



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

بررسی کیفیت آب آشامیدنی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی و شبکه توزیع عمومی در شهر گرمسار، تحت کنترل برنامه ایمنی آب

سمانه ابولی^۱، محمود علی محمدی^{۱*}، میرزمان زمان زاده^۱، کامیار یغمائیان^۲، مسعود یونسیان^۳، مهدی هادی^۴، زهرا سلیمانی^۱

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۲- مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۳- گروه روش شناسی و تحلیل اطلاعات، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
- ۴- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت:	۹۸/۰۳/۲۰
تاریخ ویرایش:	۹۸/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش:	۹۸/۰۶/۱۳
تاریخ انتشار:	۹۸/۰۹/۳۰

زمینه و هدف: کیفیت پایین آب‌های سطحی و زیرزمینی در کشورهای که با مشکل کم آبی مواجه هستند تمایل جامعه به استفاده از دستگاه تصفیه آب خانگی را افزایش داده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت آب آشامیدنی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی و شبکه توزیع عمومی در شهر گرمسار که تحت کنترل برنامه ایمنی آب است، انجام شده است.

روش بررسی: مطالعه توصیفی مقطعی حاضر در سال ۱۳۹۷ در ۶ منطقه و ۴۱ نقطه شهر گرمسار در دو فصل بهار و تابستان انجام شد. آزمایش‌های شیمیایی براساس دستورالعمل استاندارد متد، اندازه گیری کلی فرم‌ها به کمک روش تخمیر چند لوله‌ای و شمارش باکتری‌های هتروتروف به روش شمارش بشقابی انجام شد. نتایج از طریق نرم افزارهای Excel و SPSS تحلیل شد.

یافته‌ها: میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در تمام نمونه‌ها شامل هدایت الکتریکی $1507 \mu\text{s/cm}$ ، کل جامدات محلول $786/8 \text{ mg/L}$ ، فلوراید $0/048 \text{ mg/L}$ ، کلر آزاد باقیمانده $0/67 \text{ mg/L}$ ، $7/9 \text{ pH}$ ، کلی فرم کل $0/16 \text{ MPN/100mL}$ ، کلی فرم مدفوعی $0/14 \text{ MPN/100mL}$ و شمارش بشقابی هتروتروفیک 112 CFU/mL بود. اختلاف معنی داری در میزان پارامترهای شیمیایی و میکروبی در شبکه توزیع عمومی و خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی در دو فصل مشاهده نشد.

نتیجه گیری: دستگاه‌های تصفیه آب خانگی تأثیری در بار میکروبی نداشتند اما باعث تغییر در مقادیر برخی از پارامترهای شیمیایی شدند. آب آشامیدنی خروجی از شبکه توزیع، با بکارگیری برنامه ایمنی آب از کیفیت مناسبی برخوردار است.

واژگان کلیدی: دستگاه تصفیه آب خانگی، کیفیت آب، ایمنی آب

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
m_alimohammadi@tums.ac.ir

مقدمه

با توجه به مشکل آلودگی آب در سراسر جهان، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، تامین آب آشامیدنی سالم ضروری و شرط مهمی برای ادامه زندگی انسان است (۱). انواع و اقسام آلودگی‌ها ممکن است به آب آشامیدنی وارد گردد که کنترل کیفیت آن ضروری به نظر می‌رسد. آب تصفیه شده برای رسیدن به مصرف کننده وارد شبکه توزیع می‌گردد که منجر به راکد ماندن آن می‌گردد (۳). هنگامی که کلر به عنوان ماده گندزدا مورد استفاده قرار می‌گیرد، از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند اما اگر مقدار آن از حد مشخص کمتر گردد، باعث رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها در آب آشامیدنی می‌گردد که این مشکل در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی (Household Water Treatment device) نیز مهم و قابل توجه است (۴). دستگاه‌های تصفیه آب خانگی دارای مزایایی مانند افزایش کیفیت آب آشامیدنی و معایبی مانند آلودگی مجدد آب بعد از تصفیه هستند (۵). همان‌طور که Yi و همکاران (۶) در مطالعه خود گزارش دادند که آب راکد موجود در فیلتر، میزان باکتری‌های هتروتروفیک را افزایش می‌دهد. همچنین تحقیق Alighadri و همکاران (۷) به ضرورت اندازه‌گیری دوره‌های باکتری‌های هتروتروف در راستای شناسایی مناطق آلوده و اندازه‌گیری کلر آزاد باقیمانده در شبکه توزیع اشاره کرده است اما با توجه به اینکه باکتری‌های هتروتروف به تنهایی نشان دهنده آلودگی نیستند می‌توان از شاخص‌های آلودگی (کلی فرم کل و مدفوعی) برای سنجش سلامت آب استفاده کرد (۸، ۹)، به طور مثال در مطالعه Jaleilzadeh و همکاران (۱۰) در شهر آرادان اختلاف معنی‌داری در تعداد باکتری‌های کلیفرم بین دو شبکه توزیع آب آشامیدنی (جدید و قدیم) مشاهده شد.

کل جامدات محلول معمولاً شامل کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم و آنیون‌های کربنات، هیدروژن کربنات، کلراید، سولفات و نیترات است (۱۱). افزایش یون‌های محلول در آب باعث افزایش هدایت الکتریکی آب می‌گردد که مقدار جامدات

محلول، نشان دهنده مقدار هدایت الکتریکی آب است (۱۲). اما برای دستیابی به میزان فلوراید که به عنوان عنصر ضروری ساختار اسکلتی و دندانی است و از طریق آب آشامیدنی قابل جذب است (۱۳)، نیاز به سنجش مجزا وجود دارد. از آنجایی که pH تحت تاثیر مواد شیمیایی موجود در آب است و نشان دهنده حلالیت و توانایی بیولوژیکی نوترینت‌هایی مانند فسفر، نیتروژن و کربن است، یک شاخص شیمیایی مهم به شمار می‌رود (۱۴).

