

بررسی کارایی سیستم‌های تصفیه آب خانگی در شهر اهواز، ۱۳۹۲

محسن بیات زاده،^۱ مریم محمدی روزبهانی^{۲*} و رویا زکاتوی^۳

(۱) دانشجوی دکتری، گروه آلودگی های محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲) استادیار، گروه آلودگی های محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۳) مربی، گروه قارچ شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

*نویسنده مسئول: Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۳۰

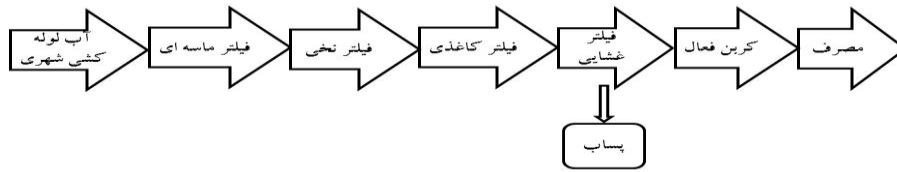
چکیده

دسترسی به آب سالم از ابعاد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک از نیازهای اساسی و اولیه بشر می باشد. کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی تاثیر به سزایی در سلامتی مردم دارد. این تحقیق مطالعه ای توصیفی - مقطعی است که به مدت ۸ ماه در بازه زمانی زمستان ۹۱ و بهار و تابستان ۹۲ به انجام رسید. ابتدا با تهیه و تنظیم پرسشنامه، اطلاعاتی در رابطه با میزان استفاده، نوع و کارکرد سیستم های تصفیه خانگی جمع آوری گردید، سپس از ۲۰ دستگاه تصفیه آب خانگی نمونه برداری به عمل آمد. نمونه‌ها جهت بررسی پارامترهای اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کل جامدات محلول، سختی کل، فلوراید، نیترات، کلراید و همچنین بررسی آلودگی میکروبی آب بر اساس دستور العمل ارائه شده در آخرین چاپ کتاب استاندارد متد (۲۰۱۲)، مورد آزمایش قرار گرفتند. انجام نمونه برداری‌ها در ۵ منطقه مختلف شهر اهواز که تحت پوشش ۵ تصفیه خانه شهر قرار دارند به انجام رسید. میانگین پارامترهای کیفی اسیدیته، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اکسیژن محلول، سختی کل، فلوراید، کلراید، نیترات و میانگین مقادیر MPN به ترتیب در حدود ۸/۲۶، ۳۳۸/۳۷ ($\mu\text{mho/cm}$)، ۱۶۳/۶۱ (mg/l)، ۲/۷۶ (mg/l)، ۷۸/۴ (mg/l)، ۰/۰۸ (mg/l)، ۵۵/۸۴ (mg/l) و ۰/۵۷۷ (mg/l) و (ml 100 index) ۵/۳۹ اندازه گیری شده اند. نتایج نشان داد که سیستم های تصفیه برخی از پارامترها مانند pH و EC را در حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی تصفیه کرده اند ولی منجر به کاهش شدید مقادیر سایر پارامترهای DO، TDS، سختی کل، کلراید، فلوراید و نیترات به زیر حد استاندارد آب آشامیدنی، شده اند و در کاهش آلودگی میکروبی بدون تاثیر بوده اند.

واژه‌های کلیدی: دستگاه های تصفیه خانگی، کیفیت آب، اهواز و پارامترهای فیزیکی- شیمیایی و میکروبی آب.

