Health and Development Journal **Original Article**

Vol. 9, No. 3, Autumn 2020 **Received: 17.10.2019** **Accepted: 14.02.2020**

Microbial Contamination and the Effect of Some Physicochemical Parameters on the Presence of Microbial Contaminants in Drinking Water in Kuhdasht, Iran

Eisa Solgi[1], Hamid Abbasi Tabar[2], Azar Shiravand[3]

Abstract

Background: Microbial contamination in water is often related to human feces. This research was conducted to investigate the microbial contamination of drinking water and some parameters affecting this contamination in the city of Kuhdasht.

Methods: In this cross-sectional study, a total of 132 water samples were collected. The presence of total and fecal coliforms was evaluated by the Enzymatic Assay method. Heterotrophic plate count (HPC), residual chlorine, turbidity, pH, and temperature were also measured according to standard methods. The Correlation between parameters was evaluated by the Spearman test using SPSS-20 software.

Results: The results showed that total coliform was present in 6.8% and fecal coliform in 6% of the samples. The mean HPC, chlorine, turbidity, and pH were respectively 31.71 CFU/ml, 0.38 mg/l, 0.58 NTU, and 7.52. Correlation coefficients between T.Coli, E.Coli, and HPC with residual chlorine were -0.235, -0.175, and -0.142 and with turbidity were -0.010, 0.005 and 0.013, respectively. Turbidity, pH, and HPC were desirable in 100% of the samples, but residual chlorine was undesirable in 33%.

Conclusion: The results show, the effect of residual chlorine and turbidity on the presence of microbial contaminants in drinking water. In areas with higher chlorine, less microbial contamination was observed, and conversely, in areas with higher turbidity, less residual chlorine was observed, resulting in more microbial contamination. Therefore, control of residual chlorine level and turbidity in drinking water is very important.

Keywords: Drinking water, Fecal coliform, Total coliform, Enzymatic assay

Citation: Solgi E, Abbasi Tabar H, Shiravand A. Microbial contamination and the effect of some physicochemical parameters on the presence of microbial contaminants in drinking water in Kuhdasht, Iran. Health and Development Journal 2020; 9(3): 233-243. [In Persian]

10.22062/JHAD.2020.91530

© 2020 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
2- MSc, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
3- BSc, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran
Corresponding Author: Eisa Solgi **Email:** e.solgi@yahoo.com
Address: 4th km of Malayer-Arak Road, Malayer, Hamedan, Iran
Tel: 08133339841 **Fax:** 08133339844

مجله بهداشت و توسعه **مقاله پژوهشی**
سال نهم/شماره ۳/ پاییز ۱۳۹۹
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۲۵

بررسی آلودگی میکروبی آب آشامیدنی شهرستان کوهدشت و تأثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر حضور آلاینده‌های میکروبی

عیسی سلگی[۱]، حمید عباسی تبار[۲]، آذر شیراوند[۳]

چکیده

مقدمه: آلودگی میکروبی در آب اغلب با فضولات انسانی در ارتباط است. این تحقیق با هدف تعیین آلودگی میکروبی و برخی پارامترهای مؤثر بر این آلودگی در آب شرب شهرستان کوهدشت انجام شد.

روش‌ها: در این تحقیق مقطعی جمعاً ۱۳۲ نمونه آب جمع‌آوری شد. حضور کلیفرم کل مدفوعی با روش سنجش آنزیمی بررسی شد. شمارش باکتری‌های هتروتروفیک، کلر آزاد باقی‌مانده، کدورت، pH و دما نیز بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. وجود ارتباط و همبستگی بین پارامترها با آزمون اسپیرمن توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ بررسی شد.

نتایج: نتایج نشان داد کلیفرم کل در ۶/۸٪ و کلیفرم مدفوعی در ۶٪ نمونه‌ها وجود داشت. میانگین HPC ۳۱/۷۱ CFU/ml، کلر باقی‌مانده ۰/۳۸ mg/l، کدورت NTU ۰/۵۸ و pH نیز ۷/۵۲ به دست آمد. ضریب همبستگی بین T.Coli، E.Coli و HPC با کلر باقی‌مانده به‌ترتیب ۰/۲۳۵-، ۰/۱۷۵- و ۰/۱۴۲- و با کدورت ۰/۰۱۰-، ۰/۰۰۵ و ۰/۰۱۳ بود. کدورت، pH و HPC در ۱۰۰٪ نمونه‌ها مطلوب و کلر باقی‌مانده در ۳۳٪ نامطلوب بود.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه نتایج می‌توان به تأثیر میزان کلر باقی‌مانده و کدورت بر حضور آلاینده‌های میکروبی در آب شرب پی برد. در مناطقی که کلر بیشتری وجود داشت آلودگی میکروبی کمتری مشاهده و بر عکس در مناطقی که کدورت بیشتر بود کلر باقی‌مانده کمتر و در نتیجه آلودگی میکروبی بیشتری مشاهده شد؛ لذا کنترل سطح کلر باقی‌مانده و کدورت در آب شرب از اهمیت زیادی برخوردار است.

واژگان کلیدی: آب آشامیدنی، کلیفرم‌مدفوعی، کلیفرم‌کل، سنجش آنزیمی

مقدمه

کمبود منابع آب زندگی انسان، گیاهان و جانوران در بسیاری از کشورها را مورد تهدید قرار داده و به عنوان یکی از موانع مهم توسعه اقتصادی و کشاورزی محسوب می‌شود. توسعه شهرنشینی، صنعت، کشاورزی، ازدیاد جمعیت، ورود آلودگی‌ها به منابع آب‌های زیرزمینی، فرسودگی شبکه‌های آب‌رسانی و عدم رعایت حریم بهداشتی منابع آب، آلوده شدن منابع آب را با خطر جدی مواجهه ساخته است (۱). کیفیت آب از جمله مسائلی است که با سلامت و بهداشت عمومی جامعه در ارتباط است. امروزه با افزایش جمعیت، کاهش سرانه ذخیره منابع آبی و افزایش آلودگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب، بحران آب به عنوان یکی از معضلات بزرگ جهانی مطرح شده است (۲). با وجود این که طی سالیان اخیر در حدود ۲/۶ میلیارد نفر از جمعیت کره زمین به منابع آب پاک و تصفیه شده دسترسی دارند و از آن بهره می‌برند؛ اما شواهد جدید نشان می‌دهد که بسیاری از این منابع تصفیه شده نمی‌توانند آب آشامیدنی سالم و مطمئن را در اختیار انسان قرار دهد (۳). به طور کلی آب آشامیدنی سالم نمی‌بایست دارای خطر عفونی باشد. طبق رهنمود WHO (Health Organization World) و استاندارد ایران، آبی که