با توجه به مساله کمبود منابع آبی در دسترس، انسان‌ها به مدت طولانی در جستجوی روش تصفیه مناسبی برای منابع ناچیز آب شیرین بوده‌اند. آب شیرین کن مفهوم جدیدی برای انسان نیست بلکه این روش برای تبدیل آب شور به آب شیرین، روز به روز توسعه یافته و از آن استفاده می‌شود (۱۵) و از سوی دیگر شبکه توزیع آب آشامیدنی می‌تواند به دلایل گوناگون عاملی برای کاهش کیفیت آب باشد (۱۶).

سیستم تامین آب آشامیدنی شهر گرمسار در حال اجرای برنامه ایمنی آب بوده و تمام بخش‌های این سیستم، بخصوص شبکه توزیع توسط این رویکرد کنترل می‌شود. در شهر گرمسار منبع آب آشامیدنی اکثر جمعیت، آب سطحی رودخانه دائمی حبله رود است که تحت تاثیر از بارندگی‌های فصل بهار و ذوب شدن برف باریده شده در فصول سرد، در معرض سیلابی شدن و تغییر کیفیت آب آشامیدنی قرار خواهد گرفت همچنین با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک کشور ایران و مشکلات کم آبی که وجود دارد (۱۷)، تعداد زیادی از خانوارها از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی استفاده می‌کنند. این مطالعه با توجه به شرایط جغرافیایی و توپوگرافی شهر گرمسار که در مجاورت کویر مرکزی ایران قرار دارد و اکثر روزهای سال، آب و هوای این شهر گرم و خشک است و با شرایط سایر شهرهایی که مطالعات مشابه در آنها انجام شده است، کاملاً تفاوت دارد. از نقطه نظر تفاوت مطالعه حاضر با سایر مطالعات می‌توان به نوع منبع آب خام این شهر اشاره کرد که از رودخانه دائمی حبله رود تامین می‌شود که در تعداد کمی از مطالعات داخلی،

مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی مقطعی در سال ۱۳۹۷ در شهر گرمسار (۳۵،۰۸،۵۶ شمالی و ۵۱،۱۹،۲۰ غربی) انجام شد. این شهر دارای جمعیت ۶۲۱۹۰ نفر بوده و در ارتفاع ۸۶۸ متری از سطح دریا قرار دارد.

تصفیه خانه شهر گرمسار در فاصله ۵۷۰۰ متری از مرکز این شهر قرار دارد و از رودخانه دائمی حبله رود تغذیه می‌شود. با توجه به مساحت سطح این شهر، شش منطقه شهر گرمسار (شکل ۱) که چهار منطقه به نمونه برداری از شبکه توزیع عمومی و دو منطقه به نمونه برداری از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی اختصاص داده شد و ۴۱ نمونه در دو فصل بهار و تابستان برداشته شد. نمونه برداری انجام شده از نوع تصادفی بود و سعی شد از تمامی نقاط شهر (خانگی/تجاری) نمونه برداری انجام شود. در این تحقیق، برخلاف سایر مطالعات مشابه، هم از شبکه توزیع عمومی شهر که تحت کنترل برنامه ایمنی آب است و هم از خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی نمونه برداری انجام شد.

منبع آب خام، آب سطحی بوده است. قابل ذکر است که در بسیاری از شهرها، این برنامه هنوز به اجرا درنیامده است و یا کاملاً اجرا نشده است. در اکثر مطالعات انجام شده در داخل کشور، تنها خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد بررسی قرار گرفته است. در حالی که در این مطالعه هم «خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی» و هم «شبکه توزیع عمومی» مورد توجه بوده است. از سویی، این مطالعه با تکیه بر نقش و اجرای برنامه ایمنی آب در شهر گرمسار، انجام شده است. مطالعه حاضر به چند بخش طبقه بندی شده است: ۱- مقایسه خروجی شبکه توزیع عمومی و دستگاه‌های تصفیه آب خانگی با یکدیگر هم برای پارامترهای میکروبی و هم برای پارامترهای شیمیایی، ۲- مقایسه نتایج با استانداردها، ۳- بررسی تاثیر فصل، ۴- بررسی پارامترهای شیمیایی و میکروبی هم در شبکه توزیع عمومی و هم در خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی. در واقع یکی از اهداف این تحقیق، مقایسه دو «شرایط» بوده است.



شکل ۱- پراکنندگی مناطق شش گانه نمونه برداری شده در شهر گرمسار

- آزمایش‌های میکروبی

برای نمونه برداری آزمایشات میکروبی از بطری‌های شیشه‌ای حاوی تیوسولفات سدیم ۱ درصد استفاده شد. تشخیص باکتری‌های هتروتروفیک به کمک روش شمارش بشقابی و با استفاده از محیط کشت R2 A agar و انکوباسیون در دمای 35°C به مدت ۴۸ h انجام شد. در مرحله بعد کلنی‌های رشد کرده بر روی محیط کشت، توسط دستگاه کلنی کانتر مورد شمارش قرار گرفت. در نهایت کلنی‌های شمارش شده به صورت CFU/mL بیان شد. برای سنجش باکتری‌های کلی فرمی (کل-مدفوعی) از روش تخمیر چند لوله‌ای به کمک محیط کشت لوریل تریپتوز سولفات برات در مرحله احتمالی و محیط کشت‌های برلیانت گرین بیل برات و EC برات برای مرحله تاییدی استفاده شد بعد از گذشت شرایط انکوباسیون (دمای 35°C و ۴۸ h)، نتایج به صورت MPN/100mL بیان شد. برای همه آزمایشات میکروبی نمونه شاهد در نظر گرفته شد (۱۸).

- آزمایش‌های شیمیایی

با توجه به اهداف مطالعه، برای نمونه برداری شیمیایی جهت تعیین پارامترهای کلر آزاد باقیمانده، pH، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، فلوراید از بطری‌های پلی اتیلنی استفاده شد. تمامی آزمایش‌های شیمیایی براساس دستورالعمل‌های کتاب استاندارد متد (۱۸) انجام شد و میزان کلر آزاد باقیمانده و pH نمونه‌ها در محل نمونه برداری توسط کیت کلر و pH اندازه گیری شد.

