

## بررسی کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای کیفی آب شرب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۲

انوشیروان صدیق<sup>۱\*</sup>؛ فاطمه ناصحی<sup>۲</sup>؛ ابراهیم فتایی<sup>۲</sup>؛ مرتضی عالیقدری<sup>۳</sup>

۱. کارشناس و مربی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل ۲. عضو هیئت علمی گروه منابع طبیعی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل ۳. عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط و حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل  
\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۴۵۳۳۵۱۰۰۵۲ فکس: ۰۴۵۳۳۵۱۲۰۰۴ ایمیل: ansadigh@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** آب آشامیدنی علاوه بر تامین آب مورد نیاز بدن در برگیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره ای از آنها منجر به ایجاد مشکلات و بیماری‌های مختلفی می‌شود. این تحقیق با هدف بررسی کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در سال ۹۲ انجام گرفت. **روش کار:** این مطالعه یک مطالعه توصیفی تحلیلی بود. به این منظور، ۱۲ دستگاه تصفیه آب با خصوصیات متفاوت از لحاظ تعداد فیلترها و عمر فیلترها از نقاط مختلف که دارای منابع آب متفاوت اعم از چاه و آب سطحی بودند، انتخاب گردید.

**یافته ها:** نتایج نشان داد که میانگین کارآیی حذف نیترات، نیتریت، سولفات، کلراید و فلوراید توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به ترتیب ۷۹/۱۶، ۲۴/۱۹، ۴۸/۵، ۸۳/۴۸، ۷۲/۸۶ درصد می‌باشد و ضمناً میانگین کارآیی حذف این دستگاه‌ها در سختی کل ۸۲/۴۱، سختی کلسیم ۸۷/۱۰، سختی منیزیم ۶۵/۷۸، سدیم ۹۵/۰۵، پتاسیم ۷۹/۴۸، کدورت ۵۷/۹۸ و کلر باقیمانده ۱۰۰ درصد بود.

**نتیجه گیری:** نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که دستگاه‌های تصفیه آب خانگی کارآیی بسیار بالایی در حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب دارند و با توجه به اینکه اغلب پارامترهای آب شهری زیر حد استاندارد آب آشامیدنی ایران قرار دارد، استفاده از این دستگاه‌ها الزامی نمی‌باشد، چرا که اکثر غلظت پارامترها را تا زیر حد استاندارد کاهش می‌دهند و به نوعی باعث کاهش طعم آب و کاهش غلظت فلوراید به زیر حد استاندارد می‌شوند.

**واژه های کلیدی:** کیفیت آب شرب، شهر اردبیل، دستگاه‌های تصفیه آب، کیفیت فیزیکی و شیمیایی

دریافت: ۱۳/۱۰/۹۲ پذیرش: ۹۳/۶/۳

### مقدمه

آب یکی از نیازهای اساسی و اولیه هر موجودی است و بدون آن حیات معنایی نخواهد داشت (۱). آب آشامیدنی علاوه بر تامین آب مورد نیاز بدن در برگیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره‌ای از آنها منجر به ایجاد مشکلات و بیماری‌های مختلفی می‌شود (۲). بعنوان مثال می‌توان به کاهش و افزایش فلوئور

اشاره نمود که به ترتیب باعث پوسیدگی دندان و اسکروزیس خواهد شد (۲). بنابراین استانداردبودن کیفیت آب آشامیدنی می‌تواند نقش موثری در بهداشت و سلامت انسان به عهده داشته باشد. به همین دلیل یکی از وظایف اصلی مسئولین تهیه و توزیع آب شرب و کنترل کیفیت آن است (۳). آب آشامیدنی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری بایستی شفاف، زلال و عاری از کدورت باشد، از نظر میکروبی

و شیمیایی نیز بایستی در حد مطلوب قرار داشته باشد (۳). از لحاظ کیفیت شیمیایی آب آشامیدنی نیز کاتیون‌های چند ظرفیتی مخصوصاً کلسیم و منیزیم به راحتی ته‌نشین شده و بخصوص در واکنش با صابون سبب کف نکردن آن و تشکیل رسوبات مزاحم می‌گردند (۴). بر اساس استانداردهای ملی ایران حداکثر مطلوب سختی کل بر حسب کربنات کلسیم ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد (۵). بالابودن جامدات محلول (TDS<sup>۱</sup>) آب نیز سبب ایجاد مزه شوری در آب می‌شود و تمایل مصرف کنندگان به مصرف چنین آب‌هایی را کاهش می‌دهد، به همین دلیل مصرف کنندگان همیشه در پی آب‌های شیرین بوده‌اند (۳). همچنین 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 ایده‌ای است برای تبدیل آب شور به آب شیرین که روز به روز توسعه یافته و برای قرن‌ها از آن استفاده می‌شود (۶).

امروزه دستگاه‌های آب شیرین کن در تامین آب مورد نیاز کشورهای مختلف جهان نقش بسزایی دارند و با توجه به افزایش مصرف آب و کاهش منابع طبیعی و تجدیدپذیر آب شیرین، این نقش روزبه‌روز پررنگ‌تر می‌شود. استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن اگرچه منجر به تولید آب شیرین می‌شود، ولی این تکنولوژی نیز مانند سایر علوم طبیعی دارای یک سری معایب از جمله مصرف بالای انرژی و تأثیرات زیست محیطی می‌باشد. بطور کلی می‌توان گفت که دستگاه‌های آب شیرین کن از طریق تخلیه کنترل نشده پساب خروجی (پساب نمکی) می‌توانند به محیط زیست آسیب جدی وارد نمایند، چرا که پساب تولیدی در دستگاه‌های آب شیرین کن، دارای باقیمانده مواد شیمیایی بکار گرفته شده در

طول فرآیند، جامدات محلول بالا، شوری بالا، مواد معدنی خورنده، دمای بالاتر از محیط و همچنین چگالی بالا می‌باشد (۸،۷). در مناطقی از کشور ایران از جمله نوار ساحلی جنوبی و مناطق کویری به دلیل فقدان آب شیرین، تنها منبع تامین آب، آب‌های با املاح زیاد یا به عبارتی آب شور می‌باشد که در سال‌های اخیر با توجه به ورود و توسعه دستگاه‌های آب شیرین کن در کشور، مناطق ذکرشده آب آشامیدنی خود را با استفاده از این دستگاه‌ها تامین می‌نمایند (۹).