مقدمه

دسترسی به آب سالم از نظر کیفیت پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک از نیازهای اساسی و اولیه بشر می باشد. کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی تاثیر به سزایی در سلامتی مردم دارد، چراکه آب آشامیدنی یکی از راه های تامین املاح ضروری بدن انسان است (Osborne *et al*، 1993؛ Taheri *et al*، 2010). بعضی از این املاح در تغذیه و سلامت انسان مفید و تعدادی مضر می باشند. گروهی از مواد شیمیایی در صورتی که با غلظت بیش تر از حد مجاز در آب آشامیدنی موجود باشند، موجب به خطر انداختن سلامت و بهداشت انسان می گردد (Calderon، ۲۰۰۰). بیماری های قلبی - عروقی، اختلالات و برخی بیماری های گوارشی، عوارض کلیوی، فشارخون، پوسیدگی های دندانی از عوارض نامطلوب بودن کیفیت شیمیایی آب می تواند باشد. به طور معمول نمک های محلول در آب به صورت کاتیون و یا آنیون هستند (۲۰۰۸ Virkutyte *et al*، 2006؛ Karavoltos *et al*، 2006). از کاتیون های مهم در آب می توان کلسیم، منیزیم، سدیم، آهن، منگنز، پتاسیم، آلومینیوم و از آنیون های مهم کربنات، بی کربنات، نیترات و نیتريت، سولفات، کلرید را می توان نام برد. مزه شوری آب ناشی از غلظت یون کلر، ید و سدیم می باشد (Borsuk *et al*، 2002). این شوری بستگی به ترکیبات شیمیایی آب دارد. اگر کاتیون غالب سدیم باشد در آب هایی با غلظت کلر ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر مزه شوری محسوس است اما اگر کاتیون کلسیم و منیزیم باشد تا غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر یون کلر هم ممکن است مزه شوری آب آشکار نشود (Lavado *et al*، 2006). میزان حلالیت نمک ها در آب بستگی به pH و دما، میزان حلالیت آن عنصر و عوامل دیگر دارد. تلخی آب به خاطر وجود نمک های منیزیم و مزه گس مربوط به آهن و آلومینیوم محلول در آب می باشد (Le Cloirec *et al*، 2001). با توجه به روند روبه رشد جمعیت و تولید مواد زائد جامد و مایع به ویژه دفع فاضلاب ها در چاه های جاذب و افزایش خطر آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و حتی آب باران، نیاز شدید جوامع به آب سالم بیش تر از پیش احساس می شود، لذا امروزه تامین آب آشامیدنی سالم به عنوان یک نیاز جدی تر نسبت به گذشته مد نظر است. در شکل ۱ مراحل تصفیه آب در درون برخی از انواع دستگاه های تصفیه آب خانگی نشان داده شده است. این دستگاه ها را معمولاً به صورت خطی در زیر ظرفشویی آشپزخانه ها یا در محل آب ورودی به خانه ها می توان نصب کرد (Peng *et al*، ۲۰۰۳). با افزایش میزان مواد محلول آب ها، استفاده از سیستم های تصفیه آب خانگی در سال های اخیر رواج بسیار زیادی در جوامع شهری و روستایی ایران یافته است. نیاز روزانه آب شهری در اهواز از طریق آب رودخانه کارون تامین می گردد که پس از انتقال آب رودخانه به تصفیه خانه های آب شهر اهواز آب با روش های انعقاد و ته نشینی، فیلتراسیون و کلرزنی تصفیه و وارد شبکه توزیع می گردد. این تحقیق به منظور بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده از دستگاه های تصفیه آب خانگی در شهر اهواز انجام شده است.



شکل ۱: مراحل تصفیه آب در درون برخی از انواع دستگاه های تصفیه آب خانگی

مواد و روش ها

این مطالعه توصیفی مقطعی جهت بررسی کیفیت آب تصفیه شده حاصل از دستگاه های تصفیه آب خانگی در شهر اهواز به مدت ۸ ماه در زمستان ۹۱ و بهار و تابستان ۹۲ (فصول پر آبی و کم آبی) از طریق نمونه برداری از آب خروجی از دستگاه های تصفیه آب خانگی دارای مارکهای تجاری مشابه در سطح شهر صورت گرفت. با توجه به اینکه شهر اهواز ۵ تصفیه خانه آب دارد، انتخاب محل های نمونه برداری بر اساس مناطق تحت پوشش هر یک از آنها صورت پذیرفت. همچنین تعیین بهترین نقاط برای نمونه برداری و تعیین میزان استفاده، رضایت از سیستم های تصفیه و مارکهای تجاری سیستم های تصفیه ی آب خانگی مورد استفاده با استفاده از اطلاعات حاصل از پرسشنامه ها مشخص گردید. در مجموع از ۲۰ دستگاه تصفیه آب خانگی (۲۰ نمونه از آب خروجی و ۳ تکرار) ۶۰ نمونه جمع آوری شد. نمونه های برداشت شده در ظروف شیشه ای استریل نگهداری و بر روی آنها تاریخ، ساعت، محل نمونه برداری، اکسیژن محلول آب، pH و هدایت الکتریکی به هنگام نمونه برداری ثبت و بلافاصله به آزمایشگاه جهت انجام سایر بررسی ها منتقل گردید. پارامترهایی نظیر pH, TDS, EC, DO, سختی کل، فلوراید، نیترات، کلراید و بررسی آلودگی میکروبی آب، بر اساس دستور العمل ارائه شده در کتاب *Standard methods for the examination of water and wastewater* مورد سنجش و بررسی قرار گرفت. برای سنجش pH، اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی از دستگاه پرتابل Horiba-U10 در محل نمونه برداری استفاده گردید. به منظور اندازه گیری نیترات و فلوراید نمونه های آب از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل DR5000) استفاده شد. برای سنجش کل جامدات محلول از دستگاه هدایت سنج (Mettrommer 500) استفاده گردید. برای اندازه گیری سختی کل و کلراید از تیتراسیون با معرف های شیمیایی مرتبط استفاده شد و به منظور بررسی آلودگی میکروبی آب از روش تخمیر چند لوله استفاده گردید. مقادیر به دست آمده ثبت گردید و برای تجزیه و تحلیل توسط تست های آماری در نرم افزار SPSS نسخه ۱۷ تعریف شدند. در قسمت توصیف داده ها از میانگین، انحراف معیار و در بخش تجزیه و تحلیل داده ها از آزمون های آنالیز واریانس یک طرفه LSD و آزمون دانکن استفاده شد. نتایج به دست آمده با شکل جدول،