۱- دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۲-کارشناس ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
۳- کارشناس، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
نویسنده مسئول: عیسی سلگی
Email: e.solgi@yahoo.com
آدرس: کیلومتر ۴ جاده ملایر – اراک، دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط
تلفن: ۰۸۱۳۳۳۳۹۸۴۱ **فاکس:** ۰۸۱۳۳۳۳۹۸۴۴

تصفیه و ضدعفونی شده است نبایستی دارای کلیفرم مدفوعی باشد (MPN=۰). همچنین مجموع کلیفرم‌ها نیز در ۹۵٪ نمونه‌های مورد آزمایش در طول سال باید منفی باشند، در غیر این صورت مصرف این آب را برای آشامیدن آلوده و نامطلوب می‌دانند (۱).

حضور آلاینده‌های مختلف در آب آشامیدنی به تکنولوژی و ترکیبات مختلف مورد استفاده در فرآیند تولید آب آشامیدنی سالم وابسته است. در کشورهای توسعه یافته و صنعتی افزایش آلاینده‌های آب در طول فعالیت‌های انسانی اتفاق می‌افتد (۴). در واقع آلودگی میکروبی در آب اغلب با فضولات و مدفوع انسانی در ارتباط است (۵). آلاینده‌های ارگانیک می‌تواند از مسیرهای مختلفی مثل رسوبات اتمسفری و تخلیه فاضلاب وارد محیط آبی شوند (۶). فراوانی این آلاینده‌ها در آب بستگی به فاکتورهایی مثل سطح آلودگی، پایداری پاتوژن‌ها در آب، مخازن بیولوژیکی مثل گیاهان آبزی و رسوبات و توانایی پاتوژن‌ها برای منتقل شدن دارد (۵). افزایش و رشد پاتوژن‌ها در منابع آب آشامیدنی ممکن است اثرات مختلف بهداشتی را به همراه داشته باشد که باعث بروز بیماری‌های مختلف شود. این اثرات ممکن است مستقیم یا غیرمستقیم باشد. اثرات مستقیم شامل آزاد کردن مواد شیمیایی آنتروپوژنیک در منابع آب شیرین در نتیجه تخلیه فاضلاب شهری و صنعتی می‌باشد. از اثرات غیر مستقیم می‌توان به افزایش دما و در نتیجه بقاء و پایداری بیشتر پاتوژن‌ها در محیط آبی اشاره کرد (۷). از بین رفتن زیبایی آب، طعم و بوی نامطبوع، فرسایش زیستی لوله‌ها و تجهیزات انتقال آب و فرآیندهای نیتریفیکاسیون از نتایج حضور پاتوژن‌ها در آب است (۸). وبا، تیفوئید، اسهال باسیلی، هپاتیت عفونی، لپتوسپیروز، ژیاردیازیس و گاستروآنتریت از جمله بیماری‌هایی هستند که توسط ویروس‌ها، باکتری‌ها و پروتوزئرها ایجاد و به وسیله آب منتقل می‌گردند (۹). در برنامه‌های کیفیت آب، پایش کیفیت میکروبی و سنجش شاخص‌های مرتبط از اهمیت بسیاری برخوردار است، به همین علت سازمان جهانی بهداشت توصیه می‌نماید در تأمین آب آشامیدنی، کیفیت میکروبی در اولویت قرار گیرد (۱۰). ارزیابی جامع کیفیت میکروبی آب، مستلزم بررسی تمام پاتوژن‌هایی است که پتانسیل عفونت انسان را دارند. این پاتوژن‌ها می‌توانند به گروه‌های باکتری‌ها، پروتوزوا و ویروس‌ها تقسیم شوند (۱۱). آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های بین‌المللی تصریح کرده‌اند که حضور پاتوژن‌ها را می‌توان به وسیله ارگانیسم‌های شاخص مثل اشریشیاکلی مورد بررسی قرار داد (۱۲). حضور باکتری‌های شاخص در آب دلیل بر آلودگی آب می‌باشد و آلودگی مدفوعی نیز نشانه احتمال وجود عوامل بیماری‌زا و در نتیجه ایجاد خطرات بهداشتی می‌باشد (۱۳). آزمون شمارش بشقابی هتروتروفیک (HPC(Plate Count Heterotrophic نیز از دیگر روش‌های مورد تأیید سازمان جهانی بهداشت است که امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. شاخص استاندارد HPC به طور وسیع برای پایش میکروبی آب استفاده می‌شود. شمارش بشقابی هتروتروفیک می‌تواند شاخصی از باکتری‌های سریع رشد کننده مرتبط با پاتوژن و همچنین یک نشانه از باکتری‌های شاخص که به آرامی رشد می‌کنند، باشد (۹).

بررسی و آنالیز کیفیت آب امری مهم جهت مدیریت و کنترل بهداشت و ایمنی آب و رسیدن به پیشرفتی مناسب در اهداف جهانی مثل توسعه پایدار است (۳)؛ بنابراین پژوهش‌های مختلفی طی سال‌های اخیر هم در سطح جهان و هم ایران در این زمینه انجام شده است. در مطالعه‌ای که Ehrhardt و همکاران روی نمونه‌های آب آشامیدنی در آلمان انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که ۱۳/۵٪ از نمونه‌های آب دارای آلودگی به باکتری کلیفرم هستند (۱۴). Liu و همکاران به بررسی حضور باکتری‌ها در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی بدون کلر پرداختند. نتایج نشان داد که مقادیر قابل‌مشاهده از جوامع باکتریایی در سیستم‌های توزیع آب وجود نداشت و می‌توان با استفاده از روش‌ها و عملیات مناسب کیفیت آب را بالا برد (۴). در مطالعه‌ای رفیعی و همکاران به ارزیابی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای تحت پوشش استان البرز در بخش آسارای کرج طی یک دوره ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ پرداختند. نتایج نشان داد در طول ده سال مورد مطالعه، ۷۷/۵۱ درصد نمونه‌ها فاقد کلر باقی‌مانده بود. همچنین در طول این مدت و به طور میانگین ۵۸/۹۸ درصد نمونه‌ها سالم، ۲۷/۶۸ درصد نمونه‌ها آلوده به کلیفرم و ۱۷/۳۴ درصد نمونه‌ها آلوده به کلیفرم گرماپایی بود که بیشترین آلودگی به کل کلیفرم در سال ۱۳۹۱ برابر با ۳۵/۲۴ درصد و بیشترین آلودگی به کلیفرم گرماپایی در سال ۱۳۸۸