در ایران و جهان مطالعات مختلفی بر روی کیفیت آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن انجام شده است (۱-۴)، تحقیقات انجام شده نشان داده است که در دستگاه‌های آب شیرین کن به دلیل اینکه زدایش انتخابی وجود ندارد و تمام کاتیون‌ها و آنیون‌ها بدون توجه به مفیدبودن یا مفیدنبودن حذف می‌گردند، لذا می‌تواند منجر به برهم خوردن تعادل املاح در آب خروجی شود و سلامت مصرف کننده را به خطر اندازند (۳). از املاح مهمی که این دستگاه‌ها حذف می‌کنند، ریزمغذی‌هایی مانند: ید، روی، آهن، منیزیم، سلنیوم، مس، کروم، منگنز، کلسیم، فسفر، پتاسیم و فلوراید می‌باشند که به مقدار جزئی نقشی تأثیرگذار در واکنش‌های حیاتی موجودات زنده به‌عهده دارند و عدم دریافت آنها زندگی فرد و سلامت جامعه را در معرض خطر جدی قرار می‌دهد (۱۰).

با توجه به اینکه آب آشامیدنی شهر اردبیل از دو منبع سطحی (سد یامچی) و منابع زیرزمینی (چاه‌های مسیر بخش آبی بیگلو و چاه‌های موجود در مناطق مختلف شهر اردبیل) تامین می‌شود، مردم به استفاده از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی روی آورده‌اند، هرچند حذف مواد و املاح موجود در آب از جمله ریزمغذی‌ها توسط این دستگاه‌ها جای تامل دارد. این تحقیق با هدف بررسی کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب

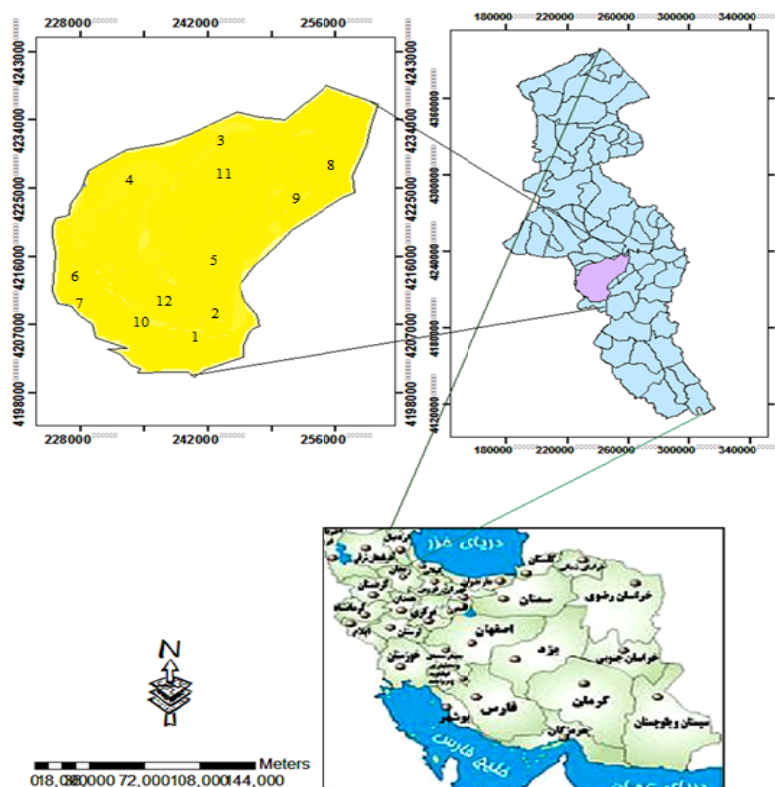
<sup>۱</sup> Total Dissolved Solids

خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای فیزیکی و شیمیایی انجام گرفت.

## روش کار

این مطالعه توصیفی تحلیلی، جهت بررسی کارایی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در کاهش یا حذف پارامترهای کیفی آب شرب شهر اردبیل در سال ۹۲ انجام شد. در ابتدای تحقیق با اکثر نمایندگی‌های فروش دستگاه‌های تصفیه آب موجود در اردبیل حضوراً مصاحبه بعمل آمد. نتایج این گفتگوها نشان‌دهنده روی آوردن مردم به استفاده از دستگاه‌های تصفیه آب، بدلیل عدم پذیرش کیفیت آب شرب بود. با توجه به متفاوت بودن نوع منبع تامین آب، در قسمت‌های مختلف شهر (اعم از آب چاه و آب سطحی) و طبیعتاً متفاوت بودن کیفیت آنها تعداد ۱۲ دستگاه تصفیه آب با خصوصیات متفاوت از لحاظ تعداد فیلترها و عمر فیلترها از نقاط مختلف انتخاب شدند، که موقعیت آنها در شکل ۱ نشان داده

شده است. نمونه‌برداری‌ها بر اساس روش‌های استاندارد ذکر شده در استاندارد نمونه‌برداری ایران صورت گرفت (۵) و در شرایط استاندارد دمایی به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل انتقال یافته و مورد تجزیه قرار گرفت. پارامترهای مورد بررسی بر روی هر کدام از نمونه‌ها شامل نیترات، نیتریت، سولفات، فلوراید، سختی، کلرور (CL)، کلر باقیمانده ( $CL_2$ )، سختی کل (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، کدورت، پتاسیم و سدیم بودند که تمامی مراحل انجام آزمایشات بر اساس کتاب استاندارد متد انجام گرفت (۵). در نهایت بعد از انجام آزمایش‌ها، نتایج با استفاده از آمار توصیفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، ضمناً در بررسی ارتباط بین تعداد فیلتر، عمر فیلتر و نوع منبع تامین آب شرب با کارایی دستگاه از آزمون آماری ANOVA و T-TEST استفاده گردید.