- آنالیز آماری:

برای تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده، از آزمون آماری تی استیودنت Student's t-distribution (T test) در نرم افزارهای اکسل و SPSS,22 استفاده شد.

یافته‌ها

- آزمایش‌های شیمیایی:

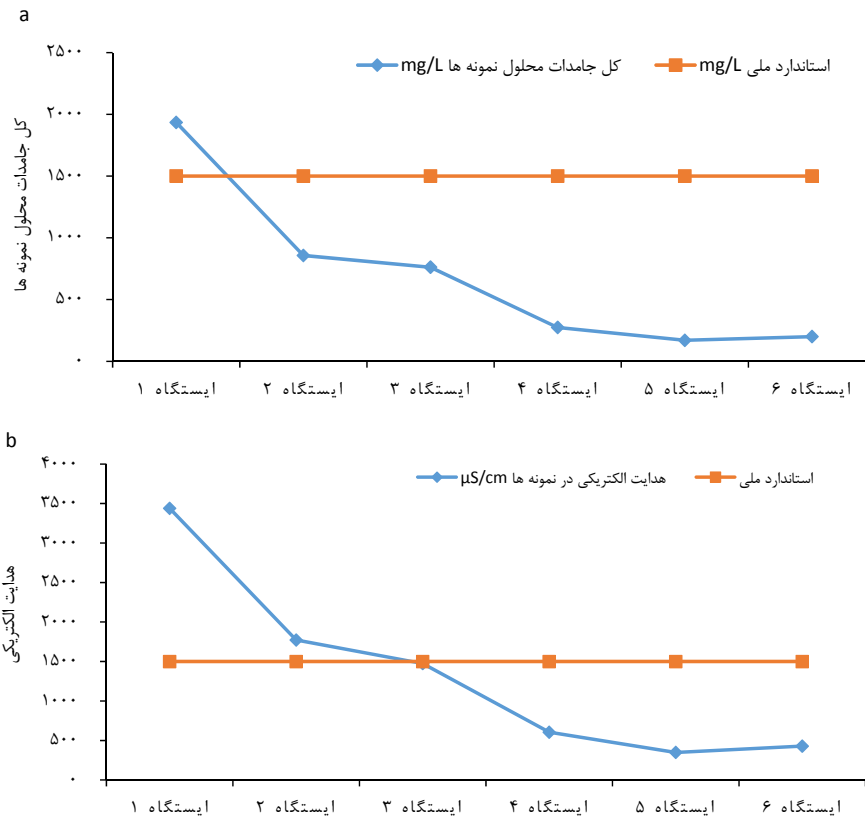
نتایج آزمایشات شیمیایی و مقایسه میانگین آنها با میزان استانداردهای ملی در جدول ۱ نشان داده شده است. در نمودارهای ۱ و ۲ میانگین پارامترهای شیمیایی برای همه ایستگاه‌ها هم برای شبکه توزیع عمومی و هم برای خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی، اندازه گیری شده و مقایسه آنها با حداکثر مجاز (استانداردهای ملی) نمایش داده شده است.

- کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی:

هنگامی که نتایج آزمون‌های آماری با استانداردهای آب آشامیدنی کشور ایران (استاندارد ۱۰۵۳، تجدید نظر پنجم) مقایسه شد، مشخص گردید که صد درصد نمونه‌های خروجی از دستگاه تصفیه آب خانگی در محدوده مطلوب (1000 mg/L) و محدوده حداکثر مجاز (15000 mg/L) بودند. درحالی که نتایج نمونه‌های مربوط به شبکه توزیع عمومی نشان می‌دهد که ۶۸/۷۵ درصد نمونه‌ها در محدوده مطلوب (1000 mg/L) و ۷۱/۸ درصد از نمونه‌ها در محدوده حداکثر مجاز (15000 mg/L) بوده‌اند. همچنین نتایج مبین آن است که ۲۸/۲ درصد از نمونه‌های شبکه توزیع عمومی دارای کل جامدات محلول بالاتر از 1500 mg/L بوده‌اند.

جدول ۱- میانگین پارامترهای شیمیایی آب آشامیدنی شهر گرمسار در شبکه توزیع عمومی و دستگاه‌های تصفیه آب خانگی

p	واحد اندازه گیری	خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی				شبکه توزیع عمومی				ایستگاه پارامتر
		میانگین	۶	۵	میانگین	۴	۳	۲	۱	
<۰/۰۰۱	mg/L	108107 ± 1827	۲۰۰	۱۷۰	104073 ± 9567	۲۷۴	۷۶۲	۸۵۷	۱۹۳۴	کل جامدات محلول
۰/۲۴۲	mg/L	037 ± 0154	۰/۳۷	۰/۶۸	036 ± 07	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۶۶	۰/۷۶	کلر آزاد باقیمانده
۰/۰۱۶	mg/L	008 ± 0004	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	01 ± 0061	۰/۰۸۱	۰/۰۶۵	۰/۰۲۸	۰/۰۷۲	فلوراید
۰/۸۶۱	-	058 ± 79	۷/۸	۷/۹	064 ± 7964	۸/۱	۷/۷	۷/۷	۸/۱	pH
<۰/۰۰۱	$\mu\text{S/cm}$	2287 ± 3844	۴۲۹	۳۴۹	18551 ± 18226	۶۰۵	۱۴۷۵	۱۷۷۲	۳۴۳۹	هدایت الکتریکی



نمودار ۱- مقایسه میانگین کل جامدات محلول (a) و هدایت الکتریکی (b) نمونه‌ها با حداکثر مجاز استانداردهای ملی

- کلر آزاد باقیمانده:

اندازه گیری‌ها نشان داد که ۲۲/۲۳ درصد نمونه‌های خروجی از دستگاه تصفیه آب خانگی فاقد کلر آزاد باقیمانده بوده‌اند. این درحالیست که ۱۲/۵ درصد از نمونه‌های شبکه توزیع عمومی فاقد کلر آزاد باقیمانده بوده‌اند. همچنین مقایسه نتایج دو سیستم تامین آب (شبکه توزیع عمومی و دستگاه تصفیه آب خانگی) در محدوده استاندارد (۰/۵-۱ mg/L) حاکی از آن است که شبکه توزیع عمومی در خصوص این پارامتر، نتایج بهتری را ایجاد کرده است اما شبکه توزیع عمومی در ۳/۱ درصد از نمونه‌ها دارای کلر آزاد باقیمانده بالاتر از ۱ mg/L بوده است.