برابر ۲۳/۴ درصد بود (۲). در تحقیقی که حاتم‌زاده و همکاران به ارزیابی کیفیت میکروبی منابع آبی مختلف با استفاده از روش سنجش آنزیمی در مقایسه با روش متداول تخمیر چندلوله‌ای پرداختند. یافته‌ها ارتباط بالایی را بین اندازه‌گیری کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی از طریق هر دو روش نشان دادند. در پایان به این نتیجه رسیدند که با توجه به مزایای روش سنجش آنزیمی از قبیل سرعت، حساسیت و دقت به نسبت بالا و ردیابی هم‌زمان کلیفرم‌های کل و مدفوعی، می‌توان روش سنجش آنزیمی با استفاده از LMX Broth را به عنوان روش جایگزینی جهت روش تخمیر چندلوله‌ای به کار برد (۱۵).

شهرستان کوهدشت با جمعیتی بالغ بر ۲۲۵۰۰۰ نفر دارای سرانه مصرف آب به ازای هر نفر در شبانه‌روز حدود ۱۷۵ لیتر است (۱۶). آمار نشان می‌دهد که منبع اصلی تأمین آب شرب شهرستان کوهدشت از آب‌های زیرزمینی است. با عنایت به این که آب بستر مناسب جهت رشد باکتری‌های بیماری‌زا بوده و نقش مهمی در انتقال آن‌ها به انسان دارد؛ لذا بررسی و کنترل کیفیت منابع تأمین آب شرب شهرستان کوهدشت از نظر آلودگی میکروبی بسیار ضروری و امری اجتناب‌ناپذیر است.

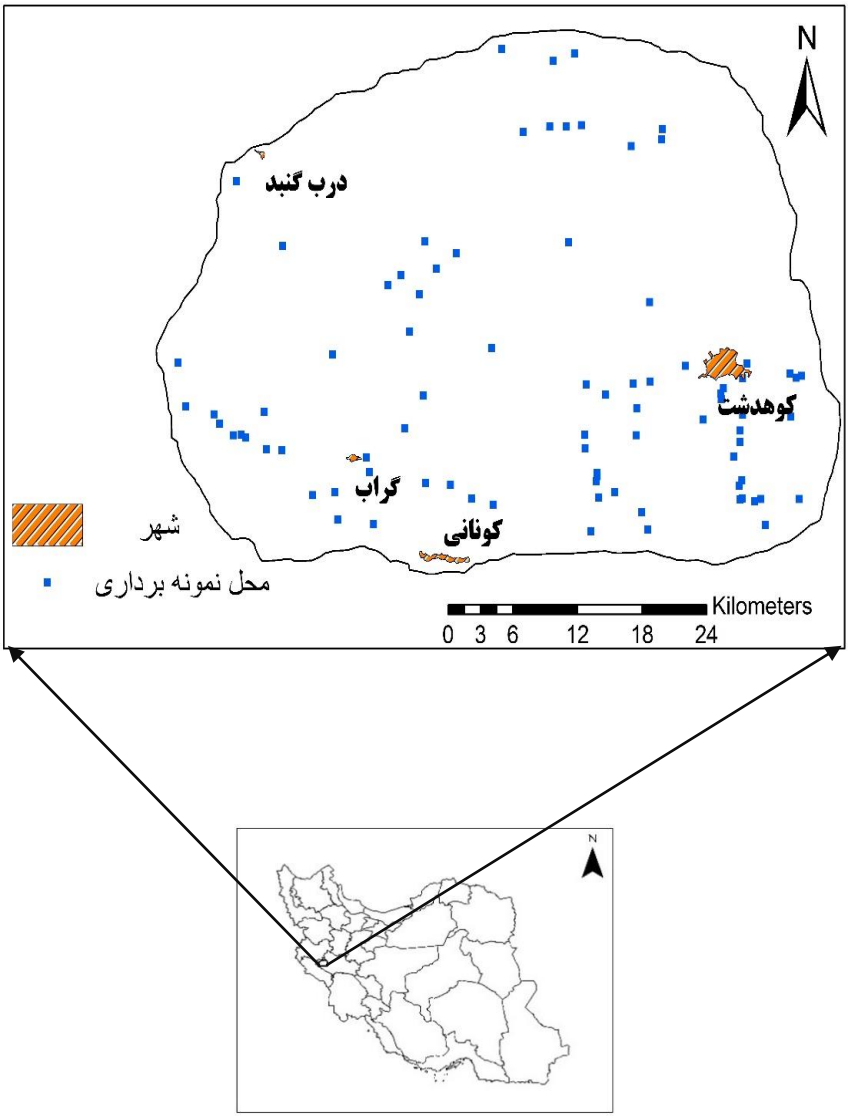
مواد و روش‌ها

شهرستان کوهدشت در قسمت غربی و جنوب غربی استان لرستان واقع شده است. جمعیت شهرستان کوهدشت ۲۲۵۰۰۰ نفر و مساحت آن ۳۹۸۴ کیلومتر مربع و تراکم نسبی ۵۳/۱۸ می‌باشد. سرانه مصرف آب به ازای هر نفر در شبانه‌روز در این شهرستان ۱۷۵ لیتر است. بر اساس آمار، شهرستان کوهدشت شامل ۲۸۵ روستا با جمعیت ۱۱۰۲۱۹ نفر می‌باشد که تعداد روستاهای برخوردار از امکانات آب‌رسانی، ۲۵۲ روستا با جمعیت ۹۲۷۵۰ نفر می‌باشد و تنها ۱۵۶ روستا با جمعیت ۶۸۱۸۹ نفر تحت پوشش شرکت آبفا شهری و روستایی می‌باشند و ۱۲۹ روستا به‌طورکلی تحت پوشش نمی‌باشند (۱۶).