شکل ۱. موقعیت دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد مطالعه

## یافته ها

در جدول ۱ میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر کارآیی حذف پارامترهای مورد مطالعه بر روی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی نشان داده شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود میانگین کارآیی حذف نیترات، نیتريت، سولفات، کلراید و فلوراید توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به ترتیب ۷۹/۱۶، ۲۴/۱۹، ۸۳/۴۸، ۴۸/۵، ۷۲/۸۶ درصد می‌باشد.

جدول ۱. میزان حداقل و حداکثر کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی

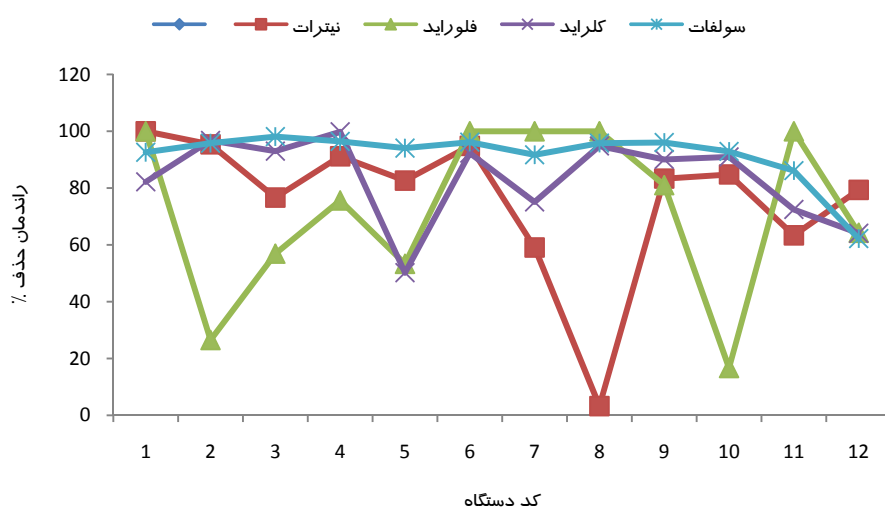
| شاخص‌ها       | حداقل | حداکثر | میانگین      | استاندارد مجاز |         |
|---------------|-------|--------|--------------|----------------|---------|
|               |       |        |              | ایران          | WHO     |
| نیترات        | ۱۲    | ۱۰۰    | ۷۹/۱۶±۲۶/۰۵  | ۵۰             | ۵۰      |
| نیتريت        | -۲۵۰  | ۳۵/۴۸  | -۲۴/۱۹±۷۵/۲۵ | ۳              | ۳       |
| سولفات        | ۶۲/۲۲ | ۹۸/۱۳  | ۹۱/۵۰±۹/۷۴   | ۲۰۰-۴۰۰        | ۲۵۰     |
| کلراید        | ۵۰/۲۱ | ۹۹/۸۱  | ۸۳/۴۸±۱۵/۱۲  | ۲۰۰-۴۰۰        | ۲۵۰     |
| فلوراید       | ۱۶/۶۷ | ۱۰۰    | ۷۲/۸۶±۲۹/۸۰  | ۰/۵-۱/۵        | ۰/۵-۱/۵ |
| کل            | ۶۰/۶۲ | ۹۴/۲۳  | ۸۲/۴۱±۹/۸۴   | ۵۰۰            | -       |
| سختی کلسیم    | ۷۲/۷۳ | ۹۶     | ۸۷/۱۰±۸/۶۳   | -              | -       |
| منیزیم        | ۲۸/۵۷ | ۸۸/۸۹  | ۶۵/۷۸±۲۰/۴۸  | -              | -       |
| سدیم          | ۸۶/۷۲ | ۶۸/۶۰  | ±۳/۸۶ ۹۴/۰۵  | ۲۰۰            | ۲۰۰     |
| پتاسیم        | ۳۹/۵۰ | ۹۶/۶۸  | ۷۹/۴۳±۱۵/۹۸  |                |         |
| EC            | ۷۹/۴۷ | ۹۷/۵۲  | ۹۰/۴۲±۶/۸۰   |                |         |
| TDS           | ۷۹/۴۷ | ۹۷/۵۲  | ۹۰/۶۳±۶/۷۰   | ۱۵۰۰           | ۱۰۰۰    |
| کدورت         | ۳۳/۳۳ | ۸۳/۳۳  | ۹            | <۵             | <۱      |
| کلر باقیمانده | ۱۰۰   | ۱۰۰    | ۱۰۰          | ۰/۲-۰/۸        | ۰/۲-۰/۸ |

جدول ۲. نتایج میانگین کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در شهر اردبیل در سال ۱۳۹۲