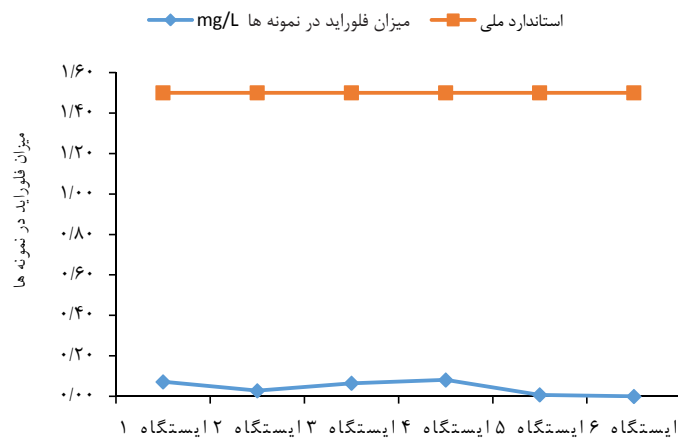
- فلوراید:

نتایج مربوط به میزان فلوراید در نمونه‌های آب آشامیدنی شهر گرمسار نشان می‌دهد که هم شبکه توزیع عمومی (۹۳/۷۵ درصد نمونه‌ها) و هم دستگاه تصفیه آب خانگی (۱۰۰ درصد نمونه‌ها) میزان فلوراید کمتر از ۰/۵ mg/L داشته و مقدار آن،

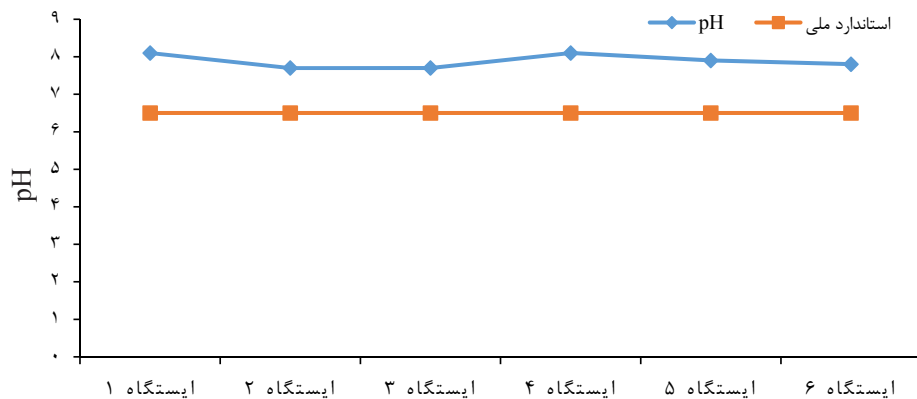
کمتر از استانداردهای ملی کشور ایران است. نمودار ۲ گواه آن است که هیچ کدام از نمونه‌های برداشت شده از شبکه توزیع عمومی و دستگاه تصفیه آب خانگی این شهر، میزان فلوراید مورد نیاز را تامین نمی‌کنند.

- pH:

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقایسه نتایج هر دو شبکه توزیع عمومی و دستگاه تصفیه آب خانگی در محدوده مطلوب (۶/۵ تا ۸/۵) قرار داشته و اختلاف چندانی وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد که صد درصد نمونه‌های خروجی از دستگاه تصفیه آب خانگی و ۹۳/۷ درصد از نمونه‌های شبکه توزیع عمومی در محدوده مجاز (۶/۵-۹) بوده‌اند که نشان از عملکرد بهتر دستگاه تصفیه آب خانگی بوده است. همچنین ۶/۲۵ درصد از نمونه‌های شبکه توزیع عمومی دارای pH بالاتر از ۹ بوده‌اند. نمودار ۳ نشان می‌دهد که pH همه نمونه‌ها بالاتر از عدد ۶/۵ بوده است.



نمودار ۲- مقایسه میانگین فلوراید نمونه‌ها با حداکثر مجاز استانداردهای ملی



نمودار ۳- مقایسه میانگین pH نمونه‌ها با استاندارد ملی

کلی فرم (کل و مدفوعی) آلوده بودند که این آلودگی مربوط به ایستگاه شماره ۴ شبکه توزیع عمومی شهر گرمسار بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که نمونه‌های خروجی از دستگاه تصفیه آب خانگی فاقد کلی فرم (کل و مدفوعی) بوده‌اند.

- باکتری‌های هتروتروف:

مقایسه میانگین شمارش باکتری‌های هتروتروف در آب آشامیدنی شهر گرمسار نشان داد که میانگین تعداد این باکتری‌ها در همه ایستگاه‌ها پایین‌تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی بوده است. در نمودار ۴ میانگین شمارش باکتری‌های هتروتروفیک و مقایسه آنها با حداکثر مجاز (استانداردهای ملی) نمایش داده شده است.

- بررسی تاثیر فصل بر پارامترهای شیمیایی:

نتایج تحلیل‌های آماری و آزمون T-test که در جدول ۲ خلاصه شده است، نشان داد که هیچ کدام از مقادیر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده در دو فصل بهار و تابستان اختلاف چندانی نداشته‌اند و تاثیر فصل بر آنها معنی‌دار ($P > 0.05$) نبوده است.

- آزمایش‌های میکروبی:

نتایج آزمایش‌های میکروبی و مقایسه میانگین آنها با میزان استانداردهای ملی در جدول ۳ و نمودار ۴ نشان داده شده است.