در این تحقیق روش بررسی به صورت مقطعی بود و با مراجعه به سازمان آب و فاضلاب شهرستان کوهدشت اطلاعات مورد نیاز چاه‌های آب قابل شرب کوهدشت به دست آمد. بررسی‌ها نشان داد که تعداد ۱۱۴ حلقه چاه و ۱۸ چشمه در روستاها و اطراف شهر وجود دارد. در تابستان (شهریورماه) سال ۱۳۹۲ از هر منبع یک نمونه و جمعاً ۱۳۲ نمونه را در ظروف شیشه‌ای با ظرفیت ۲۵۰ سی‌سی جمع‌آوری و به آزمایشگاه ارسال گردید (شکل ۱). آزمایش‌های میکروبی HPC، کلیفرم کل و کلیفرم‌مدفوعی طبق روش استاندارد انجام شد. جهت آزمایش HPC، محیط کشت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده شد و سپس کلنی‌های تشکیل شده بر سطح آگار با استفاده از دستگاه کلنی کانتر شمارش شد و به صورت واحد کلنی در میلی‌لیتر گزارش شدند.

برای سنجش باکتری‌های کلیفرم‌کل و مدفوعی نیز از روش سنجش آنزیمی استفاده شد. این روش بدین صورت بود که بعد از انتقال به آزمایشگاه، نمونه‌ها در محیط کشت لاکتوز Lmx Broth، کشت داده شدند. این محیط کشت به رنگ زرد و به شکل دانه‌های گرانولی باشد. ۱۷/۵ گرم از محیط کشت لاکتوز Lmx Broth در یک لیتر آب مقطر حل و سپس به وسیله پیپت به هر کدام ۵ سی‌سی از محیط کشت اضافه شد. محیط کشت در اتوکلاو و در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد، فشار ۱۵ بار و زمان ۱۵ دقیقه قرار داده شد تا استریل گردد و بعد به وسیله پیپت ۵ سی‌سی از نمونه به محیط کشت اضافه و بعد نمونه در انکوباتور در دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸-۲۴ ساعت گذاشته شد. اگر بعد از ۴۸ ساعت رنگ نمونه آبی می‌شد، نشانه مثبت بودن آزمایش احتمالی (کلیفرم) بود. سپس لوله‌های مثبت را برداشته و به آن‌ها چند قطره معرف کواکس اضافه شد. اگر حلقه قرمز روی نمونه ایجاد می‌شد نشانه مثبت بودن آزمایش مدفوعی بود و نمونه‌ها حاوی کلیفرم مدفوعی بودند. از آنجا که کلر آزاد باقی‌مانده در نمونه‌های آب در وجود یا عدم وجود آلودگی میکروبی تأثیر دارد، به همین دلیل پارامترهای اثرگذار بر فعالیت کلر جهت گندزدایی از جمله کدورت، pH و دما نیز بر اساس روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب اندازه‌گیری شدند (۱۷).

آنالیزهای آمار در محیط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ و Excel نسخه ۲۰۱۶ صورت گرفت. به کمک آزمون اسپیرمن وجود همبستگی و ارتباط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی نمونه‌های آب و تأثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر آلودگی میکروبی بررسی شد. برای مدل‌سازی و تهیه نقشه پراکندگی نیز از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و روش (Inverse Distance Weighting) IDW استفاده شد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز آماری پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی نمونه‌های آب شرب شهرستان کوهدشت و مقایسه آن‌ها با استانداردهای ملی و جهانی در جدول ۱ آورده شد. با توجه به این نتایج حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار کلر به‌ترتیب ۰، ۱، ۰/۳۸ و ۰/۴۷ میلی‌گرم بر لیتر و pH ۷/۱، ۸/۲، ۷/۵۳، ۰/۲۱۱ و کدورت ۰/۲۲، ۱/۶۷، ۰/۵۷ و ۰/۱۹۹ NTU (Unit Nephelometric Turbidity) بود.

جدول ۱. آنالیز آماری پارامترهای مورد بررسی آب شرب شهرستان کوهدشت در سال ۱۳۹۲ و مقایسه با استانداردها

ردیف	پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	استاندارد ملی	استاندارد EPA	درصد مطلوب	درصد نامطلوب
۱	کلر باقی‌مانده (mg/l)	۰	۱	۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۸	*	٪۶۷	٪۳۳
۲	کدورت (NTU)	۰/۲۲	۱/۶۷	۰/۵۷	۰/۱۹	۵	۵	٪۱۰۰	۰
۳	pH	۷/۱	۸/۲	۷/۵۳	۰/۲۱۱	۹	۸/۵	٪۱۰۰	۰
۴	دما (درجه سلسیوس)	۰	۲۷	۲۱/۶	۳/۵۶	*	*	*	*
۵	HPC (CFU/ml)	۰	۱۰۵	۳۱/۷۱	۳۳/۷۶	۵۰۰	۵۰۰	٪۱۰۰	۰

در جدول ۲ نیز نتایج حاصل از آنالیز میکروبی نمونه‌های آب شرب شهرستان کوهدشت و مقایسه آن با استاندار ملی و جهانی آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهند که کل کلیفرم در ۹۳ درصد نمونه‌های آب وجود نداشت و در ۷ درصد نمونه‌ها (۹ عدد) وجود داشت. از این تعداد تنها یک مورد کلیفرم مدفوعی را نشان نداد و در بقیه نمونه‌ها مثبت بود. نتایج حاصل از شمارش باکتری‌های هتروتروف (HPC) نیز نشان داد که در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها مطلوب و پایین‌تر از حد استاندارد بود. در مورد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کلر باقی‌مانده در ۶۷٪، و کدورت و pH در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها مطلوب بود.