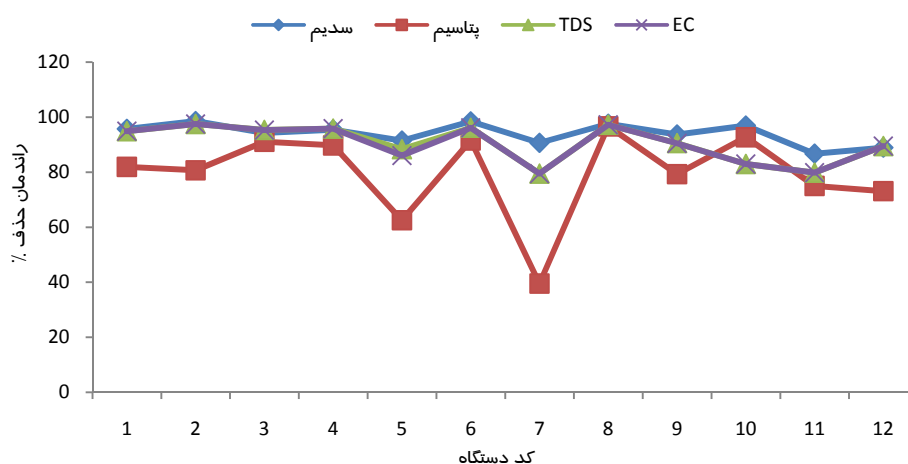
| شاخص        | کیفیت آب ورودی به |                 | کیفیت آب خروجی از | استاندارد کیفیت | نتایج آزمون    |                    |
|-------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|
|             | دستگاه تصفیه آب   | دستگاه تصفیه آب |                   |                 | ورودی با خروجی | خروجی با استاندارد |
| نیترات      | ۶/۰۱              | ۰/۹۳            | ۵۰                | P=۰/۶۵          | P<۰/۰۰۱        |                    |
| نیتريت      | ۰/۲۲              | ۰/۲۴            | ۳                 | P=۰/۰۶۴         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| سولفات      | ۶۷/۰۲             | ۳/۸۳            | ۲۰۰-۴۰۰           | P<۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| کلراید      | ۹۶/۲۳             | ۱۳/۰۶           | ۲۰۰-۴۰۰           | P=۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| فلوراید     | ۰/۶۰              | ۰/۱۶            | ۰/۵-۱/۵           | P<۰/۰۱          | P<۰/۰۰۱        |                    |
| سختی کل     | ۲۷۷/۵۵            | ۳۷/۳۳           | ۵۰۰               | P<۰/۰۱          | P<۰/۰۰۱        |                    |
| سختی کلسیم  | ۲۰۰/۲۲            | ۱۶/۸۸           | -                 | P<۰/۰۵          | P<۰/۰۰۱        |                    |
| سختی منیزیم | ۷۰                | ۲۰/۶۶           | -                 | P<۰/۰۵          | P<۰/۰۰۱        |                    |
| سدیم        | ۱۷۳/۳۸            | ۱۰/۸۲           | ۲۰۰               | P<۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| پتاسیم      | ۱۹/۰۷             | ۴/۲۲            | -                 | P<۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| EC          | ۸۷۵/۸۴            | ۸۳/۰۳           | -                 | P=۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| TDS         | ۵۷۶/۴۵            | ۵۳/۱۹           | ۱۵۰۰              | P=۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |
| کدورت       | ۰/۴۶              | ۰/۱۷            | <۵                | P=۰/۰۰۱         | P<۰/۰۰۱        |                    |

\*در جدول ۱ و ۲ کلیه واحدها (غیر از EC و کدورت) بر حسب میلی گرم بر لیتر می‌باشد.

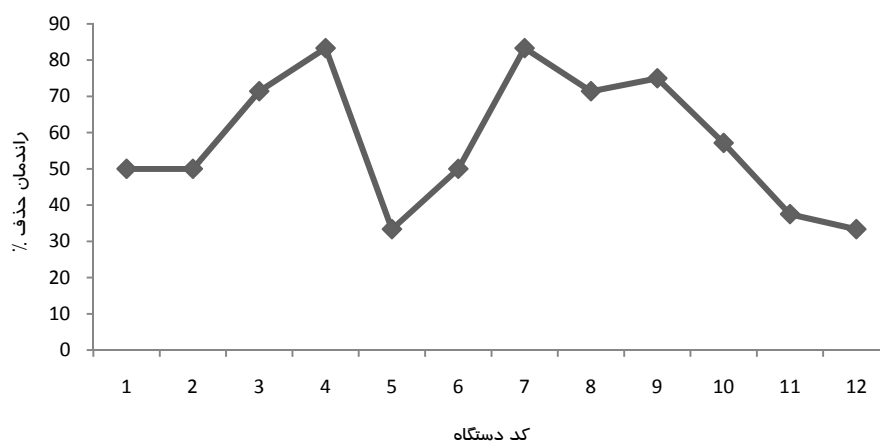
\*\* واحد کدورت JTU یا NTU و واحد EC میکروزیمنس بر سانتی متر می‌باشد.



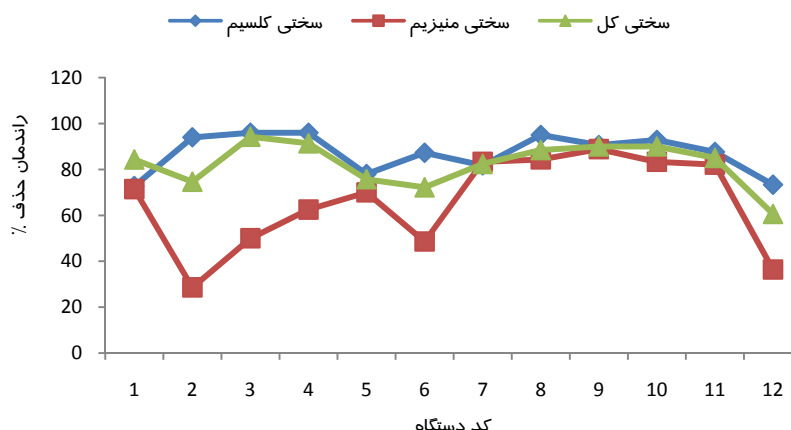
نمودار ۱. کارایی حذف نیترات، کلراید، فلوراید، سولفات در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد بررسی



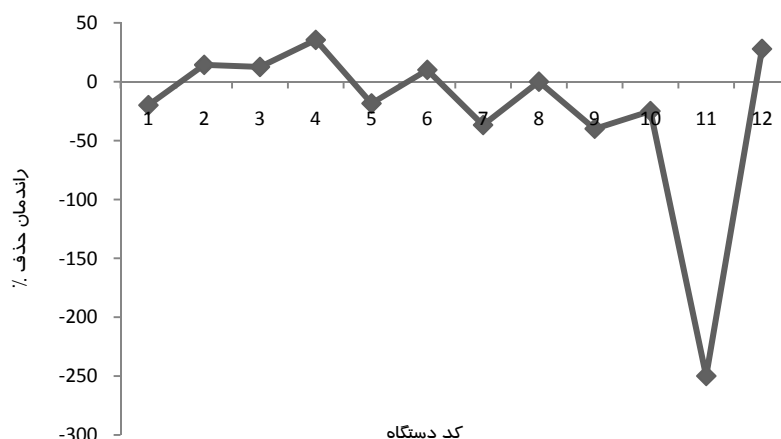
نمودار ۲. کارایی حذف TDS، EC، پتاسیم و سدیم در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد بررسی



نمودار ۳. کارایی حذف کدورت در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد بررسی



نمودار ۴. کارآیی حذف سختی کل، سختی منیزیم و سختی کلسیم در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی



نمودار ۵. کارآیی حذف نیترات در دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مورد بررسی

## بحث

می‌باشد که نشان می‌دهد دستگاه‌های تصفیه آب خانگی کارآیی بسیار بالایی در حذف نیترات دارند. با توجه به اینکه نیترات اثرات بهداشتی بسیار زیادی دارد (۱۵-۱۸) و عملاً به عنوان یک ماده مشکوک به سرطانزایی شناخته می‌شود (۱۷)، استفاده از این دستگاه‌ها می‌تواند در جلوگیری از اثرات بالقوه نیترات مثل متهموگلوبینمیا و نیتروزآمین بسیار مفید باشد.