- باکتری‌های کلی فرم:

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، تنها ۴/۸۷ درصد از نمونه‌ها در بخش آزمایش‌های میکروبی به باکتری‌های

جدول ۲- مقایسه میانگین پارامترهای شیمیایی آب آشامیدنی شهر گرمسار در دو فصل بهار و تابستان

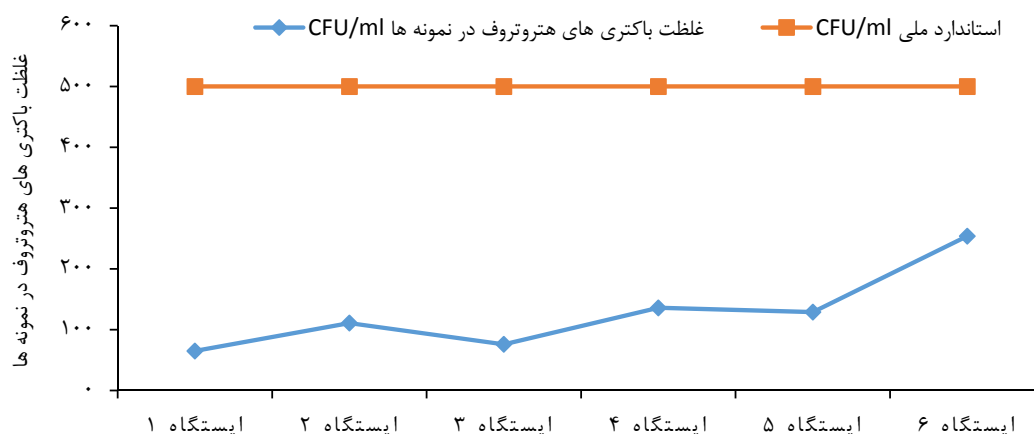
پارامتر	شبکه توزیع عمومی		خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی	
	فصل بهار	فصل تابستان	فصل بهار	فصل تابستان
میانگین کل جامدات محلول	۱۱۴۸/۳ ± ۱۲۱۴/۶	۷۴۷/۴ ± ۵۷۹/۷	۱۵۴/۸ ± ۱۳۱/۵	۱۰۲/۲ ± ۱۹۷/۴
میانگین کلر آزاد باقیمانده	۰/۲۹ ± ۰/۷۳	۰/۴۵ ± ۰/۶۶	۰/۴۲ ± ۰/۳	۰/۳۶ ± ۰/۶۱
میانگین فلوراید	۰/۰۶ ± ۰/۰۴۲	۰/۱۸ ± ۰/۰۹	۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۵	۰/۰۰۹ ± ۰/۰۰۳۷
میانگین هدایت الکتریکی	۲۰۵۲/۹ ± ۲۲۸۹	۱۱۳۸/۸ ± ۱۱۴۱/۱	۳۵۴/۲ ± ۲۹۵/۵	۲۱۳/۲ ± ۴۰۹/۸
میانگین pH	۰/۶۳ ± ۸/۰۳	۰/۶۳ ± ۷/۸۲	۰/۸۳ ± ۸/۳	۰/۵۱ ± ۷/۷

جدول ۳- مقایسه میانگین پارامترهای میکروبی آب آشامیدنی شهر گرمسار در شبکه توزیع عمومی و دستگاه‌های تصفیه آب خانگی

پارامتر	ایستگاه	شبکه توزیع عمومی				خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی			واحد اندازه گیری	p	
		۱	۲	۳	۴	میانگین	۵	۶			
کلی فرم‌های کل		۰	۰	۰	۰/۸۲	۰/۸ ± ۰/۲۰۷	۰	۰	۰	MPN/100mL	۰/۴۵۶
کلی فرم‌های مدفوعی		۰	۰	۰	۰/۷۵	۰/۷ ± ۰/۱۸۷	۰	۰	۰	MPN/100mL	۰/۴۵۵
HPC		۶۵	۱۱۱	۷۶	۱۳۶	۱۱۱/۱ ± ۹۶/۷	۱۲۹	۲۵۴	۱۳۰/۳ ± ۱۸۴/۶	CFU/mL	۰/۱۰۵

جدول ۴- مقایسه میانگین پارامترهای میکروبی آب آشامیدنی شهر گرمسار در دو فصل بهار و تابستان

پارامتر	شبکه توزیع عمومی		خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی	
	فصل بهار	فصل تابستان	فصل بهار	فصل تابستان
میانگین کلی فرم کل	۰	۰/۵۱	۰	۰/۱۶
میانگین کلی فرم مدفوعی	۰	۰/۴۶	۰	۰/۱۶
میانگین HPC	۹۲/۳ ± ۸۰/۳۱	۱۳۴/۳ ± ۱۲۰/۶۹	۱۹۰/۹ ± ۲۳۷	۱۲۴/۱ ± ۱۶۹/۷



نمودار ۴- مقایسه میانگین شمارش باکتری‌های هتروتروف نمونه‌ها با حداکثر مجاز استانداردهای ملی

- بررسی تاثیر فصل بر پارامترهای میکروبی:

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای میکروبی در دو فصل بهار و تابستان در جدول ۴ آمده است که این نتایج نشان می‌دهد، مقادیر پارامترهای میکروبی اندازه‌گیری شده در شبکه توزیع عمومی و خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی، تحت تاثیر فصل نبوده و تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

