرم منفی و ۳۴ ایزوله مربوط به باکتری‌های گرم مثبت، و از ۱۱۹ ایزوله جداسازی شده از آب خروجی، ۸۹ ایزوله متعلق به باکتری‌های گرم منفی و ۳۰ ایزوله مربوط به باکتری‌های گرم مثبت بود. سودوموناس‌ها و باسیلوس‌ها به ترتیب بیش‌ترین فراوانی را در بین باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت هم در آب ورودی و هم در آب خروجی داشتند.

جدول شماره ۳: فراوانی وقوع باکتری‌های گرم مثبت و منفی در نمونه‌های آب از دستگاه های تصفیه آب خانگی

باکتری‌ها	ورودی دستگاه تعداد (درصد)	خروجی دستگاه تعداد (درصد)
باکتری‌های گرم منفی		
سودوموناس	۱۲ (۶۷)	۱۴ (۷۸)
آلکالیژنس	۱۰ (۵۶)	۸ (۴۴)
سراتیا	۶ (۳۳)	۶ (۳۳)
شیگلا	۳ (۱۷)	۳ (۱۷)
آئرومونا‌س	۲ (۱۱)	۲ (۱۱)
آنتروباکتر	۲ (۱۱)	۳ (۱۷)
پروتئوس	۲ (۱۱)	۵ (۲۸)
کلبسیلا	۱ (۶)	۱ (۶)
اشرشیا	۱ (۶)	۱ (۶)
یرسینیا	۱ (۶)	۲ (۱۱)
آسینتوباکتر	۰ (۰)	۲ (۱۱)
سیتروباکتر	۰ (۰)	۱ (۶)
باکتری‌های گرم مثبت		
باسیلوس	۶ (۳۳)	۲ (۱۱)
باسیل گرم مثبت کاتالاز مثبت، اکسیداز منفی	۴ (۲۲)	۲ (۱۱)
باسیل گرم مثبت کاتالاز منفی، اکسیداز منفی	۳ (۱۷)	۳ (۱۷)
باسیل گرم مثبت کاتالاز مثبت، اکسیداز مثبت	۲ (۱۱)	۶ (۳۳)
میکروکوکوس	۲ (۱۱)	۳ (۱۷)
کورینه باکتریوم	۱ (۶)	۳ (۱۷)
استافیلوکوکوس	۰ (۰)	۱ (۶)
انتروکوکوس	۰ (۰)	۲ (۱۱)
استرپتوکوکوس	۰ (۰)	۱ (۶)

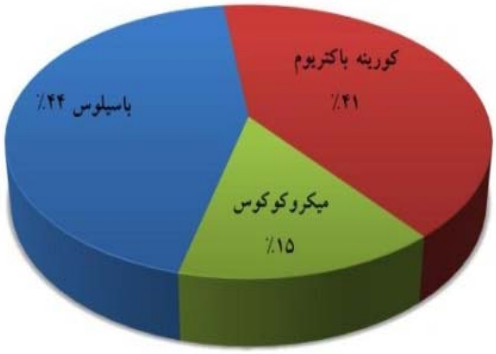
بحث

کیفیت و بهداشت آب مهم‌ترین چالش سیستم‌های تصفیه و توزیع می‌باشد(۴). استاندارد ایران، حداکثر میزان باکتری‌های هتروتروفیک در آب آشامیدنی را ۵۰۰ cfu/ml توصیه می‌کند(۱۹).