در تحقیقی که نعیمی و همکاران در بنجورد انجام دادند، مشخص شد که میانگین نیترات در دستگاه‌های تصفیه آب ورودی و خروجی به ترتیب  $5/36 \text{ mg/l}$  و  $1/85 \text{ mg/l}$  بوده است که کارآیی حذف دستگاه‌ها در کاهش نیترات  $65/5\%$  گزارش گردید.

همانطور که از جدول ۱ و نمودار ۱ مشخص است میانگین کارایی حذف نیترات توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی  $79/16 \pm 26/05$  درصد می‌باشد. همچنین در بررسی غلظت نیترات ورودی و خروجی به دستگاه‌های تصفیه آب مشخص شد که میانگین غلظت نیترات ورودی به دستگاه‌های تصفیه آب خانگی  $5/25 \pm 6/89$  میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که نشان‌دهنده پایین‌تر بودن غلظت نیترات از حد استاندارد ایران و WHO ( $50 \text{ mg/l}$ ) و استاندارد EPA ( $45 \text{ mg/l}$ ) می‌باشد (۵، ۱۱، ۱۲). همچنین نتایج نشان داد که میانگین غلظت نیترات خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی برابر  $0/96 \pm 0/92 \text{ mg/l}$  است.

(۱). همچنین در تحقیقی که دهقانی و همکاران در قشم انجام دادند، میانگین نیترات در دستگاه‌های آب شیرین کن در ورودی و خروجی به ترتیب  $3/67 \text{ mg/l}$  و  $0/12 \text{ mg/l}$  بود که کارآیی دستگاه‌ها در کاهش نیترات  $92/2$  درصد بدست آمد (۹). در مطالعه انجام شده در فنلاند کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در کاهش نیترات  $91/75$  درصد بود (۱۳)، که تقریباً با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. میانگین کارآیی حذف سولفات در مطالعه حاضر بوسیله دستگاه‌های تصفیه آب خانگی  $91/5\%$  با انحراف معیار  $9/74$  به دست آمد (نمودار ۱، جدول ۱). همچنین میانگین غلظت سولفات آب شهری (ورودی به دستگاه‌ها) حدود  $70/4 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $26/21$  بود که نشان‌دهنده پایین بودن غلظت سولفات از حد استاندارد توصیه شده بوسیله سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و WHO ( $250 \text{ mg/l}$ ) و همچنین EPA ( $400-200 \text{ mg/l}$ ) می‌باشد (۵، ۱۱، ۱۲). با توجه به غلظت سولفات خروجی از دستگاه‌ها، مشخص شد که میانگین غلظت سولفات خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب برابر  $6/56 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $9/82$  می‌باشد که نشان‌دهنده کاهش بسیار زیاد غلظت سولفات توسط این دستگاه‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه غلظت املاح موجود در آب جهت ایجاد طعم در آب آشامیدنی به مقدار کم ضروری می‌باشد، این میزان کاهش ممکن است طعم آب را به میزان زیادی از بین ببرد و این امر می‌تواند از معایب این دستگاه‌ها به شمار رود. از طرف دیگر به خاطر اثرات مسهلی سولفات این مقدار کاهش می‌تواند در مواقعی مفید باشد (۱۹، ۲۰).

کلراید نیز جزء املاحی می‌باشد که در ایجاد طعم در آب بسیار مفید است. بر اساس نمودار ۱ و جدول ۱ مشخص است که کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب در حذف کلراید  $44/48\%$  با انحراف معیار  $15/12$  می‌باشد که میانگین غلظت کلراید آب شهری (ورودی به دستگاه)  $105/87 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار

$44/64$  و میانگین غلظت کلراید خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب  $15/98 \text{ mg/l}$  با انحراف معیار  $16/64$  می‌باشد که نشان‌دهنده پایین بودن غلظت کلراید در آب شهری و آب تصفیه شده بوسیله دستگاه‌های تصفیه آب خانگی از حد استانداردهای آب آشامیدنی ایران، WHO و EPA ( $400 \text{ mg/l}$ ) - (۲۰۰) می‌باشد (۵، ۱۱، ۱۲). بنابراین با کاهش این حد از کلراید از آب شهری، طعم آب نیز تا حدودی از بین خواهد رفت، زیرا بر اساس توصیه سازمان‌های ذیربط وجود املاحی مانند کلراید و سولفات در ایجاد طعم مناسب جهت آشامیدن ضروری است (۱۴، ۲۰).