بحث

هدف این تحقیق براساس در نظر گرفتن شرایط اقتصادی موجود و استفاده از کمترین امکانات برای رسیدن به بهترین نتایج بوده است. لذا پارامترهایی در نظر گرفته شد که علاوه بر دستیابی به اصول و اهداف تحقیق، نتایج مطمئن و قابل استفاده‌ای را با کمترین سرمایه و تجهیزات، ایجاد نماید. با توجه به بررسی‌های انجام شده قبل از شروع و انجام این تحقیق و کمک گرفتن از نتایج سایر مطالعات، پارامترهایی مانند پارامتر سختی که اثر سوء بهداشتی نداشتند، در این مطالعه لحاظ نشدند. همچنین پارامتر سختی در مناطقی که منبع تامین آب، چشمه و آب‌های زیرزمینی است، مهمتر و مورد توجه است در حالی که منبع تامین آب شرب شهر گرمسار «رودخانه دائمی» حبله رود است که با توجه به تغییر کیفیت آب آشامیدنی شهر در طول سال، به ویژه در دو فصل بهار و تابستان، تمایل ساکنین این شهر به استفاده از دستگاه تصفیه آب خانگی افزایش یافته است. نتایج بررسی‌های انجام شده نشان داد که ۲۱/۹۵ درصد از کل نمونه‌ها میزان جامدات محلول بالاتری از ۱۵۰۰ mg/L داشتند و میانگین کل جامدات محلول شبکه توزیع عمومی در فصل بهار بالاتر از سایر اعداد بوده است که این میزان از افزایش می‌تواند ناشی از سیلاب‌های فصلی و عدم کارایی تصفیه‌خانه در کاهش جامدات محلول بوده که ممکن است به نتایجی مانند ایجاد طعم در آب آشامیدنی و اعتراض مصرف‌کنندگان منجر گردد و در نتیجه باعث افزایش تمایل ساکنین شهر به استفاده از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی می‌شود. همچنین محتمل است که میزان بالای جامدات محلول باعث تشکیل رسوب در شبکه توزیع عمومی و یا انسداد فیلترهای دستگاه

تصفیه آب خانگی گردد که این امر باعث افزایش هزینه برای سازمان‌های تامین کننده آب آشامیدنی و ذینفعان آن می‌گردد. در مطالعه Hayati و همکار (۱۹) در سال ۲۰۱۵ نیز میانگین کل جامدات محلول در آب آشامیدنی شهر بوشهر از استاندارد EPA بالاتر بوده و منجر به افزایش گرایش ذینفعان به استفاده از دستگاه تصفیه آب خانگی در این شهر شده است. همچنین نتایج اندازه‌گیری کل جامدات محلول نشان داد که میزان تمامی نمونه‌های مربوط به خروجی دستگاه تصفیه آب خانگی در محدوده مطلوب و حداکثر مجاز استاندارد ملی ایران بوده‌اند و میزان کل جامدات محلول خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی کاهش یافته است که نتایج این مطالعه با نتایج تحقیق Babaei و همکاران (۲۰) که نشان دهنده راندمان بالای دستگاه اسمز معکوس در کاهش کل جامدات محلول است، همخوانی دارد همچنین مطالعه Rajaei و همکاران (۲۱) در سال ۲۰۱۳ در شهر اراک نشان داد که دستگاه‌های تصفیه آب خانگی باعث کاهش کل جامدات محلول شده‌اند. یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکیوشیمیایی که بیشتر روش‌های تصفیه آب آشامیدنی به آن وابسته است، pH است (۲۲) که تغییرات آن باعث اسیدی شدن و خوردگی سیستم‌های آبرسانی یا قلبایی شدن و رسوبگذاری آب در طول مسیر می‌گردد (۲۳). در مورد پارامتر مذکور، سیستم تامین آب آشامیدنی شهر گرمسار از شرایط خوبی برخوردار است و تنها ۴/۸ درصد از مجموع ۴۱ نمونه دارای pH بالاتر از استاندارد آب آشامیدنی ایران بوده‌اند و در بقیه موارد سیستم تامین آب آشامیدنی این شهر همگام با استانداردهای کشور ایران بوده است. نتایج تحقیق Panahifard و همکاران (۲۴) نشان داد که میانگین pH در تمام ماه‌های سال بالاتر از ۷ و در محدوده مطلوب استاندارد آب آشامیدنی ایران بوده است. همچنین مطالعه Mohsin و همکاران (۱۱) در سال ۲۰۱۳ نشان داد که pH آب آشامیدنی در تمام ایستگاه‌های نمونه برداری شده در محدوده ۶/۵ تا ۸/۵ بوده است. فلوراید یکی از آنیون‌ها با منشأ طبیعی است که در غلظت خاصی در رشد و استحکام

بakteriها با بیماری‌هایی همچون اسهال، سیستم‌تأمین آب آشامیدنی، نیازمند توجه بیشتری است. به خوبی ثابت شده است که بیماری‌های عفونی عمدتاً از طریق منابع آب آلوده، بخصوص مدفوع منتقل می‌شوند. حفاظت از سلامت عمومی و محیطی نیاز به آب آشامیدنی سالم دارد، به این معنی که آب باید عاری از تمام باکتری‌های بیماری‌زا باشد. Malhotra و همکاران (۲۹) در سال ۲۰۱۵ در تحقیق خود بیان کردند که از مجموع ۱۳۱۷ نمونه آب آشامیدنی، ۶۴/۱ درصد آنها به باکتری‌های کلی فرم آلوده بودند.

در مورد کلنی‌های هتروتروفیک نیز، شبکه توزیع عمومی در هر دو فصل میانگین نتایجی بهتری نسبت به دستگاه تصفیه آب خانگی داشته است. Ebrahimi و همکاران (۳۰) در سال ۲۰۱۵ در مطالعه خود بیان کردند که دستگاه تصفیه آب خانگی به دلیل از بین بردن کلر آزاد باقیمانده باعث افزایش تعداد و تنوع باکتری‌ها در آب خروجی از این دستگاه‌ها می‌گردد اما نتایج این تحقیق نشان داد که دستگاه تصفیه آب خانگی در ایجاد یا افزایش باکتری‌های کلی فرم (کل-مدفوعی) بی‌تاثیر بوده است و در مورد باکتری‌های هتروتروفیک نیز دستگاه تصفیه آب خانگی میانگین‌های بالاتری را به خود نسبت داده است اما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد $(p=0/05)$. Yi و همکاران (۶) در سال ۲۰۱۸ در مطالعه خود بیان کردند که ممکن است فیلتر دستگاه تصفیه آب خانگی به‌طور کامل مواد مغذی موجود در آب را حذف نکنند که این امر منجر به رشد مجدد باکتری‌ها و آلودگی آب می‌گردد. همچنین دستگاه تصفیه خانگی باعث کاهش کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی و فلوئور شده بود که باید به آسیب منتج از حذف بیش از حد یون‌های مفید در نتیجه عملکرد این دستگاه توجه شود. هنگامی که تاثیر فصل بر پارامترهای شیمیایی و میکروبی مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که هیچ کدام از فصل‌ها (بهار-تابستان) بر پارامترهای اندازه‌گیری شده موثر نبوده‌اند که در نتایج مطالعه Panahifard و همکاران (۲۴) نیز اختلاف آماری معنی‌داری بین فصول و مقادیر پارامترهای فیزیکی مشاهده نشد و تنها میانگین هدایت الکتریکی با فصل اختلاف معنی‌داری داشت.