نتایج آزمون اسپیرمن نشان داد که بین حضور کلر باقی‌مانده در آب و کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی همبستگی معنی‌دار معکوس وجود دارد (جدول ۳). همچنین بین کلر باقی‌مانده و کدورت نیز همبستگی معنی‌دار معکوس وجود داشت. pH و دما نیز همبستگی معنی‌دار نشان دادند. بین کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی نیز همبستگی معنی‌دار مثبت وجود داشت. شکل ۲ نقشه پراکنش مکانی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و آلاینده‌های میکروبی شهرستان کوهدشت را در سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد. نتایج آنالیز همبستگی و نقشه‌های توزیع مکانی نشان داد که میزان کلر باقی‌مانده و کدورت تأثیر مستقیم بر حضور آلاینده‌های میکروبی در آب شرب دارد. در مناطقی که کلر بیشتری موجود بود آلودگی میکروبی کمتری مشاهده شد و بر عکس در مناطقی با کدورت بیشتر، کلر باقی‌مانده کمتر و در نتیجه آلودگی میکروبی بیشتری مشاهده شد.

جدول ۲. نتایج آنالیز میکروبی نمونه‌های آب شرب شهرستان کوهدشت در سال ۱۳۹۲

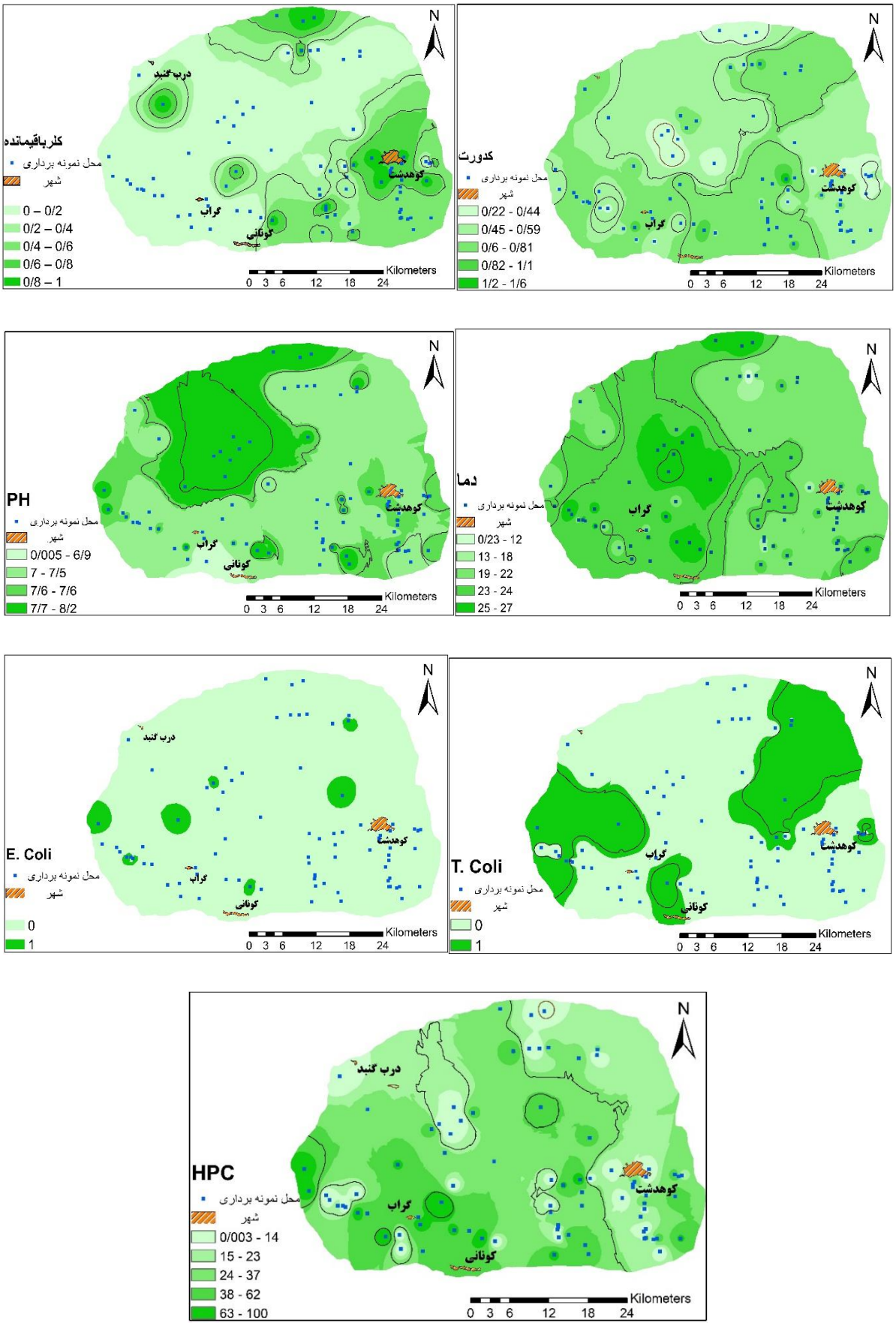
ردیف	آلاینده	مطلوب (درصد)	نامطلوب (درصد)	استاندارد ملی	EPA
۱	T.Coli	۹۳/۲	۶/۸	۰	۰
۲	E.Coli	۹۴	۶	۰	۰
۳	HPC	۱۰۰	۰	۵۰۰	۵۰۰

جدول ۳. نتایج حاصل از آزمون همبستگی اسپیرمن پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی نمونه‌های آب شرب شهرستان کوهدشت

	کلر آزاد	کدورت	pH	دما	T.Coli	E.Coli	HPC
کلر آزاد	۱						
کدورت	-۰/۲۰۳*	۱					
معنی‌داری	۰/۰۱۹						
pH	-۰/۰۸۳	-۰/۱۰۲	۱				
معنی‌داری	۰/۳۴	۰/۲۴					
دما	-۰/۱۵۲	۰/۱۵۷	۰/۳۲۹**	۱			
معنی‌داری	۰/۰۸	۰/۰۷	<۰/۰۰۱				
T.Coli	-۰/۲۳۵**	-۰/۰۱۰	۰/۰۵۵	-۰/۰۶۴	۱		
معنی‌داری	۰/۰۰۷	۰/۹۱	۰/۵	۰/۴			
E.Coli	-۰/۱۷۵*	۰/۰۰۵	۰/۰۴۶	-۰/۰۷۶	۰/۶۳۶**	۱	
معنی‌داری	۰/۰۴	۰/۹۵	۰/۶	۰/۳	<۰/۰۰۱		
HPC	-۰/۱۴۲	۰/۰۱۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۹	۰/۱۶۶	/۰۰۶	۱
معنی‌داری	۰/۱	۰/۸۸	۰/۶۴	۰/۶	۰/۰۵	۰/۹	

