



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



1058P-NWWCE

بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده دستگاه‌های آب شیرین کن در شهر

بیرجند در پاییز و زمستان ۱۳۹۴

علی نقی زاده*^۱، محمد کامرانی^۲، مریم غفوری^۳

۱- استادیار و عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی

بیرجند

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، کارشناس کنترل کیفی آب‌فاز خراسان جنوبی

*Maryamghafoory787@gmail.com

خلاصه

توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست همواره به تأمین آب سالم بستگی دارد. آب آشامیدنی علاوه بر تأمین آب مورد نیاز بدن دربرگیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره‌ای از آن‌ها باعث ایجاد مشکلات و بیماری‌های مختلفی می‌شود. با توجه به گسترش مصرف روزافزون آب دستگاه‌های آب شیرین کن در شهر بیرجند و لزوم پایش مداوم کیفیت این آب‌ها، در این مطالعه تعیین کیفیت میکروبی و شیمیایی آب دستگاه‌های آب شیرین کن در سطح شهر بیرجند، در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. مطالعه حاضر توصیفی-مقطعی بوده که در آن پارامترهای مختلفی از جمله سختی کل، کلسیم، منیزیم، pH، سولفات، قلیائیت، کلر آزاد باقیمانده، کلیفرم‌ها کل و کلیفرم‌های مدفوعی، آب دستگاه‌های آب شیرین کن مورد سنجش قرار گرفت. با توجه به نتایج این تحقیق، مشخص شد که تقریباً اکثر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی اندازه‌گیری شده از حداکثر مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی تعیین شده کمتر بوده است. همچنین نمونه‌های مورد مطالعه، از نظر کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی در حد استاندارد بودند. با توجه به نتایج این تحقیق توصیه می‌شود که به صورت دوره‌ای پارامترهای کیفی انواع آب‌های دستگاه آب شیرین کن مورد پایش قرار گرفته و نتایج آن به مسئولین زیربط انعکاس داده شود. نتایج نشان داد که کیفیت اکثر پارامترهای مورد بررسی آب خروجی آب شیرین کن های بیرجند در حد مطلوب قرار دارد. فقط باید متذکر شد که مقدار کلر آزاد باقیمانده آب آب شیرین کن ها کمتر از مقدار استاندارد است که احتمال ایجاد آلودگی‌های ثانویه را در آب افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت شیمیایی، کیفیت میکروبی، آب شیرین کن، بیرجند

۱. مقدمه

آب با کمیت و کیفیت مطلوب برای ادامه حیات بشر ضروری است [۱]. توسعه بهداشت و حفاظت از محیط زیست همواره به تأمین آب سالم بستگی دارد [۲]. آب آشامیدنی علاوه بر تأمین آب مورد نیاز بدن دربرگیرنده املاح و عناصر معدنی و ضروری برای بدن است که کمبود یا افزایش پاره‌ای از آن‌ها باعث ایجاد مشکلات و بیماری‌های مختلفی می‌شود [۳]. بنابراین استاندارد بودن کیفیت آب آشامیدنی می‌تواند نقش مؤثری در بهداشت و سلامت انسان به عهده داشته باشد. به همین دلیل یکی از وظایف اصلی مسئولان تهیه و توزیع آب شرب، کنترل کیفیت آن است. آب آشامیدنی بایستی علاوه بر اینکه از نظر ظاهری شفاف، زلال و عاری از کدورت باشد، از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی نیز در حد مطلوبی باشد [۴]. وجود باکتری‌هایی همچون اشرشیاکلی و کلیفرم‌ها در آب نشان‌دهنده ناکافی بودن فرآیند تصفیه و همچنین آلودگی متناوب و اخیر آب با مدفوع انسان و

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

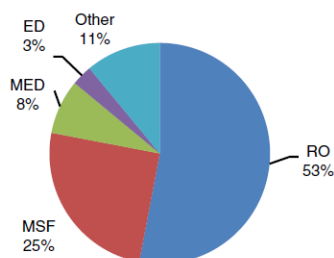
دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