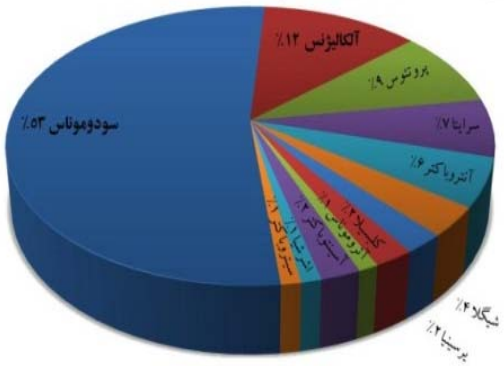
Archive of SID
www.SID.ir

ورودی دستگاه تصفیه (باکتری‌های گرم منفی)

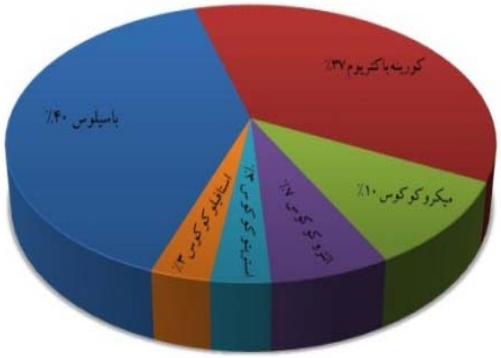
ورودی دستگاه تصفیه (باکتری‌های گرم مثبت)



خروجی دستگاه تصفیه (باکتری‌های گرم منفی)



خروجی دستگاه تصفیه (باکتری‌های گرم مثبت)



نمودار شماره ۱: فراوانی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت ایزوله شده از نمونه‌های آب دستگاه های تصفیه آب خانگی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که نمونه‌های ورودی به دستگاه در محدوده استاندارد، در حالی که در ۶ نمونه از ۱۸ نمونه آب خروجی در محدوده ۵۰۰ cfu/ml – ۱ و در ۱۲ نمونه بیش تر از حد استاندارد ۵۰۰ cfu/ml بود. در مطالعه‌ای که توسط Daschner و همکاران انجام گرفته نشان می‌دهد که در ۲۴ فیلتر از ۳۴ فیلتری که در منازل استفاده شده، شمارش باکتری‌ها در آب تصفیه شده تا ۶۰۰۰ cfu/ml افزایش داشته و در ۴ فیلتر از ۶ فیلتر در شرایط آزمایشگاهی، شمارش باکتری در آب تصفیه شده نسبت به آب شیر بالاتر بود که رشد یا تشکیل بیوفیلم در مواد فیلتر را نشان می‌دهد و در برخی موارد شمارش کلنی‌ها در آب تصفیه شده ۱۰۰۰۰ برابر بیش‌تر از آب شیر بود(۲۰). در مطالعه‌ای که توسط حمزه به منظور بررسی کیفیت باکتریولوژیکی آب خروجی از سیستم‌های تصفیه آب خانگی از نوع اسمز معکوس انجام شده، نشان می‌دهد که در ۱۹ نمونه آب تصفیه شده، ۴۷/۵ درصد رشد باکتری وجود داشت که باکتری‌های گرم منفی با ۵۸ درصد، بالاترین فراوانی را داشته‌اند(۱۴). در مطالعه فهیمی‌نیا و همکاران با بررسی ۲۴۰ نمونه از آب ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در شهر قم، متوسط میزان HPC در نمونه‌های ورودی ۵۵ CFU/mL و برای نمونه‌های خروجی میزان HPC، ۲۳۵ CFU/mL بوده است. در همین مطالعه ۶ درصد نمونه‌های آب، دارای آلودگی با باکتری اشرشیاکلی بود(۲۱). نتایج آزمایش MPN در مطالعه حاضر نشان داد که به ترتیب ۱۷ و ۱۱ درصد نمونه‌های خروجی مثبت است. در مطالعه دهقانی و همکاران که بر روی آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن با فرایند اسمزمعکوس در شهر قشم انجام گرفت، مواردی از آلودگی به کلیفرم کل و مدفوعی مشاهده نشد(۲۲). لازم به ذکر است که روش MPN دارای محدودیت‌هایی مانند تداخل آنتاگونیستی میکروارگانیسم‌ها و غیر اختصاصی بودن برای باکتری‌های کلیفرم است که در نتیجه شناسایی ضعیف میکروارگانیسم‌های کند رشد و