در مطالعات انجام شده در قشم در سال ۹۰-۹۱ میانگین میزان کلراید در دستگاه‌های تصفیه آب به ترتیب حدود  $201 \text{ mg/l}$  و  $7/78 \text{ mg/l}$  بوده که راندمان دستگاه در کاهش کلراید  $97\%$  می‌باشد (۱). در مطالعات انجام شده در کاشان میانگین کلراید در ورودی و خروجی دستگاه‌ها به ترتیب حدود  $204 \text{ mg/l}$  و  $68 \text{ mg/l}$  بوده که کارآیی کاهش  $66/5$  درصد را نشان می‌دهد (۳). در مطالعه انجام شده در بجنورد میانگین کلراید به ترتیب در ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب  $167 \text{ mg/l}$  و  $37 \text{ mg/l}$  بوده که کارآیی دستگاه در کاهش کلراید  $77/8$  درصد می‌باشد (۹).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دستگاه‌های تصفیه آب در حذف فلوراید کارآیی مناسبی دارد، بطوری که میانگین کارآیی دستگاه‌ها در حذف فلوراید  $21/80 \pm 72/86$  درصد بدست آمد. همچنین غلظت فلوراید آب آشامیدنی شهر اردبیل (در ورودی دستگاه‌های تصفیه آب) در این تحقیق با میانگین  $41 \text{ mg/l} \pm 0/54$  دستگاه‌های تصفیه آب در حد استاندارد ایران و WHO و EPA ( $1/5-0/5 \text{ mg/l}$ ) قرار دارد (۵، ۱۱، ۱۲)، اما میانگین غلظت فلوراید خروجی از دستگاه‌ها از حد استاندارد توصیه شده بسیار پایین‌تر می‌باشد (۵، ۱۱، ۱۲). با توجه به اینکه کمبود فلوراید اثرات بهداشتی بر روی سلامت انسان

دارد و می‌تواند باعث پوسیدگی دندان و اثرات بر روی استخوان و اسکلت انسان شود (۱۴،۲۱) و از طرفی برای جبران کمبود فلوراید در آب آشامیدنی، بصورت دستی در تصفیه‌خانه به آب فلوراید اضافه می‌شود، بنابراین کاهش فلوراید توسط این دستگاه‌ها یکی از معایب اصلی این دستگاه‌ها بوده و ممکن است اثرات بهداشتی را برای انسان در پی داشته باشد، البته مطالعات مشابهی که در سایر نقاط انجام شده نیز حذف فلوراید توسط این دستگاه‌ها و کاهش آن به کمتر از حد استاندارد آب آشامیدنی را تایید کرده است (۱،۲،۳،۹). در مطالعه انجام شده در بجنورد کارآیی دستگاه‌های تصفیه آب در کاهش فلوراید ۶۸/۸ درصد بوده (۱) و در مطالعه انجام گرفته در کاشان این کارآیی ۷۵/۹ درصد بوده است (۳). در مطالعه دیگری که در قشم انجام گرفته کارآیی دستگاه‌ها در کاهش فلوراید ۹۹/۳ درصد می‌باشد (۹) که همه موارد تاییدکننده نتایج تحقیق حاضر می‌باشند.

نتایج مطالعه نشان داد که کارآیی حذف سختی کل، سختی کلسیم و سختی منیزیم توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به ترتیب ۸۲/۴۱، ۸۷/۱ و ۶۵/۷۸ درصد می‌باشد (جدول ۱ و نمودار ۱). همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که میزان سختی کل، کلسیم و منیزیم آب شهری اردبیل به ترتیب  $273/16 \text{ mg/l}$ ،  $187/66 \text{ mg/l}$  و  $80 \text{ mg/l}$  و میانگین سختی کل، کلسیم و منیزیم خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به ترتیب  $24/25 \text{ mg/l}$ ،  $18/58 \text{ mg/l}$  و  $42/66 \text{ mg/l}$  می‌باشد. با توجه به اینکه سختی آب شرب شهر اردبیل بر اساس طبقه بندی WHO، در طبقه آب‌های سخت قرار دارد ( $150-300 \text{ mg/l}$ ) (۱۵، ۱۴)، اما بعد از تصفیه توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در طبقه آب‌های سبک قرار می‌گیرد (کمتر از  $75 \text{ mg/l}$ ) و چون آب‌های سبک باعث بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود (۲۲)، بنابراین کاهش این میزان از سختی توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی ممکن

است اثرات بهداشتی در پی داشته باشد (۲۲) و به عنوان یکی از معایب این دستگاه‌ها در نظر گرفته شود. در تحقیق انجام گرفته در بجنورد میانگین ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده سختی کل به ترتیب حدود  $568 \text{ mg/l}$  و  $136 \text{ mg/l}$  می‌باشد که کارآیی دستگاه در کاهش میزان سختی کل ۷۶ درصد است (۱) و در مطالعه مشابه در کاشان که میانگین سختی کل در ورودی و خروجی دستگاه‌های تصفیه آب به ترتیب حدود  $319/37 \text{ mg/l}$  و  $118/25 \text{ mg/l}$  می‌باشد که کارآیی دستگاه در کاهش سختی کل ۶۲/۹ درصد بوده است (۳) و در مطالعه مشابه که در قشم انجام شده این کارآیی در کاهش سختی کل در دستگاه‌های تصفیه آب ۹۹/۵ درصد می‌باشد (۹).

در این مطالعه میانگین و انحراف معیار کلر باقیمانده آب شرب شهر اردبیل (آب ورودی به دستگاه‌های تصفیه آب)  $0/23 \pm 0/18 \text{ mg/l}$  بدست آمد که نشان‌دهنده این است که کلر باقیمانده در آب شرب شهر اردبیل در حد استاندارد ایران و WHO ( $\text{mg/l}$ )  $0/2-0/8$  قرار دارد (۵)، اما کل غلظت‌های خروجی کلر باقیمانده از دستگاه‌ها برابر صفر بوده است که نشان‌دهنده راندمان حذف ۱۰۰ درصدی کلر باقیمانده توسط این دستگاه‌ها می‌باشد، که این وضعیت می‌تواند اثرات ثانویه کلر را که برای غیرفعال‌سازی میکروب‌ها استفاده می‌شود، کاهش دهد. در مطالعه‌ای که در سال ۸۱ در قم انجام شده نیز کلر باقیمانده در خروجی دستگاه‌های تصفیه صفر یا کمتر از ۱ (در حد صدم٪) بوده است (۲) که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

میانگین و انحراف معیار کارآیی حذف کدورت در مطالعه حاضر توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی  $57/98 \pm 18/49$  درصد می‌باشد که میانگین میزان کدورت ورودی به دستگاه‌های تصفیه آب NTU  $0/49 \pm 0/11$  می‌باشد که نشان می‌دهد میزان کدورت آب شرب شهر اردبیل در استاندارد آب