نمودار و هم چنین شاخص مرکزی میانگین و انحراف معیار داده ها با نرم افزار اکسل تجزیه و تحلیل گشتند و در پایان میانگین داده ها با مقادیر استاندارد ملی و WHO مقایسه گردید.

نتایج و بحث

در جدول ۱ مقادیر غلظت نمونه های آب خروجی سیستم های تصفیه خانگی در پنج منطقه شهر، تحت پوشش پنج تصفیه خانه آب شهر آمده است. همانطور که مشاهده می شود مقادیر pH و EC در حد مطلوب و استاندارد قرار داشته و خوشبختانه مقادیر نیترات اندازه گیری شده بالاتر از حد استاندارد نبوده و افزایش نگران کننده نداشته و سایر پارامتر های DO، TDS، سختی کل، فلوراید و کلراید پایین تر از حد مطلوب و زیر حد استاندارد اندازه گیری شده اند و در بررسی آلودگی میکروبی آب، MPN تعیین شده بالاتر از حد استاندارد بوده است.

جدول ۱: میانگین مقادیر غلظت نمونه های آب خروجی از سیستم های تصفیه خانگی در مناطق تحت پوشش تصفیه خانه

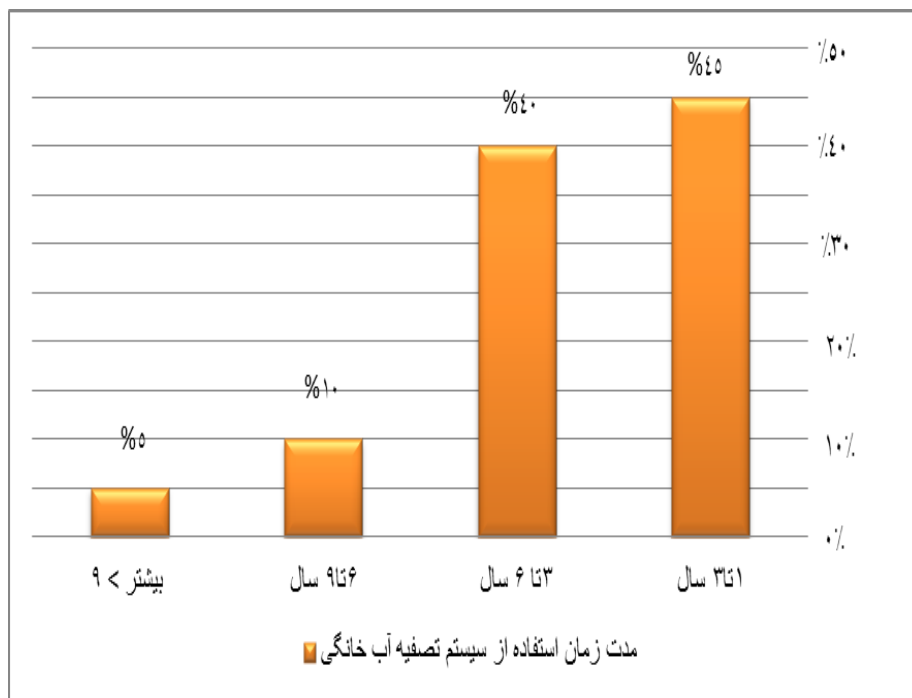
های شهر اهواز-۱۳۹۲

پارامتر	محدوده تصفیه خانه شماره ۱	محدوده تصفیه خانه شماره ۲	محدوده تصفیه خانه اضطراری	محدوده تصفیه خانه گلستان	محدوده تصفیه خانه کوت عبدالله
PH	۸/۱۷	۸/۴۹	۸/۰۶	۸/۱۷	۸/۴۲
DO(mg/l)	۵/۵۵	۲/۱۴	۲/۴۴	۱/۵۸	۲/۱
EC (µmho/cm)	۱۷۸	۱۶۳	۴۴۳	۷۶۴	۱۳۲
TDS(mg/l)	۹۱	۷۷	۱۹۸	۳۶۶	۸۵
سختی کل (mg/l)	۴۹	۵۰	۱۰۶	۱۳۴	۵۲
نیترات (mg/l)	۰/۵۴۵	۰/۳۰۱	۱/۲۳	۰/۶۸۸	۰/۱۱۶
کلراید (mg/l)	۳۱	۳۴	۳۱	۱۳۵	۴۶
فلوراید (mg/l)	۰/۰۴۶	۰/۰۵۸	۰/۱۶۵	۰/۰۹۳	۰/۰۶۶
MPN (ml 100 index)	۳/۷۵	۸	۱	۶/۶۶	۸