* ارتباط در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است

** ارتباط در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.



شکل ۲. مدل پراکندگی مکانی پارامترهای فیزیکو شیمیایی و آلاینده‌های میکروبی آب شرب کوهدشت در سال ۱۳۹۲

بحث

نتایج حاصل از آنالیزهای آماری متغیرهای مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین کلر باقی‌مانده در نمونه‌های آب برابر ۰/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر بود که کمتر از حد مجاز و در محدوده نرمال بود. طبق مطالعات انجام شده و دستورالعمل‌های سازمان بهداشت جهانی، کلر باقی‌مانده در محل مصرف آب از شبکه آب‌رسانی باید بین ۰/۲ تا ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر پس از زمان تماس ۰/۵ ساعت در کدورت کمتر از NTU ۱ باشد (۱۸). نتایج آنالیز شیمیایی نشان داد که در ۵۵/۴ درصد از نمونه‌ها میزان کلر باقی‌مانده برابر صفر، ۹/۸ درصد کلر باقی‌مانده بین ۰/۲ تا ۰/۸ و ۳۴/۸ درصد از نمونه‌ها بیش از ۰/۸ میلی‌گرم بر لیتر بود. در تحقیقی که مجدی و همکاران روی کیفیت میکروبی و برخی پارامترهای فیزیکو شیمیایی آب آشامیدنی روستاهای شهرستان تکاب انجام دادند به این نتیجه رسیدند که در ۶۶/۷ درصد کلر آزاد باقی‌مانده آب در حد استاندارد و ۳۳/۳ درصد بالاتر یا پایین‌تر از حد استاندارد قرار داشتند (۱۹).

در این مطالعه میانگین کدورت در نمونه‌های آب منطقه برابر با ۰/۷۴NTU بود که از حدود مجاز پایین‌تر بود و در محدوده مطلوب قرار داشت. نتایج نشان داد که ۱۰۰ درصد از نمونه‌ها دارای کدورت کمتر از NTU ۱ یا حد مطلوب بود. کدورت در واقع یکی از عوامل مصرف کننده کلر و کاهش کارایی آن در انهدام آلاینده‌های میکروبی از طریق ایجاد لایه محافظ در اطراف میکروارگانیسم‌ها محسوب می‌شود (۱۹). میانگین pH نمونه‌های آب برابر با ۷/۵ بود. نتایج نشان داد که همه نمونه‌ها دارای pH در محدوده استاندارد بودند. اهمیت pH بیشتر در کلرزنی آب می‌باشد. در pH بالای ۸/۳ میزان کلر باقی‌مانده بیشتری جهت گندزدایی لازم است. آنالیز دمایی نیز نشان داد که نمونه‌های آب که دارای آلودگی میکروبی بودند در محدوده بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس بودند. نتایج پژوهشی که عطافر و همکاران روی روند تغییرات کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای کرمانشاه انجام داده بودند به این نتیجه رسید که آلودگی میکروبی آب آشامیدنی روستاها در فصل گرم (تابستان) بیشتر از فصل سرد (زمستان) است (۲۰).

شمارش باکتری‌های هتروتروف (HPC) نشان داد که در حدود ۵۴/۵ درصد از نمونه‌ها این باکتری‌ها حضور داشتند که در ۱۰۰ درصد نمونه‌ها این شاخص پایین‌تر از حد استاندارد بود. در مطالعه‌ای که شبانکاره و همکاران بر روی کیفیت میکروبی شبکه توزیع آب آشامیدنی در بوشهر انجام دادند، نتایج نشان داد HPC نمونه‌ها در مقایسه با استاندارد ملی و EPA پایین‌تر از حداکثر مجاز و قابل‌قبول بود که با نتایج این تحقیق همسویی دارد (۹).

در نمونه‌هایی که میزان کلر باقی‌مانده صفر و کدورت زیر NTU ۱ بود، ۵۷/۴ درصد از نمونه‌ها HPC و ۶/۱۱ درصد کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی را نشان دادند. در نمونه‌هایی که مقدار کلر باقی‌مانده در محدوده نرمال (۰/۲ تا ۰/۸) قرار داشت، هیچ‌گونه آلودگی به کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی مشاهده نشد. نتایج حاصل از آزمون اسپیرمن نیز نشان دهنده وجود ارتباط معنی‌دار معکوس بین کلر و کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی بود. بین کلر و کدورت نیز ارتباط معنی‌دار معکوس وجود داشت (جدول ۳).

این نتایج نشان دهنده اهمیت میزان غلظت کلر در آب آشامیدنی و تأثیر آن بر حضور آلاینده‌های میکروبی است. در این تحقیق مشاهده شد در نمونه‌هایی که غلظت کلر باقی‌مانده در محدوده استاندارد (۰/۲ –۰/۸) قرار داشت، آلودگی میکروبی مشاهده نشد یا بسیار ناچیز بود. آلودگی میکروبی در نمونه‌هایی مشاهده شد که میزان کلر باقی‌مانده صفر بود؛ لذا باید غلظت کلر باقی‌مانده در آب آشامیدنی منطقه مورد مطالعه به صورت پیوسته و منظم کنترل شود تا در محدوده استاندارد قرار داشته باشد.