آشامیدنی ایران (زیر NTU ۱) قرار دارد (۵)، اما از لحاظ مطلوبیت در حد استاندارد نیست؛ اما آب شرب تصفیه شده توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی از لحاظ مطلوبیت و زیبایی‌شناختی بسیار مطلوب‌تر از آب شرب ورودی می‌باشد و نشان می‌دهد که این دستگاه‌ها در حذف کدورت بسیار خوب عمل می‌کنند. با توجه به اینکه کدورت از لحاظ زیبایی‌شناختی و همچنین در بحث کلرزنی و حفاظت میکروارگانیسم‌ها حائز اهمیت است (۲۳). استفاده از این دستگاه‌ها می‌تواند مشکلات مربوط به کدورت را رفع کند. میانگین کارآیی حذف سدیم توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی در این مطالعه  $95/05$  درصد بدست آمد و همچنین میانگین غلظت سدیم آب شهری و همچنین آب خروجی از دستگاه تصفیه آب شهری به ترتیب  $174 \pm 27/98$  و  $10/39 \pm 7/18$  میلی گرم در لیتر بود که نشان‌دهنده غلظت بالای سدیم در آب شهری می‌باشد، اما بعد از خروج از دستگاه آب تصفیه خانگی غلظت آن به میزان بسیار زیادی کاهش پیدا می‌کند که نشان‌دهنده کارآیی بسیار بالای این دستگاه‌ها ( $95/05\%$ ) در حذف سدیم از آب شهری می‌باشد. همچنین میانگین کارآیی حذف پتاسیم در این مطالعه  $79/48 \pm 15/98$  بدست آمد که میانگین غلظت پتاسیم آب شهری و آب خروجی از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی به ترتیب  $19/7 \pm 7/29$  و  $3/82 \pm 3/73$  میلی گرم در لیتر بدست آمد. هرچند غلظت پتاسیم آب شهری پایین‌تر از استاندارد ایران و استانداردهای بین‌المللی است (۵، ۱۱)، اما دستگاه‌های تصفیه آب خانگی غلظت پتاسیم را به میزان بسیار زیادی حذف می‌کند. سدیم و پتاسیم جزء املاحی می‌باشند که در رابطه با طعم آب حائز اهمیت می‌باشند، اما از دید بهداشتی این دو عنصر برای بیماران کلیوی و دیالیزی دارند، می‌تواند مفید باشد (۲۴). اما برای سایر افراد به دلیل کاهش طعم آب این دستگاه‌ها از این جنبه توصیه نمی‌شود.

نتایج این مطالعه نشان داد که طول عمر فیلترها اثر معنی‌دار بر میزان خروجی نیتريت داشته، بطوری که فیلترهایی که طول عمر کمتر از ۹۰ روز (سه ماه) داشتند، اختلاف معنی‌داری در میزان نیتريت خروجی نسبت به فیلترهای با طول عمر بین ۹۰ تا ۱۸۰ روز و بیش از ۱۸۰ روز نشان داد ( $p < 0/05$ )، اما طول عمر فیلترها تاثیر معنی‌داری بر میزان خروجی سایر شاخص‌ها نشان نداد.

در این مطالعه نقش دستگاه تصفیه آب خانگی بر روی دو نوع منبع آب‌های سطحی و زیرزمینی بررسی گردید و نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان سولفات، کلراید، سختی کل ( $p < 0/05$ ) و کدورت، EC، هدایت الکتریکی و TDS ( $p < 0/01$ ) و همچنین سدیم ( $p < 0/001$ ) بین ورودی آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد و اختلاف معنی‌داری بین میزان سایر شاخص‌ها در آب‌های زیرزمینی و سطحی مشاهده نگردید. بررسی میانگین شاخص‌ها در آب خروجی دستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری را بین آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان نداد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شاخص‌هایی که میزان آنها در آب ورودی از دو منبع با هم متفاوت بود، توسط دستگاه تعدیل شده، در نتیجه اختلاف معنی‌داری در میزان آنها در دو نوع منبع در خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مشاهده نشد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که میزان نیتريت خروجی از دو دستگاه تصفیه آب خانگی سه فیلتره و شش فیلتره تغییرات معنی‌داری نسبت به یکدیگر دارند ( $p < 0/05$ )، اما تعداد فیلتر تاثیر بر میزان سایر شاخص‌ها در آب خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی نشان نداد.

### نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که دستگاه‌های تصفیه آب خانگی کارآیی بسیار بالایی در حذف پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب دارند و با توجه

به اینکه اغلب پارامترهای آب شهری زیر حد استاندارد آب آشامیدنی ایران قرار دارد، استفاده از این دستگاه‌ها الزامی نمی‌باشد، چرا که اغلب غلظت پارامترها را تا زیر حد استاندارد کاهش می‌دهند و به نوعی باعث کاهش طعم آب و کاهش غلظت فلوراید به زیر حد استاندارد می‌شوند. بررسی میانگین شاخص‌ها در آب خروجی دستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری را بین آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان نداد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت شاخص‌هایی که میزان آنها در آب ورودی از دو منبع با هم متفاوت

بود، توسط دستگاه تعدیل شده، در نتیجه اختلاف معنی‌داری در میزان آنها در دو نوع منبع در خروجی دستگاه‌های تصفیه آب خانگی مشاهده نشد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از مدیریت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و مسئولین محترم دانشکده بهداشت به لحاظ حمایت مالی این تحقیق نهایت تشکر را دارند.