حیوان است. 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 [۵]. براساس استانداردهای ملی ایران حداکثر مطلوب سختی کل بر حسب کربنات کلسیم ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد [۶]. بالا بودن جامدات محلول آب باعث مزه شوری در آب شده و تمایل مصرف کنندگان را به استفاده از این آب‌ها کاهش می‌دهد [۴]. سازمان بهداشت جهانی اولین رهنمود کیفیت آب آشامیدنی را در سال‌های ۸۵-۱۹۸۴ منتشر و سپس در سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۱ رهنمود ویرایش شده را در دسترس کشورها و سازمان‌های مسئول قرار داد [۷]. در ایران نیز استاندارد مربوط به ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی آب آشامیدنی تحت عنوان استاندارد ۱۰۵۳، نخستین بار در سال ۱۳۴۵ تدوین شد و در سال ۱۳۸۸، پنجمین بازنگری آن تصویب شد و منتشر گردید. امروزه دستگاه‌های آب شیرین کن در تأمین آب مورد نیاز کشورهای مختلف جهان نقش بسزایی دارند و با توجه به افزایش مصرف آب و کاهش منابع طبیعی و تجدید پذیر آب شیرین، این نقش هر روز پررنگ تر می‌شود [۸]. تکنولوژی‌های آب شیرین کن مختلفی توسعه پیدا کرده است، از جمله نمک زدایی بر اساس فرایند های حرارتی مانند تقطیر چند مرحله ای (MSF)، تقطیر چند تاثیر (MED)، تقطیر تراکم بخار (VCD)، و فرایندهایی نمک زدایی که با غشاء کار می کنند مانند الکترو دیالیز (ED)، اسمز معکوس (RO) و نانوفیلتراسیون (NF) [۹]. تا به امروز، بیش از ۱۵۰۰۰ طرح آب شیرین کن، در سرتاسر جهان نصب شده است و حدود ۵۰٪ از آن ها فرایند اسمز معکوس است. به دلیل سادگی و هزینه انرژی نسبتاً پایین اسمز معکوس، این فرایند نمک زدایی ظرفیت استفاده به شدت رو به رشدی در سرتاسر جهان دارد. در یک تقسیم بندی کلی، دستگاه‌های آب شیرین کن به دو گروه اصلی تقسیم می شوند، آب شیرین کن هایی که با فرایندهای حرارتی کار می کنند و آب شیرین کن هایی که با فرایند غشایی کار می کنند [۱۰]. البته گروه دیگری از آب شیرین کن نیز وجود دارد که با ترکیبی از هر دو فرایند غشایی و حرارتی (فرایند هیبریدی) فعالیت می کند، که کاربرد کمتری نسبت به دو فرایند اصلی دارد. فرایندهای غشایی بر اساس ممانعت از عبور یا محدود کردن عبور یون های نمکی خاص کار می کند، فرایند اسمز معکوس (RO) یکی از مهمترین فرایندهای غشایی تجاری است که برای هر دو آب لب شور و آب دریا استفاده می‌شود [۱۱]. در فرایند RO، آب شور به داخل یک محفظه بسته که در برابر یک غشاء تحت فشار است پمپ می‌شود، آب خالص از غشاء نفوذ می کند، در حالی که آب شور از پشت تخلیه می‌شود. آب شور تخلیه شده ممکن است غلظت هایی در رنج بین ۷۰-۲۰٪، بسته به محتوای نمک آب ورودی داشته باشد [۱۲]. حذف ۱۰۰٪ باکتریها، ویروسها و دیگر میکروبوها با روش اسمز معکوس قابل دستیابی است اما به علت عدم آب بندی کامل این سیستم مقدار کمی از این گونه ناخالصی ها در آب تصفیه شده، ممکن است دیده شود [۱۳]. شکل ۱ ظرفیت جهانی انواع فرایندهای مختلف آب شیرین کن و جدول ۱ استاندارد ملی و استاندارد WHO برای برخی پارامترهای آب را نشان می‌دهد.