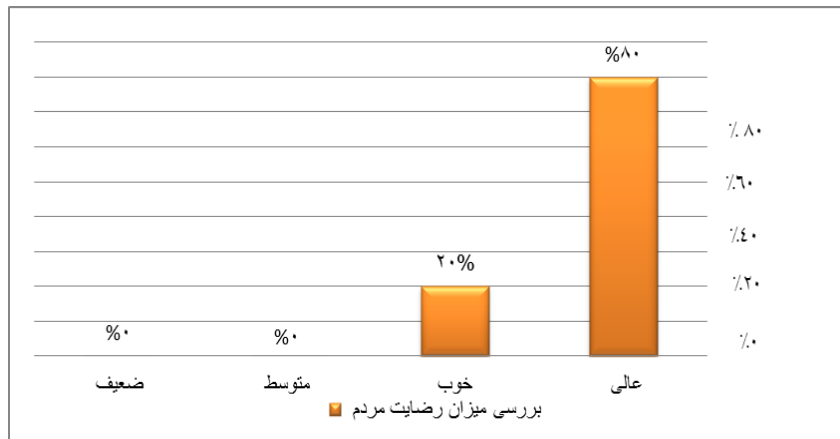
همان طور که در جدول ۱ دیده می شود تمامی مقادیر pH اندازه گیری شده همگی در حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی (حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی = ۷-۸/۵) بوده، تغییرات مقادیر EC آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه خانگی همگی در حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد ملی $EC: <800m/cm\mu$) بوده، مقادیر DO ثبت شده برای آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه خانگی همگی بجز محدوده تصفیه خانه شماره یک، پایین تر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد ملی $DO: >5$) بوده اند. مقادیر TDS ثبت شده در محدوده هر پنج تصفیه خانه آب نه تنها بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی (حد مجاز $TDS: 1500ppm$) نبوده بلکه از حد مطلوب آن (حد مطلوب $TDS: 500ppm$) نیز پایین تر می باشد، مقادیر اندازه گیری شده برای پارامتر سختی کل در محدوده پوشش پنج تصفیه خانه شهر اهواز همانند پارامتر TDS نه تنها بالاتر از حد مجاز (حد مجاز سختی کل: $500ppm$) نبوده بلکه پایین تر از حد مطلوب (حد مطلوب سختی کل: $150ppm$) آن برای آب آشامیدنی می باشد. مقادیر فلوراید در آب تصفیه شده بوسیله

سیستم های تصفیه خانگی به روشنی مشخص می شود که این مقادیر اندازه گیری شده همگی زیر حد استاندارد بوده است. مقادیر نترات آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه آب خانگی در محدوده هر پنج تصفیه خانه شهر بالاتر از حد استاندارد (استاندارد ملی نترات: ۴۵ ppm) نبوده است. مقادیر کلراید آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه آب خانگی به روشنی مشخص شود که مقادیر اندازه گیری شده برای این پارامتر در محدوده هر پنج تصفیه خانه شهر بالاتر از حد استاندارد (استاندارد ملی کلراید: ۶۰۰-۲۰۰ ppm) نبوده است.

میانگین مقادیر به دست آمده برای MPN در همه ایستگاه های نمونه برداری تحت پوشش تصفیه خانه های شهر، بجز محدوده تصفیه خانه اضطراری، بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد $MPN < 1$) بوده. با توجه با اطلاعات حاصل شده از پرسشنامه ها، همان طور که در نمودار ۱ دیده می شود، کمترین میزان استفاده از سیستم های تصفیه آب خانگی در شهر اهواز مربوط به بیش از نه سال پیش می شود و با گذشت زمان و نزدیک شدن به سال های اخیر میزان استفاده از این سیستم ها به طور چشمگیری افزایش یافته، به گونه ای که بیش از ۴۵ درصد مردم در طی سه سال اخیر اقدام به تهیه ی این سیستم ها نموده اند. با توجه به نمودار ۲ مشاهده می شود سیستم های تصفیه ی آب خانگی توانسته اند تا حد زیادی رضایت مردم را جلب کنند، به گونه ای که ۸۰ درصد مردم رضایت کامل از سیستم تصفیه آب خود داشته اند و در پاسخ به پرسشنامه ها هیچ یک اظهار عدم رضایت نکردند.