Archive of SID

www.SID.ir

دچار استرس شده کلیفرمی را سبب می‌گردد. رشد باکتری‌های هتروتروف می‌تواند مانع از رشد باکتری‌های کلیفرم و مانع تولید گاز در تخمیر لاکتوز در روش MPN شود. هم‌چنین برخی از باکتری‌های آنتروباکتریاسه‌ها قادر به تخمیر قند لاکتوز و تعدادی دیگر اغلب فاقد قدرت تخمیر لاکتوز هستند یا به آهستگی تخمیر می‌کنند. لذا در شناسایی این باکتری‌ها در محیط کشت لاکتوز براث، امکان شناسایی وجود ندارد، ولی به روش فیلتراسیون غشایی که از محیط کشت مناسب‌تر استفاده می‌شود، امکان و فرصت رشد برای تمامی این باکتری‌ها فراهم می‌گردد(۲۳). بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، شاخص pH در آب خروجی حدود ۰/۱ تا ۰/۸ کم تر از آب ورودی هست و ارتباط معنی‌داری بین pH آب ورودی و pH آب خروجی وجود دارد (p=۰/۰۰۱). کاهش pH می‌تواند به دلیل به هم خوردن تعادل کاتیون‌ها و آنیون‌ها باشد(۲۴). میانگین pH در نمونه‌های خروجی در مطالعه حاضر با نتایج حاصله از مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد (۲۲،۲۱،۴).

کلر باقیمانده در نمونه‌های آب خروجی برابر صفر بود که در مطالعه مشابه نیز به همین صورت بوده است(۴). ارتباط معنی‌داری بین کلر باقیمانده در نمونه‌های آب ورودی و خروجی مشاهده شد(p=۰/۰۰۰). ارتباط معنی‌داری بین HPC و کلر باقی‌مانده در نمونه‌های آب خروجی از دستگاه تصفیه آب خانگی وجود دارد (p =۰/۰۰۰) ولی بین کلر باقی‌مانده و HPC در نمونه‌های آب ورودی رابطه معنی‌داری وجود نداشت (p =۰/۰۸۵). در نمونه‌های آب ورودی، ۴۴ درصد ایزوله‌ها مربوط به باکتری‌های غیرتخمیری، ۱۷ درصد مربوط به خانواده آنتروباکتریاسه و ۳ درصد آئروموناس و در نمونه‌های خروجی ۵۰ درصد ایزوله‌ها متعلق به باکتری‌های غیرتخمیری، ۲۵ درصد متعلق به آنتروباکتریاسه و ۱ درصد آئروموناس بود. در نمونه‌های ورودی از ایزوله‌های باکتری‌های گرم مثبت، ۳۰ درصد باسیل و ۵ درصد کوکسی بود، در حالی که در نمونه‌های خروجی، ۱۹ درصد گرم مثبت ها باسیل و ۶ درصد کوکسی بود. باتوجه به نمودار شماره۱، در ورودی دستگاه، باکتری‌های سودوموناس، آلکالیژنس، باسیلوس، سراتیا و در خروجی باکتری‌های باکتری‌های سودوموناس، آلکالیژنس، پروتئوس و باسیلوس به ترتیب بیش‌ترین ایزوله را به خود اختصاص داده‌اند. باکتری‌های آلکالیژنس، سراتیا، آئروموناس، باسیلوس، کورینه باکتریوم، باسیلوس و میکروکوکوس در نمونه‌های آب تولیدی کم‌تر از نمونه‌های قبل از دستگاه ایزوله شدند. در حالی که باکتری‌های پروتئوس، آنتروباکتر، یرسینیا و کلبسیلا در نمونه‌های تولیدی بیش‌تر از نمونه‌های ورودی دستگاه بودند. لازم به ذکر است که باکتری‌های گرم مثبت شناسایی شده در این مطالعه از محیط کشت بلاد آگار که برای شمارش باکتری‌های هتروتروف استفاده شده، جداسازی و شناسایی شده‌اند. سودوموناس‌ها فلور طبیعی روده انسان‌ها و حیوانات بوده و برای افراد سالم خطری ندارد ولی در افراد با سیستم ایمنی ضعیف می‌تواند خطرناک باشد. این باکتری نسبت به بقیه باکتری‌ها به کلر مقاوم‌تر بوده و به این خاطر می‌تواند به مدت طولانی در محیط باقی بماند. این دستگاه‌ها برای مدت زمان معینی می‌توانند آب تقریباً استریل تولید کنند ولی با تجمع مواد آلی بر روی فیلترها، سبب رشد مجدد باکتری‌ها می‌گردد که تابعی از سرعت فیلتراسیون، درجه حرارت، نوع و باقیمانده گندزدا، میزان کربن آلی قابل جذب و جنس لوله‌های توزیع است(۱۶). تکثیر میکروبی در این فیلترها در مدت کوتاهی پس از نصب اتفاق می‌افتد چرا که مواد آلی محصور در داخل کربن فعال، از رشد مجدد باکتری‌های هتروتروفیک حمایت می‌کنند(۲۵). غشاءهای موجود در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بسته به کیفیت غشاها و خصوصیات هیدرودینامیکی و شیمیایی آب ممکن است توسط مواد آلی و رسوبات معدنی، کلوئیدها، باکتری‌ها و اکسیدهای فلزی دچار گرفتگی شده و یا توسط کلر