نتایج پژوهش رفیعی و همکاران روی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی روستاهای تحت پوشش استان البرز نشان داد در طول ده سال مورد مطالعه به طور میانگین ۵۴/۹۸ درصد نمونه‌ها سالم، ۲۷/۶۸ درصد نمونه‌ها آلوده به کلیفرم و ۱۷/۳۴ درصد نمونه‌ها آلوده به کلیفرم گرماپای بود که بیشترین آلودگی به کلیفرم در سال ۱۳۹۱ برابر با ۳۵/۲۴ درصد و بیشترین آلودگی به کلیفرم گرماپای در سال ۱۳۸۸

برابر ۲۳/۴ درصد بود (۲). در پژوهشی که هاشمی کروئی و همکاران جهت تعیین آلودگی کلیفرم مدفوعی منابع آب برخی روستاهای شهرستان ساری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که به ترتیب ۸۷ و ۷۰ درصد نمونه‌ها دارای کلیفرم کل و مدفوعی بودند. نمونه‌های آب ۱۶ چاه از نظر میکروبی غیر قابل شرب بود. به علاوه تنها آب سه چاه از نظر میکروبی قابل شرب برای مصارف انسانی بودند (۲۱). نتایج پژوهش Nabeela و همکاران جهت بررسی آلودگی میکروبی آب آشامیدنی در پاکستان نشان داد که بیش از ۵۸ درصد نمونه‌ها آلوده به کلیفرم کل و مدفوعی بودند (۲۲). در پژوهش Allevi و همکاران در آمریکا در ۵۳۸ نمونه جمع‌آوری شده آب آشامیدنی ۴۱ درصد کلیفرم کل و ۱۰ درصد کلیفرم مدفوعی را نشان داد (۲۳).

از نظر نوع منبع تأمین آب شرب و آلودگی میکروبی نیز نتایج نشان داد که در ۱۱۵ نمونه آب چاه، ۸ نمونه (۶/۹ درصد) کل کلیفرم، ۱۵ نمونه (۱۳/۰۴ درصد) کلیفرم مدفوعی و در ۶۳ نمونه (۵۴/۷ درصد) HPC مشاهده شد. در ۱۸ نمونه آب چشمه در ۹ نمونه (۵۰ درصد) HPC و تنها در یک مورد کلیفرم مدفوعی و کل کلیفرم مشاهده شد. نتایج تحقیق میرسلیمانی و همکاران نشان داد که میزان آلودگی در چشمه‌ها بیشتر بوده و آلودگی میکروبی در چشمه‌ها در تیرماه بیشتر از اسفندماه بود. نتایج همچنین بیانگر این بود که میانگین کلیفرم در آب چشمه‌ها در مقایسه با استانداردهای جهانی از حد استاندارد تعیین شده بیشتر بوده و آب برخی از این چشمه‌ها کیفیت بهداشتی مناسبی نداشتند و دلیل آن را آلوده شدن آب این چشمه‌ها با انواع فاضلاب حیوانی و انسانی ناشی از سکونت عشایر و کشاورزان اطراف چشمه‌ها دانستند (۲۴).

از دلایل آلودگی میکروبی آب شرب می‌توان به عدم فنس‌کشی مناسب اطراف منابع آب، رشد گیاهان و علف‌های هرز در اطراف منبع آب، شکستگی خطوط لوله و اتصالات در مسیر انتقال آب، تردد و نگهداری دام و حیوانات وحشی، عدم دفن کلیه لوله‌های انتقال آب در زیرخاک، عدم بهسازی و حفاظت از دهانه چشمه‌ها با سنگ و مصالح مقاوم، نشت آب‌های زهکشی کشاورزی، استفاده از کانال‌های روباز جهت انتقال آب چشمه، عدم نصب لوله جدار چاه، عدم رعایت فاصله مناسب چاه با محل تخلیه زباله و فاضلاب اشاره کرد (۲). در مطالعه‌ای که Admassu و همکاران در اتیوپی انجام دادند، نشان دادند که آلودگی میکروبی در چاه‌ها و چشمه‌های تأمین آب شرب محافظت شده به مراتب کمتر از محافظت نشده‌ها است (۲۵).

در این مطالعه در مناطقی که کلر باقی‌مانده بیشتری وجود داشت آلاینده‌های میکروبی یا وجود نداشت یا بسیار ناچیز بود که نشان دهنده تأثیر کلر باقی‌مانده استاندارد بر حضور یا عدم حضور پاتوژن‌ها است. همچنین با توجه به نقشه کدورت نشان داده شد در مناطقی که کدورت بیشتر است کلر باقی‌مانده در کمترین مقادیر وجود دارد و به همین ترتیب حضور آلاینده‌های میکروبی نیز افزایش یافته است. نقشه pH نیز نتایج مشابهی با کلر باقی‌مانده نشان داد. با افزایش pH حضور آلاینده‌ها کمتر شده است. همچنین با توجه به نقشه دما، با افزایش درجه حرارت حضور آلاینده‌های میکروبی نیز بیشتر شده است. در پژوهشی که خدادادی و همکاران جهت مدل‌سازی توزیع مکانی آلاینده‌های میکروبی شبکه آب شهر سمنان انجام دادند به نتایج مشابهی رسیدند. آن‌ها با انطباق پهنه‌بندی‌های رنگی به دست آمده در محیط Arc View بر روی یکدیگر ارتباط معنی‌داری بین کدورت، کلر باقی‌مانده و باکتری‌های هتروتروف مشاهده کردند (۲۶).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه مقدار کلر باقی‌مانده در نمونه‌های آب در وضعیت خوبی قرار نداشت و باعث حضور آلاینده‌های میکروبی در آب شرب منطقه مورد مطالعه شد. آلودگی میکروبی در نمونه‌هایی مشاهده شد که میزان کلر باقی‌مانده آن‌ها صفر بود. کدورت و pH در حد استاندارد بود. ارتباط معنی‌دار بین کلر باقی‌مانده و حضور آلاینده‌های میکروبی وجود داشت. نقشه‌های مدل‌سازی توزیع مکانی پارامترهای مورد مطالعه و انطباق آن‌ها با هم نشان دهنده وجود ارتباط بین میزان کلر باقی‌مانده و کدورت و حضور یا عدم حضور آلاینده‌های میکروبی بود. با توجه به این که آلاینده‌های

میکروبی می‌توانند تأثیرات منفی و غیرقابل جبرانی را بر سلامت عمومی داشته باشند و از آنجایی که میزان غلظت کلر باقی‌مانده در اکثر نمونه‌های آب شرب منطقه مورد مطالعه کمتر از استاندارد و در حد صفر بود؛ لذا ضروری است که اقدامات اساسی در جهت کنترل سطح کلر باقی‌مانده و دیگر پارامترهای مهم مثل کدورت در آب شرب شهرستان کوهدشت صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از سازمان آب و فاضلاب شهرستان کوهدشت سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که تضاد منافعی در این تحقیق وجود ندارد.