نمودار ۱: مدت زمان استفاده از سیستم های تصفیه خانگی آب توسط مردم در شهر اهواز-۱۳۹۲



نمودار ۲: میزان رضایت مردم شهر از کارایی سیستم تصفیه آب خانگی خود

جدول ۲. مقایسه پارامترهای کیفی آب در مناطق مختلف شهر پس از اعمال تصفیه خانگی، ۱۳۹۲

پارامتر	وجود تفاوت معنی دار ($p < 0.05$)، (دامنه اطمینان ۹۵٪)	فاقد تفاوت معنی دار
pH	محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴ با محدوده تصفیه خانه های ۵ و ۲	محدوده تصفیه خانه ۱ با محدوده تصفیه خانه ۳ با محدوده تصفیه خانه ۴ - محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵
EC	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵ با محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴	محدوده تصفیه خانه های ۱ و ۲ و ۵
DO	با محدوده تصفیه خانه های ۵ و ۲ با محدوده تصفیه خانه ۳ با محدوده تصفیه خانه ۱	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵
TDS	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵ و ۱ با محدوده تصفیه خانه ۴	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵ و ۱ و ۳
سختی کل	محدوده تصفیه خانه های ۱ و ۲ و ۵ با محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵ و ۱ با یکدیگر - محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴ با یکدیگر
فلوراید	محدوده تصفیه خانه های ۱ و ۲ و ۵ و ۴ با محدوده تصفیه خانه ۳	محدوده تصفیه خانه های ۱ و ۲ و ۵ و ۴
نیترات	محدوده تصفیه خانه ۵ با محدوده تصفیه خانه ۴ با محدوده تصفیه خانه ۳	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵ و ۱ - محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴
کلراید	محدوده تصفیه خانه های ۳ و ۴ و ۲ و ۵ با محدوده تصفیه خانه ۴	محدوده تصفیه خانه های ۱ و ۲ و ۳ و ۵ و ۴
MPN	محدوده تصفیه خانه ۳ با محدوده تصفیه خانه ۱ با محدوده تصفیه خانه ۴ با محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵	محدوده تصفیه خانه های ۲ و ۵

با توجه به جدول ۲، در تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از آزمون های آنالیز واریانس یک طرفه LSD و آزمون دانکن به منظور مقایسه پارامترهای کیفی آب در مناطق مختلف شهری به روشنی مشخص می شود که وجود تفاوت های معنی دار در تمام مناطق شهر یکسان نیست و برخی مناطق با برخی دیگر از نظر پارامترهای کیفی آب دارای تفاوت معنی دار و

برخی دیگر فاقد تفاوت معنی دار هستند. (وجود تفاوت معنی دار ($p < 0.05$)). در جدول شماره ۳ میانگین های پارامتر های کیفی آب خروجی از سیستم های تصفیه خانگی در نقاط مختلف شهر اهواز آورده شده و با مقادیر ملی و WHO مقایسه گردیده است.

جدول ۳: میانگین های پارامتر های کیفی آب خروجی از سیستم های تصفیه خانگی و مقایسه آنها مقادیر استاندارد

ایران و WHO

پارامترها (میلی گرم بر لیتر)	pH	DO (ppm)	EC ($\mu\text{mho/cm}$)	TDS (ppm)	سختی کل (ppm)	نیتрат (ppm)	فلوراید (ppm)	کلراید (ppm)	MPN (ml100Index)
میانگین	۸/۱۴	۲/۷۶	۳۳۸	۱۶۳	۷۸/۴	۰/۵۵۷	۰/۰۸	۵۵/۸	۵/۴۷
انحراف معیار	۰/۹۷	۱/۴	۳۰	۳۵	۳۵	۰/۳۵	۰/۰۷	۳۵	۱/۸
استاندارد ISIRI ۱۰۵۳	-۶/۵ ۸/۵	۵<	۸۰۰>	۱۵۰-۵۰۰	-۱۵۰ ۵۰۰	۴۵	۱/۷-۰/۶	۶۰۰-۲۰۰	۱>
استاندارد WHO	-۶/۵ ۸/۵	---	---	۵۰۰	۵۰۰	۵۰	۱/۵	۲۵۰	۰

نتیجه گیری

همانطور که در جدول شماره یک دیده می شود تمامی مقادیر pH اندازه گیری شده همگی در حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی (حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی: ۷-۸/۵) بوده و این بیان کننده این مطلب می باشد که سیستم های تصفیه خانگی عملکرد مطلوبی بر روی pH آب داشته اند از طرف دیگر این بالا بودن میزان pH مشکلات اسیدی شدن آب و افزایش خاصیت خورنگی آن را ندارد. همچنین در پژوهش مشابهی که یاری و همکاران در سال ۸۶ در شهر قم به انجام رسانیدند، مشخص شد که میانگین pH آب خروجی سیستم های تصفیه کمتر از حد مطلوب (۳/۶-۵/۵: pH) بوده که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی ندارد (یاری و همکاران، ۱۳۸۶). تغییرات مقادیر EC آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه خانگی (میانگین $EC: 338 \pm 30$) همگی در حد مطلوب استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد $EC: > 800 \text{ m/cm}$) بوده و از آن جا که از مقادیر هدایت الکتریکی آب برای تعیین میزان شوری آن نیز استفاده می شود، می توان این نتیجه گیری را کرد که دستگاه های تصفیه خانگی در کاهش میزان شوری آب نیز عملکرد مناسبی داشته اند در پژوهش مشابهی که میران زاده وربانی در سال ۸۷ در شهرکاشان به انجام رسانیدند، مشخص شد که EC آب خروجی سیستم های تصفیه آب خانگی (۲۹۰-۳۷۵: EC) در حد استاندارد آب آشامیدنی بوده که با نتایج به دست آمده برای تحقیق حاضر همخوانی