جدول ۱- استاندارد ملی و استاندارد WHO برای برخی پارامترهای آب (۱۵)

شاخص	استاندارد ملی	استاندارد WHO
pH	۵	۵
کلور (mg/l)	۴۰۰	۲۰۰
قلیائیت (mg/l /caco ₃)	-	-
سختی (mg/l /caco ₃)	۵۰۰	۱۰۰
کلسیم (mg/l)	۲۰۰	۷۵
منیزیم (mg/l)	۱۵۰	۵۰
فلوراید (mg/l)	۱/۷	۱/۵
سولفات (mg/l)	۴۰۰	۲۰۰
نیتрат (mg/l)	۴۵	۴۵
آهن (mg/l)	۰/۳	۰/۱
سدیم (mg/l)	۲۰۰	۲۰۰
پتاسیم (mg/l)	-	۱۲
کدورت (NTU)	۵	۵
بی کربنات (mg/l)	-	۱۵۰



شکل ۱- ظرفیت جهانی آب شیرین کن ها با فرایندهای مختلف [۱۴]

در سال‌های گذشته مطالعاتی در زمینه کیفیت آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن در بعضی از نقاط کشور انجام شده است، که عمدتاً شامل فرایند اسمز معکوس بوده است. مطالعه ای توسط یاری و همکارانش در شهر قم بروی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده آب شیرین کن های با فرایند RO انجام گرفت [۳]. در مطالعه دیگری کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه‌های آب شیرین کن در شهر قشم توسط دهقانی و همکارانش بررسی گردید [۱۶]. Schoeman و همکارانش در مطالعه ای حذف نیترات را با فرایند اسمز معکوس در یک منطقه روستایی افریقای جنوبی بررسی کردند [۱۷]. دشت بیرجند در بخش شرقی کویر مرکزی ایران واقع شده و از نظر منابع آب سطحی بسیار فقیر است. به همین دلیل فشار عمده بر روی برداشت آب از سفره های زیرزمینی برای مصارف مختلف شرب، صنعتی و کشاورزی است. در حال حاضر تأمین آب منطقه از طریق آب‌های زیرزمینی صورت می گیرد که این آبها از نظر کیفیت شیمیایی با افزایش میزان TDS یا شوری رو به رو می‌باشد [۱۸]. نتایج مطالعه رجایی و همکارانش بیانگر بیش از حد مجاز بودن پارامتر کلرید در ۲۵ درصد از چاه‌های مورد مطالعه در دشت بیرجند و قاین بود. میزان تغییرات کلرید محدوده دشت بین ۲۱/۹ تا ۷۱۵ و میانگین آن ۲۸۶ میلی گرم در لیتر بود. که می تواند به دلیل وجود سازندهای زمین شناسی گچی و نمکی در منطقه باشد. نتایج مطالعه نشان داد که میزان میانگین باقیمانده جامدات خشک و هدایت الکتریکی به ترتیب ۱۲۴۹ و ۲۰۲۴ میلی گرم در لیتر بود. و ۲۵ درصد از چاه های مورد مطالعه سختی بیشتر از استاندارد ملی دارند [۱۵]. با توجه به سختی و شوری آب آشامیدنی شهر بیرجند، تمایل مصرف کنندگان به استفاده از آب‌های با شوری و سختی کمتر بسیار زیاد شده است و لذا به ایستگاه های توزیع آب آشامیدنی تصفیه شده روی می آورند. با توجه به ضرورت و اهمیت کیفیت آب دستگاه‌های آب شیرین کن، این مطالعه با هدف بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن سطح شهر بیرجند در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۴ انجام گرفت.