Archive of SID
www.SID.ir

آزاد آسیب ببینند. در نتیجه گرفتگی در غشاءها می‌تواند اثرات منفی زیادی بر عملکرد غشاء از جمله کاهش سرعت جریان، تجمع عوامل بیولوژیکی روی سطح غشاءها و تشکیل کلنی و بیوفیلم، افت کیفیت آب تولیدی و تجزیه مواد ساختمانی غشاء و کاهش عمر غشاء گردد(۲۸-۲۶). باکتری‌های استافیلوکوکوس، استرپتوکوکوس، انتروکوکوس، آسینتوباکتر و سیتروباکتر در نمونه‌های آب ورودی به دستگاه تصفیه شناسایی نشدند که دلیل آن پدیده رشد مجدد باکتری‌های کلیفرم و سایر باکتری‌ها که در فرآیند تصفیه آب آسیب دیده‌اند یا به طور موقت غیرفعال شده‌اند، می باشد. از طرف دیگر در آب ورودی به دستگاه‌ها در بعضی از نمونه‌ها، تعداد باکتری‌ها ممکن است در حدی باشد که در فیلتراسیون غشایی دیده نشود، اما همین تعداد کم در داخل فیلترها و به دلیل فراهم شدن شرایط مساعد، رشد و تکثیر یافته و تعدادشان افزایش می‌یابد. براساس مطالعه انجام شده توسط Fengyi و همکاران مشخص شد که میزان چسبندگی باکتری‌ها به سطوح داخلی کربن ضعیف بوده، به طوری که با جریان کم آب، باعث جدا شدن باکتری‌ها می‌شود. در نتیجه افزایش برداشت آب از این دستگاه‌ها مانع تشکیل بیوفیلم در سطوح داخلی خواهد شد، اما در طول شب به دلیل ماندگاری آب، فرصتی برای رشد باکتری‌ها فراهم می‌شود و اگر در طول روز میزان کمی آب برداشته شود، مدت زمان نسبتاً طولانی برای باکتری‌ها فراهم خواهد شد و در نتیجه شمارش باکتری‌ها در آب تولیدی بیش‌تر می شود(۲۹). علاوه بر این، غلظت‌های بالای باکتری‌ها در بستر کربنی منجر به تجمع مواد سمی مضر می‌شود و به این خاطر توصیه می‌کنند فیلترهای کربنی حداقل هر شش ماه یک بار تعویض شوند (۳۰). با این حال گزارش شده است که افزایش میزان HPC، نگرانی بهداشتی در دستگاه‌های تصفیه آب آشامیدنی نیست. برخی شواهد تجربی نشان می دهد که حضور باکتری‌های هتروتروف در دستگاه‌های POU ممکن است سودمند باشد، زیرا می‌تواند میکروارگانیسم‌های بیماریزا را از طریق رقابت برای مواد غذایی و یا شکار کاهش دهد(۳۲،۳۱). نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که فیلترها و مخازن ذخیره دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به دلیل حذف کلر باقی‌مانده و تجمع مواد آلی، محیط مناسبی برای رشد باکتری‌ها و تشکیل بیوفیلم بوده و می‌تواند در بعضی مواقع مشکلات بهداشتی و بیماریزایی را در افراد خاص به دنبال داشته باشد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان تعیین اثرات سیستم های تصفیه در محل (Point of Use) در کاهش باسیل های گرم منفی (اشرشیا کلی، سودومو ناس آئروژینوزا و آئرومونـاس) از شبکه آب شرب شهر تبریز مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز در سال ۱۳۹۲ با شماره ۵/۵۳/۱۰۳۰ است. بدین وسیله از معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه در تامین هزینه‌های آن تشکر و قدردانی می گردد.