دارد (میران زاده وهمکاران، ۱۳۸۸). با توجه جدول یک این نکته به روشنی مشخص می شود که مقادیر DO ثبت شده برای آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه خانگی (میانگین اکسیژن محلول: $2/76 \pm 1/4$) همگی بجز محدوده تصفیه خانه شماره یک، پایین تر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد $DO > 5$) بوده اند. با بررسی تغییرات TDS آب حاصل از دستگاه های تصفیه خانگی، مشخص می شود که این مقادیر ثبت شده در محدوده هر پنج تصفیه خانه آب نه تنها بالاتر از حد مجاز آب آشامیدنی (حد مجاز: TDS 1500ppm) نبوده بلکه از حد مطلوب آن (حد مطلوب: TDS 500ppm) نیز پایین تر می باشد (میانگین TDS اندازه گیری شده: $163/61 \pm 35$). لازم به ذکر است که کاهش بیش از اندازه مقادیر TDS آب آشامیدنی موجب تغییر در مزه آب می شود که میزان احساس این تغییرات مزه در افراد مختلف متفاوت می باشد. همچنین TDS آب خروجی بستگی مستقیم به پارامترهایی نظیر: TDS آب ورودی، نوع املاح محلول در آب ورودی، دمای آب ورودی، فشار آب ورودی و ... دارد، لذا نمی توان مقدار معینی برای TDS آب خروجی از دستگاه در تمام مناطق تعیین کرد. در پژوهش مشابهی که میران زاده وربانی در سال ۸۷ در شهرکاشان به انجام رسانیدند، مشخص شد که TDS آب خروجی سیستم های تصفیه خانگی شهرکاشان (TDS: 159-350) پایین تر از محدوده استاندارد آب آشامیدنی بوده که با نتایج به دست آمده برای تحقیق حاضر همخوانی دارد. (۱۲) مقادیر اندازه گیری شده پارامتر سختی کل در محدوده پوشش پنج تصفیه خانه شهر اهواز همانند پارامتر TDS نه تنها بالاتر از حد مجاز (حد مجاز سختی کل: ۵۰۰ppm) نبوده بلکه پایین تر از حد مطلوب (حد مطلوب سختی کل: ۱۵۰ppm) آن برای آب آشامیدنی می باشد (میانگین سختی کل اندازه گیری شده: $78/4 \pm 35$). لازم به توضیح است که آب سخت نه تنها برای بدن انسان مضر نبوده بلکه مفید نیز می باشد. با توجه به مطالعات و بررسی های اپیدمیولوژیک مبنی بر کاهش میزان شیوع بیماری های قلبی عروقی در جوامع با میزان سختی آب و از طرفی بخش عمده املاح مفید آب و سختی مطابق جداول، مصرف بلند مدت آب حاصل از دستگاه های تصفیه آب خانگی نه تنها ارتقاء بهداشتی ایجاد نمی کند بلکه برای سلامتی مضر بوده و در بلند مدت موجب به خطر افتادن سلامتی افراد مصرف کننده می شود، به گونه ای که با کاهش دریافت کلسیم و منیزیم و املاح موجود در آب در بلند مدت بدن با افزایش شیوع عوارض استخوانی نظیر استئوپوروز و کمبود عناصر مغذی مواجه می گردد (Guilbaud et al., 2013). در پژوهش مشابهی که پزشک و محوی در سال ۸۹ در شهر مشهد به انجام رسانیدند، مشخص شد که میانگین سختی کل آب خروجی از سیستم های تصفیه پایین تر از حد استاندارد آب آشامیدنی بوده (سختی کمتر از ۳۵ میلی گرم بر لیتر) که با نتایج بدست آمده برای تحقیق حاضر همخوانی دارد. (پزشک و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۸۴) از نظر میزان فلوراید نتایج نشان داد که استفاده از دستگاه های تصفیه آب خانگی غلظت فلوراید آب را می تواند به حد صفر برساند. سازمان بهداشت جهانی وجود مقدار $0/7-1/5$ میلی گرم بر لیتر را به عنوان حد مطلوب اعلام