دندان‌ها و استخوان‌ها موثر است که معمولاً جذب آن از طریق آب آشامیدنی بوده و کمبود آن باعث اثرات سوء بهداشتی می‌گردد (۲۵). نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است که میزان فلوراید در آب آشامیدنی شهر گرمسار با توجه به دمای هوا در دو فصل بهار و تابستان که نمونه برداری انجام شد، پایین‌تر از حد استاندارد آب آشامیدنی ایران بود. تنها ۴/۸۷ درصد از مجموع ۴۱ نمونه، میزان فلورایدی حدود ۰/۵ mg/L داشتند. نتایج مطالعه Zazouli و همکاران (۱۳) نیز نشان داد که میزان فلوراید آب آشامیدنی شهرستان خوی پایین‌تر از مقدار بهینه آن بوده است. نتایج تحقیقی دیگر در مناطق شهری و روستایی بابل، پایین‌تر بودن میزان فلوراید آب آشامیدنی از استانداردهای جهانی و ایران را اثبات کرده است (۲۶) همچنین نتایج مطالعه Sadigh و همکاران (۲۷) در سال ۲۰۱۴ در شهر اردبیل نشان داد که دستگاه‌های تصفیه آب خانگی کارایی حذف ۷۲/۸۶ درصدی فلوراید را داشته‌اند. کمبود این یون موجب عوارضی مانند پوسیدگی دندان می‌گردد که پیشنهاد می‌گردد مسئولین این شهر شاخص پوسیدگی دندان را مورد بررسی قرار دهند زیرا به نظر می‌رسد میزان پوسیدگی دندان در این شهر از حد مجاز بالاتر است. با توجه به نتایج، میزان کلر آزاد باقیمانده سیستم‌تأمین آب این شهر، باید مورد بررسی بیشتری قرار بگیرد زیرا ۱۴/۶۳ درصد از مجموع ۴۱ نمونه فاقد کلر آزاد باقیمانده بوده‌اند. نتایج تحقیق Nourmoradi و همکاران (۲۸) در سال ۲۰۱۷ در شهر ایلام نشان داد که دستگاه تصفیه آب خانگی باعث کاهش ۱۰۰ درصدی کلر آزاد باقیمانده می‌گردد اما نتایج مطالعه حاضر مبین آن است که این دستگاه کاهش مشهود و معنی‌داری در میزان کلر آزاد باقیمانده نداشته است اما از آن جایی که کلر در سیستم‌تأمین آب شهر گرمسار به‌عنوان گندزدای نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عدم وجود آن به اندازه کافی منجر به آلودگی آب شده و آلودگی آب بر کیفیت آب و سلامت انسان تاثیرگذار است. همان‌طور که از نتایج پیداست، در تعدادی از نمونه برداری‌های انجام شده، آب آشامیدنی این شهر به باکتری‌های کلی فرم کل و کلی فرم مدفوعی آلوده بوده است که با توجه به ارتباط این

نتیجه گیری

بررسی کیفیت آب آشامیدنی در شبکه توزیع عمومی تحت کنترل برنامه ایمنی آب، گواه آن است که اکثر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد سنجش در محدوده مطلوب و حداکثر مجاز بوده‌اند اما میانگین میزان فلوراید در هر دو فصل پایین‌تر از استاندارد ملی کشور بوده است. دستگاه تصفیه آب خانگی باعث کاهش معنی‌داری در پارامترهای شیمیایی شامل کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی و فلوراید گشته است اما در افزایش یا کاهش سایر پارامترهای میکروبی یا شیمیایی نقشی نداشته است. همچنین پارامترهای میکروبی و شیمیایی مورد سنجش تحت تاثیر دو فصل بهار و تابستان نبوده‌اند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق IR. TUMS. SPH. REC. 1396. 4840 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "ارزیابی ریسک سیستم تامین آب آشامیدنی شهر گرمسار با استفاده از برنامه ایمنی آب (WSP): پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۷ و کد ۴۲۹۰۴ بوده است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

References

1. WHO. Guidelines for Drinking-water Quality, Volume 1 - Recommendations. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2008.
2. WHO. Global Water Supply and Sanitation Assessment, 2000 Report. Geneva: World Health Organization; 2000.
3. Heibati M, Stedmon CA, Stenroth K, Rauch S, Toljander J, Säve-Söderbergh M, et al. Assessment of drinking water quality at the tap using fluorescence spectroscopy. *Water Research*. 2017;125:1-10.
4. Liu G, Lut M, Verberk J, Van Dijk J. A comparison of additional treatment processes to limit particle accumulation and microbial growth during drinking water distribution. *Water Research*. 2013;47(8):2719-28.
5. Wolf J, Prüss-Ustün A, Cumming O, Bartram J, Bonjour S, Cairncross S, et al. Systematic review: assessing the impact of drinking water and sanitation on diarrhoeal disease in low-and middle-income settings: systematic review and meta-regression. *Tropical Medicine & International Health*. 2014;19(8):928-42.
6. Yi J, Lee J, Jung H, Park P-K, Noh SH. Reduction of bacterial regrowth in treated water by minimizing water stagnation in the filtrate line of a gravity-driven membrane system. *Environmental Engineering Research*. 2018;24(1):17-23.
7. Alighadri M ST, Bagheri Ardebilian P, Iranpour E, Khodaverdi SH, Alipanah A. Investigating the efficiency of home water treatment systems to reduce or eliminate water quality parameters in the city of Ardebil in 2013. *Journal of Environmental Health Ardebil University of Medical Sciences*. 2014;6(4):458-69 (in Persian).
8. WHO. Heterotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safety Management. Geneva: World Health Organization; 2002.
9. Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A. Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety. London: IWA Publishing; 2003.
10. Jaleilzadeh A, Ghaesari M, Toosi M, Safari M, Soleimani Z. A survey of heterotrophic bacteria and coliforms in the water of old and new distribution networks. *Journal of Advances in Environmental Health Research*. 2016;4(3):135-41 (in Persian).
11. Mohsin M, Safdar S, Asghar F, Jamal F. Assessment of drinking water quality and its impact on residents