References

1. Noorozi R, Zafarzadeh A, Youlizadeh T. Survey on microbial quality of drinking water in city maravehtapeh villages and comparison with national and WHO standards. Journal of Environmental Health Engineering. 2013; 1(1):20-9. [In Persian] doi: 10.18869/acadpub.jehe.1.1.20

2. Rafiee M, Eskandari A, Begloo M. Evaluation of microbial quality of drinking water in villages covered by Alborz province (a case study of Asareh branch of Karaj). Rahavard Salamat Journal. 2018; 3(3): 27-35. [In Persian]

3. Taylor DDJ, Khush R, Peletz R, Kumpel E. Efficacy of microbial sampling recommendations and practices in sub-Saharan Africa. Water Res. 2018;134:115-25. doi:10.1016/j.watres.2018.01.054

4. Liu G, Zhang Y, Knibbe WJ, Feng C, Liu W, Medema G, van der Meer W. Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution: A review. Water Res. 2017;116:135-48. doi: 10.1016/j.watres.2017.03.031.

5. Jung AV, Le Cann P, Roig B, Thomas O, Baurès E, Thomas MF. Microbial contamination detection in water resources: interest of current optical methods, trends and needs in the context of climate change. Int J Environ Res Public Health. 2014; 11(4):4292-310. doi: 10.3390/ijerph110404292.

6. Brunner AM, Vughs D, Siegers W, Bertelkamp C, Hofman-Caris R, Kolkman A, et al. Monitoring transformation product formation in the drinking water treatments rapid sand filtration and ozonation. Chemosphere. 2019;214:801-11. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.09.140.

7. Hartmann J, van der Aa M, Wuijts S, de Roda Husman AM, van der Hoek JP. Risk governance of potential emerging risks to drinking water quality: Analysing current practices. Environmental Science & Policy. 2018;84:97-104. doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.015

8. Sousi M, Liu G, Salinas-Rodriguez SG, Knezev A, Blankert B, Schippers JC, et al. Further developing the bacterial growth potential method for ultra-pure drinking water produced by remineralization of reverse osmosis permeate. Water Research. 2018;145:687-96. doi.org/10.1016/j.watres.2018.09.002

9. Shabankareh E, Haati R, Dobaradaran S. Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinkingwater in Bushehr, Iran. Iranian South Medical Journal. 2015; 17(6): 1223-35. [In Persian]

10. Babai A, Ghafarizadeh F, Nourmoradi H. Investigating the microbial quality of water treatment centers in the city of Abadan. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2014; 22(4): 132-40. [In Persian]

11. Mokhtari SA, Fazlzadeh M, Dorraji B. Survey of bacteriological quality of the drinking water in rural areas of Ardabil city. Journal of Health. 2011;2(1): 66-73. [In Persian]

12. Sorensen JP, Vivanco A, Ascott MJ, Gooddy DC, Lapworth DJ, Read DS, et al. Online fluorescence spectroscopy for the real-time evaluation of the microbial quality of drinking water. Water Research. 2018;137:301-9. doi.org/10.1016/j.watres.2018.03.001

13. Mostafai GR, DavarkhahRabani D, Iranshahi L. Microbial quality of drinking water in Kashan city. Feyz. 2001; 7(1): 13–9. [In Persian]

14. Ehrhardt J, Alabi AS, Kremsner PG, Rabsch W, Becker K, Foguim FT, et al. Bacterial contamination of water samples in Gabon, 2013. J Microbiol Immunol Infect. 2017;50(5):718-22. doi: 10.1016/j.jmii.2016.03.009.

15. Hatamzadeh M, Nabavi BF, Nikaien M, Hassanzadeh A. Comparison of microbial quality assessment of water sources using multiple tube fermentation technique and enzymatic assay. Health System Research. 2016; 12(1): 84-9. [In Persian]

16. Lorestan Water and Sewerage Company. Water and sewage affairs of Kuhdasht city. [cited 2013 Oct 26], Available from: https://abfalorestan.ir/.

17. Eaton AD, Franson MA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.

18. World Health Organization & International Programme on Chemical Safety. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 2, Health criteria and other supporting information. [cited 2018

Sep 20]. Available from: https://apps.who.int /iris/handle/10665/38551

19. Majdi H, Gheibi L, Soltani T. Evaluation of physicochemical and microbial quality of drinking water of villages in takab town in West Azerbaijan in 2013. J Rafsanjan Univ Med Sci. 2015; 14(8): 631-42. [In Persian]

20. Atafar Z, Almasi A, Sarkhosh M, Dargahi A. Microbiological quality trend of drinking water in rural areas of Kermanshah during 2004-2013. Jornal of Environmental Health Engineering. 2015; 3(1): 10–9. [In Persian] doi: 10.18869/acadpub.jehe.3.1.10

21. Hashemi Karouei SM, Eslamifar M, Zazouli M A. Determination of fecal coliform contamination of water supplies in some rural areas of Sari, Iran with most probable number test. J Mazandaran Univ Med Sci. 2013; 23(104):89-95. [In Persian]

22. Nabeela F, Azizullah A, Bibi R, Uzma S, Murad W, Shakir SK, et al. Microbial contamination of drinking water in Pakistan-a review. Environ Sci Pollut Res Int. 2014;21(24):13929-42. doi: 10.1007/s11356-014-3348-z.

23. Allevi RP, Krometis LA, Hagedorn C, Benham B, Lawrence AH, Ling EJ, et al. Quantitative analysis of microbial contamination in private drinking water supply systems. J Water Health. 2013;11(2):244-55. doi: 10.2166/wh.2013.152.

24. Mirsoleimani M, Keihanpanah M, Mircholi F. Evaluation of microbial pollution of drinking water in North-West Eghlid. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2015; 22(3): 516-22. [In Persian]

25. Admassu A, Wubshet Terefe M, Gelaw B. A survey of bacteriological quality of drinking water in North Gondar. The Ethiopian Journal of Health Development. 2004;18(2). doi: 10.4314/ejhd.v18i2.9946

26. Khodadai A, Ayati B, Bineshian F. Bacteriological modelling of Semnan drinking water distribution. Modares Civil Engineering Journal. 2013; 12(4):91-8. [In Persian]