کرده است (WHO, 2004). سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده حداکثر میزان مجاز فلوراید در آب آشامیدنی را به منظور جلوگیری از فلوروزیس استخوانی ۴ میلی گرم بر لیتر و حداکثر غلظت ثانویه که بیش از آن موجب بروز فلوروزیس دندان می شود را ۲ میلی گرم بر لیتر اعلام کرده است. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز میزان فلوراید مطلوب در آب را بین ۰/۶-۱/۷ میلی گرم بر لیتر اعلام نموده است. یافته ها نشان می دهد که میزان فلوراید خروجی از این دستگاه ها نیز حدود صفر است. با توجه به نقش موثر فلوراید در رشد و استحکام دندان ها و استخوان ها به خصوص در کودکان در سنین رشد و شکل گیری دندان های دائمی و با توجه به این که اصلی ترین راه تامین فلوراید بدن از طریق جذب سیستمیک آن از طریق آب آشامیدنی است، این دستگاه ها با حذف این یون مفید موجب آسیب جدی به بدن و افزایش شاخص پوسیدگی های دندان می شوند (WHO, 2006). در پژوهش مشابهی که میران زاده و ربانی در سال ۸۷ در شهرکاشان به انجام رسانیدند، مشخص شد که میانگین فلوراید آب خروجی سیستم های تصفیه (فلوراید: ۰/۲ میلی گرم بر لیتر) پایین تر از حد استاندارد آب آشامیدنی بوده که با نتایج بدست آمده برای تحقیق حاضر همخوانی دارد (میزان زاده و همکاران، ۱۳۸۸). با بررسی تغییرات مقادیر نیترات آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه آب خانگی مشخص شود که مقادیر اندازه گیری شده برای این پارامتر در محدوده هر پنج تصفیه خانه شهر (نیترات خروجی: $0/557 \pm 0/35$) در حد مطلوب بوده است. لازم به توضیح است که، هرچند میزان نیترات در آب لوله کشی شهر پایین بوده و در نتیجه منجر به کاهش بیش تر آن در اثر تصفیه خانگی شده است. در پژوهش مشابهی که میران زاده و ربانی در سال ۸۷ در شهرکاشان به انجام رسانیدند، مشخص شد که میزان نیترات آب خروجی از سیستم های تصفیه (نیترات خروجی: ۳-۱ ppm) به حد مطلوبی کاهش یافته که با نتایج بدست آمده برای تحقیق حاضر همخوانی دارد (میران زاده، ۱۳۸۸). با بررسی جدول یک تغییرات مقادیر کلراید آب تصفیه شده بوسیله سیستم های تصفیه آب خانگی مشخص شود که مقادیر اندازه گیری شده برای این پارامتر در محدوده هر پنج تصفیه خانه شهر بالاتر از حد استاندارد نبوده است (کلراید خروجی: ± 35 ۵۵/۸). همان طور که در جدول دیده می شود آب خروجی از دستگاه های تصفیه آب خانگی از نظر کلر آزاد باقیمانده، کم تر از مقادیر مطلوب آن در آب شهری می باشد. میانگین مقادیر بدست آمده برای MPN در همه ایستگاه های نمونه برداری تحت پوشش تصفیه خانه های شهر (میانگین MPN: $1/8 \pm 5/47$)، بجز محدوده تصفیه خانه اضطراری، بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی (استاندارد $1 < \text{MPN}$) بوده که این مقادیر نشان دهنده آلودگی میکروبی آب آشامیدنی در زمان نمونه برداری می باشد. لازم به توضیح است که در آزمایشات به عمل آمده مشخص شد که سیستم های تصفیه خانگی، تاثیری بر کاهش آلودگی میکروبی آب نداشته و در بعضی موارد محیطی برای تکثیر باکتری ها فراهم آورده و موجب بالا رفتن مقادیر میانگین MPN می شوند. در پژوهش مشابهی که یاری و همکاران در سال ۸۱ به انجام رسانیدند،

مشخص شد که در حدود ۱۵ نمونه های از ۳۰ نمونه آب خروجی از دستگاه های تصفیه MPN بالای صفر داشته اند ولی در تحقیق حاضر آب خروجی از سیستم ها تقریباً در کلیه ی مناطق نمونه برداری MPN بالای صفر داشته اند (میران زاده و همکاران، ۱۳۸۸). استفاده از دستگاه های تصفیه و یون زدای آب خانگی از جنبه‌های اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی هزینه‌های زیادی بر اجتماع و برخی از خانواده ها که از این دستگاه ها استفاده می کنند، وارد می کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد استفاده از این دستگاه های تصفیه آب نه تنها موجب ارتقاء سلامت و بهداشت و کاهش بیماری ها نمی‌گردد، بلکه امکان افزایش برخی بیماری ها در اثر مصرف بلند مدت آب این دستگاه ها نیز وجود دارد. حذف املاح مفید از آب هم چون کلسیم، منیزیم، فلوراید، کربنات، بی کربنات موجب آسیب به مصرف کننده ای که کمبود کلسیم و فلوراید رنج می‌برد و گاه این املاح تا حد صفر کاهش می یابند. عدم توجه به تعویض به موقع فیلترها در شرایط عدم حضور کلر باعث تجمع مواد روی فیلترها و رشد باکتری و حتی ایجاد طعم و بوی خاص می گردد. بدیهی است مصرف بهینه جای خوش رنگ و آب کم املاح دستاورد بهداشتی برای افراد و خانواده ها محسوب نمی گردد.