- health in Bahawalpur city. *International Journal of Humanities and Social Science*. 2013;3(15):114-28.
12. WHO. *Guidelines for Drinking-water Quality, Volume 2, Health Criteria and other Supporting Information: Addendum*. Geneva: World Health Organization; 1998.
 13. Zazouli MA, Alam Gholilou M. Survey of chemical quality (nitrate, flouride, hardness, electrical conductivity) of driking water in Khoy City. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2013;22(2):80-84 (in Persian).
 14. Mahajan RK, Walia TPS, Lark BS, Sumanjit. Analysis of physical and chemical parameters of bottled drinking water. *International Journal of Environmental Health Research*. 2006;16(2):89-98.
 15. Greenlee LF, Lawler DF, Freeman BD, Marrot B, Moulin P. Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*. 2009;43(9):2317-48.
 16. WHO. *Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization; 2004.
 17. Heydari M, Nabizadeh Nodehi R, Ali Mohammadi M, Yaghmaeian K. Survey of geochemical characteristics of bottled waters in Iran using coordinates and ionic ratios. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2017;10(1):63-74 (in Persian).
 18. APHA/AWWA/WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
 19. Hayati R, Dobaradaran S. Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinking water in Bushehr, Iran. *Iranian South Medical Journal*. 2015;17(6):1223-35 (in Persian).
 20. Babaei A, Ghafarizadeh F, Nourmoradi H, Jangali K, Moslemnia M, Salimi J. 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).
 21. Rajaei M, Salemi Z, Karimi B, Ghanadzadeh M, Mashayekhi M. Effect of household water treatment systems on the physical and chemical quality of water in 2011-2012. *Journal of Arak Medical University*. 2013;16(3):27-36 (in Persian).
 22. Molaei Tvani S, Goodini H, Mehrali A, Sharifi Arab G, Ashoori S, Alyannejad N. Survey the current state of quality potable water clearing supplied to the distribution system and the role of water & wastewater company and the distribution of network and improve its quality case study in Shahrood City. *Journal of Environmental Health Engineering*. 2016;3(4):298-312 (in Persian).
 23. Rahmanian N, Ali SHB, Homayoonfard M, Ali N, Rehan M, Sadeh Y, et al. Analysis of physiochemical parameters to evaluate the drinking water quality in the State of Perak, Malaysia. *Journal of Chemistry*. 2015;Article ID 716125. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/716125>.
 24. Panahifard M, Mahvi A, Asgari A, Nazemi S, Moradnia M. A Survey on drinking water quality in qazvin in 2015. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2017;16(1):3-16 (in Persian).
 25. WHO. *Fluoride in Drinking-water, Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization; 2004.
 26. Amouei A, Faraji H, Khalilpour A, Fallah S, Asgharnia H. Fluoride Concentration in Drinking Water Resources; North of Iran. *International Archives of Health Sciences*. 2016;3(1):19-22.
 27. Sadigh A, Nasehi F, Fataei E, Aligadri M. Investigating the efficiency of home water treatment systems to reduce or eliminate water quality parameters in the city of Ardabil in 2013. *Journal of Health*. 2014;6(4):458-69 (in Persian).
 28. Nourmoradi H, Karami N, Karami S, Mazloomi S. Investigation on the effect of household water treatment plants on the drinking water quality of Ilam City. *Journal of Environmental Health Engineering*. 2017;5(1):57-64 (in Persian).
 29. Malhotra S, Sidhu SK, Devi P. Assessment of bacteriological quality of drinking water from various sources in Amritsar district of northern India. *Journal of Infection in Developing Countries*. 2015;9(08):844-48.
 30. Ebrahimi SM, Shiri Z, Mosavi SM, Memar MY. Bacteriological quality of water produced by household water treatment devices. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*. 2015;25(130):8-18 (in Persian).



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Survey of drinking water quality of household water treatment and public distribution network in Garmsar city, under the control of water safety plan

S Abolli¹, M Alimohammadi^{1,*}, M Zamanzadeh¹, K Yaghmaeian^{1,2}, M Yunesian^{3,1}, M Hadi⁴, Z Soliemani¹

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Center for Solid Waste Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Department of Research Methodology and Data Analysis, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Center for Water Quality Research, Institute for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 10 June 2019

Revised: 28 August 2019

Accepted: 4 September 2019

Published: 21 December 2019

Keywords: Household water treatment device, Water quality, Water safety

ABSTRACT

Background and Objective: Surface water and underground water quality in countries that facing dehydration have increased the interest of the community to use Household Water Treatment devices. The aim of this study was the evaluation of the quality of drinking water of Household Water Treatment devices and general distribution network in Garmsar, which is under the control of the water safety plan.

Materials and Methods: A descriptive cross-sectional study administered in 6 regions and 41 cities of Garmsar city in spring and summer seasons in 2018. Chemical tests performed according to the standard methods for the examination of water and wastewater, general measurements were performed using the multi-tube fermentation method and counting of heterotrophic bacteria by pour plate method. The results analyzed by using Excel and SPSS software.

Results: The average values during two seasons were reported as: EC= 1507 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS= 786.8 (mg/L), F= 0.048 (mg/L), residual free chlorine= 0.67 (mg/L), pH=7.9, total coliform= 0.16 (MPN/100 mL), fecal coliform= 0.14 (MPN/100 mL) and HPC= 112 (CFU/mL). No significant difference found between the chemical and microbial parameters in the general distribution network and the output of the Household Water Treatment devices during the two seasons.

Conclusion: Household water treatment devices did not affect the microbial burden but caused a change in the amounts of some chemical parameters. Drinking water from the distribution network, with the proper application of the water safety plan, is of good quality.

***Corresponding Author:**

m_alimohammadi@tums.ac.ir