References

1. Lechevallier MW, Besner M-C, Friedman M, Speight VL. Microbiological Quality control in Distribution System. In: Edzwald JK, (ed). Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water. 6th ed. New York: American Water Works Association McGraw-Hill; 2012. p. 21.1-84.
2. Clasen TF, Bastable A. Faecal contamination of drinking water during collection and household storage: the need to extend

Archive of SID
www.SID.ir

protection to the point of use. J Water Health 2003; 1(3): 109-115.

3. Zazouli MA, Safarpour M, Veisi A, Habibkhani P. Bacterial Contamination in Bottled Water and Drinking Water Distribution Network in Semnan, 2012. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 22(1): 62-70 (Persian).
4. Masoumi SJ, Haghkhah M, Mehrabani D, Ghasempour HR, Esmaeelnejad Z, Ghafari N. Quality of Drinking Water of Household Filter Systems in Shiraz, Southern Iran. Middle-East Journal of Scientific Research 2013; 17(3): 270-274.
5. Tobin RS, Smith DK, Lindsay JA.Effects of activated carbon and bacteriostatic filters on microbiological quality of drinking water. Appl Environ Microbiol 1981; 41(3): 646-651.
6. Quiroz CC, Gerba CP. Microbiological Comparison of the Quality of Point-of-Use (POU)-Treated Water, Tap Water, and Bottled Water. In: Quiroz CC, (ed). Risk Assessment of Selected Opportunistic Pathogens in Drinking Water. Arizona: The University of Arizona; 1999. p. 85-112.
7. Quiroz CC, Gerba CP. Aeromonas Hydrophila and Psedomonas aeruginosa in Drinking Water from Various Sources: A Risk Assessment. In: Quiroz CC, editor. Risk Assessment of Selected Opportunistic Pathogens in Drinking Water. Arizona: The University of Arizona; 1999. p. 113-138.
8. Varghese A. Point-of-Use Water Treatment Systems In Rural Haiti: Human Health And Water Quality Impact Assessment. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering. JUNE 2002.
9. Luby SP, Mendoza C, Keswick BH, Chiller TM, Hoekstra RM. Difficulties in bringing point-of-use water treatment to scale in rural Guatemala. Am J Trop Med Hyg 2008; 78(3): 382-387.
10. Coulliette AD, Enger KS, Weir MH, Rose JB.Risk reduction assessment of waterborne Salmonella and Vibrio by a chlorine contact disinfectant point-of-use device. Int J Hyg Environ Health 2013; 216(3): 355-361.
11. Abbaszadegan M, Hasan MN, Gerba CP, Roessler PF, Wilson BR, Kuennen R, et al. The Disinfection Efficacy of a Point-of- Use Water Treatment System Against Bacterial, Viral and Protozoan Waterborne Pathogens. Water Research 1997; 31(3): 574-582.
12. Bitton G. Wastewater Microbiology. Canada: John Wiley & Sons; 2005. p. 395-470.
13. Zazouli MA, Belarak D, Mahdavi Y, Karimnezhad F. A survey of the people satisfaction of the drinking water quality of Sari city in year 2012. The 16th National Conference environmental health. Tabriz 2013 (Persian).
14. Hamza LF. Bacteriological Study on Household Drinking Water Filters Journal of Kerbala University 2009; 7(2): 185-191.
15. Chaidez C, Gerba C.Comparison of the microbiologic quality of point-of-use (POU)-treated water and tap water. Int J Environ Health Res 2004; 14(4): 253-260.
16. Reynolds KA, Mena KD, Gerba CP.Risk of waterborne illness via drinking water in the 1United States. Rev Environ Contam Toxicol 2008; 192: 117-158.
17. ISIRI. Water quality-Enumeration of Microorganisms in Water by Culture Guideline. 1st ed: Institute of standards and Industrial Research: Code of practice ISIRI 4207, Tehran-Iran 2009; (Persian).
18. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th ed. American