۲. روش کار

این مطالعه از نوع مطالعات توصیفی - مقطعی به شمار می آید. چارچوب نمونه گیری، تمامی دستگاه‌های آب شیرین کن در سطح شهر بیرجند بود. با توجه به فاصله نمونه برداری در مدت تحقیق در روزهای مختلف به محل ایستگاه دستگاه ها مراجعه شد و از نقطه شیر برداشت آب (شیر فروش آب) به روش لحظه ای، نمونه برداری شد. برای آزمایشهای شیمیایی و فیزیکی، از ظروف PET یک لیتری و برای آزمون های میکروبی، از ظروف شیشه ای درب سباده ای دهانه گشاد استریل طبق دستورالعمل موجود در کتاب استاندارد متد استفاده گردید. روش نمونه برداری، حمل و نگهداری نمونه ها، مطابق با روشهای استاندارد صورت گرفت. در آزمایش های میکروبی از شاخص های کل کلیرفرم ها و کلیرفرم مدفوعی به روش تخمیر چند لوله ای استفاده گردید و پارامترهای شیمیایی شامل سختی کل، کلسیم، منیزیم (تیتراسیون با EDTA)، pH، pHmeter Knick، Calimatic 765)، قلیایت (روش تیتراسیون)، سولفات (UV/VIS Spectrophotometer T80+, PG Instrument)، کلر آزاد باقیمانده با استفاده از کتاب استاندارد متد سنجش شد. تمامی آزمایش ها در آزمایشگاه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی بیرجند انجام شد. در نهایت جهت آنالیز آماری نتایج از نرم افزار Excel استفاده گردید و داده ها با مقادیر استاندارد ارائه شده از سوی سازمان جهانی بهداشت و مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (استاندارد ۱۰۵۳ و ۱۰۱۱) مقایسه شد. جداول ۲ و ۳ مقدار این استانداردها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- حداکثر مجاز و مطلوب مواد شیمیایی در آب‌های آشامیدنی [۶، ۷]

ویژگی ها	حد مطلوب ایران	حد مجاز ایران	WHO
pH	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۹	۶/۵-۸/۵
سختی کل	۲۰۰	۵۰۰	۵۰۰
کلسیم	۳۰۰	-	-
منیزیم	۳۰	-	-
سولفات	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰-۵۰۰
قلیائیت	-	-	-
کلر آزاد باقیمانده	-	۰/۵-۱	-

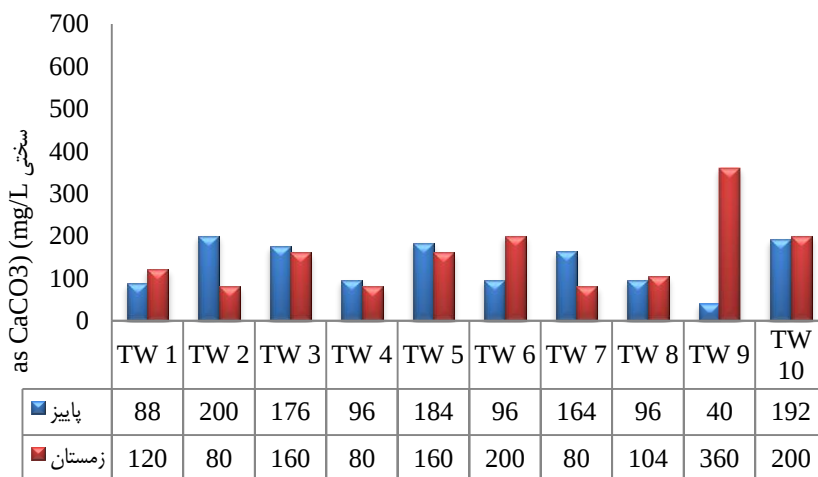
جدول ۳- ویژگی‌های میکروبیولوژی در آب‌های آشامیدنی [۷، ۱۹]

ویژگی ها	حد مجاز ایران	WHO
کل کلیفرم‌ها	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر
(بر حسب محتمل ترین تعداد ممکن)		
کلیفرم‌های مدفوعی	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر
(بر حسب محتمل ترین تعداد ممکن)		