سپاسگزاری

این مقاله در قالب یک پژوهش تحقیقاتی به انجام رسیده است. نویسندگان مقاله مراتب سپاسگزاری خود را از کارکنان مرکز آزمایشگاهی موسسه رازی جناب آقای مهندس احمد تقوی مقدم و جناب آقای دکتر محمد علی بیات زاده که همکاریشان در پیش برد این تحقیق تعیین کننده بود و همچنین از کلیه ی اساتید محترم واحد اهواز، مسئول آزمایشگاه مرکزی واحد اهواز و تمامی افرادی که به نحوی ما را در انجام این پروژه تحقیقاتی یاری نموده اند صمیمانه تشکر و قدردانی نموده و از خداوند متعال خواستار توفیقات روز افزون این عزیزان می باشیم.

منابع

یاری، ا؛ صفدری، م؛ حدادیان، ل؛ باباخانی، م. (۱۳۸۶). بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده دستگاه های آب شیرین کن بخش خصوصی در شهر قم در سال ۱۳۸۱. مجله دانشگاه علوم پزشکی قم، ۱: ۴۵-۵۴.

میران زاده، م؛ ربانی، د. (۱۳۸۸). بررسی کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان سال ۸۶-۸۷، دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران، کاشان: دانشکده بهداشت محیط، ۸-۱۰ آبان، ص ۷۲۰-۷۱۲.

پزشک، م؛ محوی، ا. (۱۳۹۰). بررسی کارایی سیستم های تصفیه آب با روش اسمز معکوس (RO) مورد استفاده در مشهد سال ۱۳۸۹، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، یزد: دانشکده علوم پزشکی، ۲۰-۲۳ آبان، ص ۱۸۴-۱۹۵.

- Osborne LL, Kovacic DA. (1993).** Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. *Freshwater biology.*;29(2):243-58.
- Calderon, R. (2000)** The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. *Food and chemical toxicology.*;38:S13-S20.
- Prats D, Chillon-Arias M, Rodriguez-Pastor M .(2000).** Analysis of the influence of pH and pressure on the elimination of boron in reverse osmosis.*Desalination.*;128(3):269-73.
- Le Cloirec P. (2001).** Adsorption in water and wastewater treatments. *Handbook of porous solids.*;2746-803.
- Borsuk ME, Stow CA. (2002).** Reckhow KH.Predicting the frequency of water quality standard violations: A probabilistic approach for TMDL development. *Environmental Science & Technology.*;36(10):2109-15.
- Peng W, Escobar IC. (2003).** Rejection efficiency of water quality parameters by reverse osmosis and nanofiltration membranes. *Environmental Science & Technology.*;37(19):4435-41.
- WHO. (2004).** WHO Guidelines for drinking-water quality,. Disponibile all'indirizzo: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq X. 2005;924156251.
- Fawell JK. (2006).** Fluoride in drinking-water:Who.;
- Lavado R, Ureña R, Martin-Skilton R,Torreblanca A, Del Ramo J, Raldúa D, et al.(2006).** The combined use of chemical and biochemical markers to assess water quality along the Ebro River. *Environmental Pollution.*;139(2):330-9.110
- Virkutyte J, Sillanpää M. (2006)** .Chemical evaluation of potable water in Eastern Qinghai Province, China: Human health aspects.*Environment international.*;32(1):80-6.
- Karavoltzos S, Sakellari A, Mihopoulos N, Dassenakis M, Scoullou MJ. (2008).** Evaluation of the quality of drinking water in regions of Greece. *Desalination.*;224(1):317-29.
- Taheri E, Vahid Dastjerdi M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A, Ghafarian Nabari F, Nikaeen M. (2010)** Evaluation of the Influence of Conventional Water Coolers on Drinking Water Quality. *J Health & Environ.*;2(4): 268- 75.[persian].
- Guilbaud J, Massé A, Andrès Y, Combe F, Jaouen P. (2012).** Influence of operating conditions on direct nanofiltration of greywaters: Application to laundry water recycling aboard ships. *Resources, Conservation and Recycling.*;62:64-70.