### References

- 1- Tavangar A, Naimi N, Alizade H, Tavakoli Ghochani H, Ghorbanpour R. Evaluation of water treatment systems' performance available in Bojnurd city during 2013. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences. 2013;5(Student Research Committee Supplementary ):1120.(In Persian)
- 2- Yari AR, Safdari M, Hadadian L, Babakhani H. The physical, chemical and microbial quality of treated water in Qom's desalination plants. Journal of Qom University of Medical Sciences 2007; 1(1): 45-54.(In Persian)
- 3- Miranzade M, Rabbani D. Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Kashan during 2008. Kashan Medical Journal, 2010;14(2):120-125.(In Persian)
- 4- Massoudinejad M et al. Fundamentals of Water Treatment, Shar Ab Publications, 2011: 63-132.
- 5- National Standards of Iran. No. 1053, 5th.revision., Drinking water - Physical and chemical specifications. ICS:13.060.020
- 6- Greenlee L., Lawler D., Freeman B., Marrot B., Moulin P., Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges, water research 2009; 43: 2317 – 2348.
- 7- Toufic M, Hasan F, Zeina A, et al. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies Journal of Desalination 2011 ; 266: 263–273.
- 8- Nasrabadi N. Spread evaluation of pathogenic and influe nce on the food chain in southwest shores of Persian Gulf. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Coasts, ports and Marine structures 2004 November- December 29-2, Tehran, Iran. (In Persian)
- 9- Deghani M, Nourmoradi H, Hashemi ,, Azimi A, Doleh M, Vafaei R. An evaluation of physical, chemical and biological quality of influent and effluent water obtained by reverse osmosis and multistage flash processes for drinking consumption. Journal of Research in Medical Sciences. 2013; 36 (5) :36-42. (In Persian)
- 10- Course plan:MomenzadehAbbas, professor atShahid BeheshtiUniversity ofMedicalSciences.
- 11- EPA, 2004. "Edition of the drinking water standards and health advisories", EPA 822- R- 04- 005, Office of water protection agency Washington, DC.
- 12- World Health Organization, 2006. "Guidelines for Drinking-water Quality [electronic resource]", incorporating first addendum, Volume 1 Recommendations, 3<sup>rd</sup> ed, World Health Organization
- 13- Sehn P. Fluoride removal with extra low energy reverses osmosis membranes in Finland. Desalination 2008;223:73-84.
- 14- Industrial research and standard institute of Iran, 1997. "Physical and chemical quality of drinking water", Fifth edition, No 1053, Tehran.
- 15- DES. Nitrate and Nitrite: Health Information Summary; Environmental Fact Sheet. New Hampshire Department of Environmental Services. ARD-EHP-16; 2006.

- 16- Gilchrist M, Winyard PG, and Benjamin N. Review; Dietary nitrate – Good or bad? Nitric Oxide 2010; 22:104-109.
- 17- Gangolli SD et al. Assessment; Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. European Journal of Pharmacology Environmental Toxicology and Pharmacology Section 1994; 292: 1-38
- 18- Manassaram DM, Baker LC, and Moll DM. A review of nitrates in drinking water: maternal exposure and adverse reproductive and developmental outcomes. Ciencia & Saude Coletiva, Rio de Janeiro, Brasil; 2007: 153-163.
- 19- Savari, J, 2006. “Surveys the physical and chemical quality of Ahvaz city drinking water”. The journal of Tehran University of Medical Science. School of Public health and research institution 5, pp.75-85.
- 20- Sasidhar., P, and K.S.B. Vijay, 2008. “Assessment of groundwater corrosiveness for unconfined aquifer system at Kalpakkam”. Environ Monit Assess 145, pp.445-452.
- 21- Chalkesh., A. M, 2007. “Principles of water treatment“, 6<sup>nd</sup> ed, Arkan pp.73-83.
- 22- Michal., C, E.I. Ziv and E.R. Bruce, 2008. “Systematic evaluation of nitrate and perchlorate bioreduction kinetics in groundwater using a hydrogen-based membrane biofilm reactor”. Water Research Published online 11 October, 2009 43, pp.173–181
- 23- Martin., J. A, W.B. Ronald, C. Ray, E. Steve, C. Hrudey, and P. Pierre, 2008. “Ministerial Technical Advisory Committee”, Prepared for The Minister of Health Province of British Columbia pursuant to Section 5 of the Drinking Water Act (S.B.C. 2001).
- 24- World Health Organization, 2006. “Guidelines for Drinking-water Quality [electronic resource]”, incorporating first addendum, Volume 1 Recommendations, 3<sup>nd</sup> ed, World Health Organization.

# Investigating the Efficiency of Home Water Treatment Systems to Reduce or Eliminate Water Quality Parameters in the City of Ardabil in 1392

Sadigh A<sup>\*1</sup>, Nasehi F<sup>2</sup>, Fataei E<sup>3</sup>, Aligadri M<sup>4</sup>

1. Expertin school of public health, Ardabil University of Medical Sciences and MSc student of environmental engineering, Azad University, Ardabil Branch, Ardabil, Iran

2. Academic Member in Department of Natural Resources of Environment, Azad University, Ardabil Branch, Ardabil, Iran

3. Academic Member in Department of environmental and occupational health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

\* *Corresponding author.* Tel: +984533510052 Fax: +984533512004 E-mail: ansadigh@yahoo.com

Received: Jan 3, 2014 Accepted: Aug 25, 2014

## ABSTRACT

**Background & Objectives:** In addition to supplying the needed water of human body, drinking water contains salts and minerals that are essential for the human body. Deficiency or excess of some of these minerals cause different problems and diseases. This study aimed to evaluate the effectiveness of home water treatment systems on reducing or eliminating the physical and chemical parameters in 2013.

**Methods:** This was an analytical descriptive study. 12 water treatment units with different characteristics, in terms of the number of filters and filter life were selected from different locations that have different water sources including wells and surface water.

**Results:** The results showed that mean removal efficiency of nitrate, nitrite, sulfate, chloride and fluoride by home water treatment systems, respectively are 79.16, 24.19, 48.5, 83.48, 72.86%. The average efficiency for removing of total hardness, calcium hardness, magnesium, Na, K, turbidity, and residual chlorine were respectively 82.41, 87.10, 65.78, 95.05, 79.48, 98.57, and 100%.

**Conclusion:** Obtained results showed that home water treatment systems have very high efficiency to remove water physicochemical parameters. Using these systems are not necessary since most of the drinking water parameters are blow the Iran drinking water standards. In most cases they reduce the parameters to lower than the standard limits and decrease the taste and fluoride concentration to less than the standard values.

**Keywords:** Potable Water Quality; Ardabil City; Water Treatment Systems; Physicochemical Quality.