Archive of SID
www.SID.ir

Public Health Association; 1989.

19. ISIRI. Drinking water–Microbiological specifications. 6th ed. Institute of standards and Industrial Research: Code of practice ISIRI 1011, Tehran-Iran 2007; (Persian).
20. Daschner FD, Rüden H, Simon R, Clotten J. Microbiological contamination of drinkingwater in a commercial household water filter system. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 1996; 15(3): 233-237.
21. Fahiminia M, Mosaferi M, Taadic RA, Pourakbar M. Evaluation of Point-of-Use Drinking Water Treatment Systems' Performance and Problems. Desalination and Water Treatment 2014; 52(10-12): 1855-1864.
22. Deghani M, Doleh M, Hashemi H, Shamsaddini N. The Quality of Raw and Treated Water of Desalination Plants by Reverse Osmosis in Qeshm. Journal of Health & Development 2013; 2(1): 33-43 (Persian).
23. Rompré A, Servais P, Baudart J, de-Roubin MR, Laurent P.Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. J Microbiol Methods 2002; 49(1): 31-54.
24. Miranzadeh M, Rabbani D. Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Kashan during 2008. Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences 2010; 14(2): 120-125.
25. Synder JW, Mains CN, Anderson RE, Bissonnette GK. Effect of point-of-use, activated carbon filters on the bacteriological quality of rural groundwater supplies. Appl Environ Microbiol 1995; 61(12): 4291-4295.
26. Habimana O, Semião A, Casey E. The role of cell-surface interactions in bacterial initial adhesion and consequent biofilm formation on nanofiltration/reverse osmosis membranes. J Membrane Sci 2014; 454: 82-96.
27. Zazouli MA, Nasseri S, Ulbricht M. Fouling effects of humic and alginic acids in nanofiltration and influence of solution composition. Desalination 2010; 250(2): 688-692.
28. Zazouli MA, Ulbricht M, Nasseri S, Susanto H. Effect of hydrophilic and hydrophobic organic matter on amoxicillin and cephalexin residuals rejection from water by nanofiltration. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering 2010; 7(1): 15-24.
29. Su F, Luo M, Zhang F, Li P, Lou K, Xing X. Performance of microbiological control by a point-of-use filter system for drinking water purification. J Environ Sci (China) 2009; 21(9): 1237-1246.
30. Wallis C, Stagg CH, Melnick JL. The Hazards of Incorporating Charcoal Filters into Domestic Water Systems. Water Research 1974; 8(2): 111-113.
31. Robertson W, Brooks T, Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, et al. The Role of HPC in Managing the Treatment and Distribution of Drinking Water. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety Londres: WHO IWA Publishing; 2003. p. 137-145.
32. Reasoner DJ, Blannon JC, Geldreich EE. Microbiological Characteristics of Third-Faucet Point-of-Use Devices. American Water Works Association 1987; 79(10): 60-66.

Archive of SID

www.SID.ir