۳. یافته ها

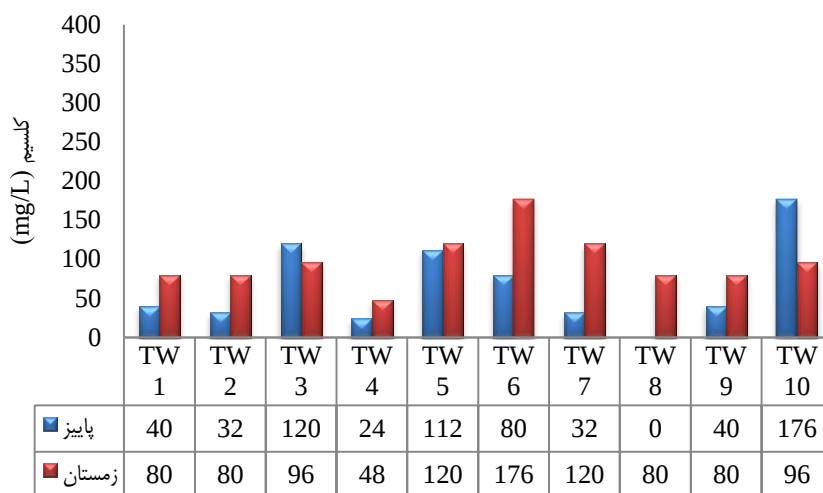
در این تحقیق مقادیر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی ۱۰ ایستگاه آب شیرین کن سطح شهر بیرجند در طی دو فصل پاییز و زمستان سال ۹۴ مورد آزمایش قرار گرفت.

نتایج مربوط به سختی کل ۱۰ ایستگاه آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴، در شکل ۲ نشان داده شده است. دامنه تغییرات سختی در پائیز ۹۴ در محدوده ۴۰-۲۰۰ و در زمستان ۹۴ در محدوده ۸۰-۲۰۰ میلی گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که سختی نمونه های آب دستگاه‌های آب شیرین کن در حد مجاز بوده است.



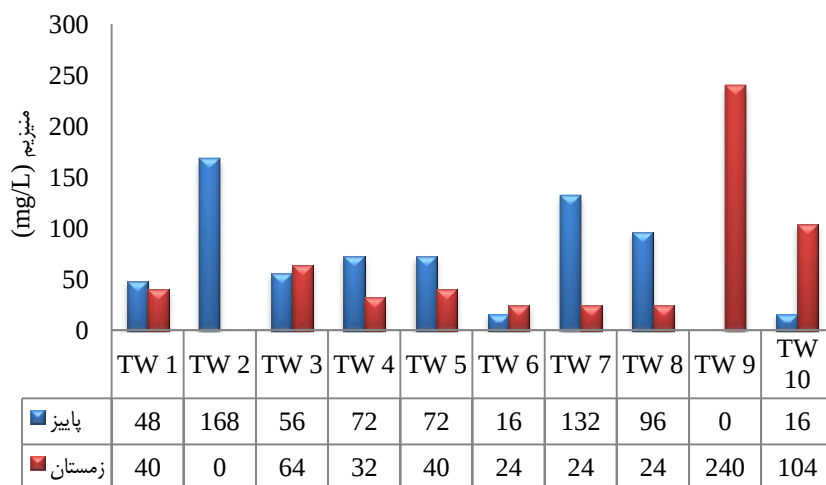
شکل ۲ - غلظت سختی نمونه های آب دستگاه‌های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

مطابق با شکل ۳ که نتایج مربوط به میزان کلسیم را در نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در پاییز و زمستان ۹۴ را نشان می دهد، حداکثر و حداقل غلظت کلسیم این نمونه ها در فصل پاییز ۹۴ بین $0-176 \text{ mg/L}$ و در زمستان ۹۴ بین $48-176 \text{ mg/L}$ می باشد. بر اساس نتایج این نمودار، در فصل پاییز میزان کلسیم در همه نمونه های دستگاه های آب شیرین کن در حد مجاز بوده است.



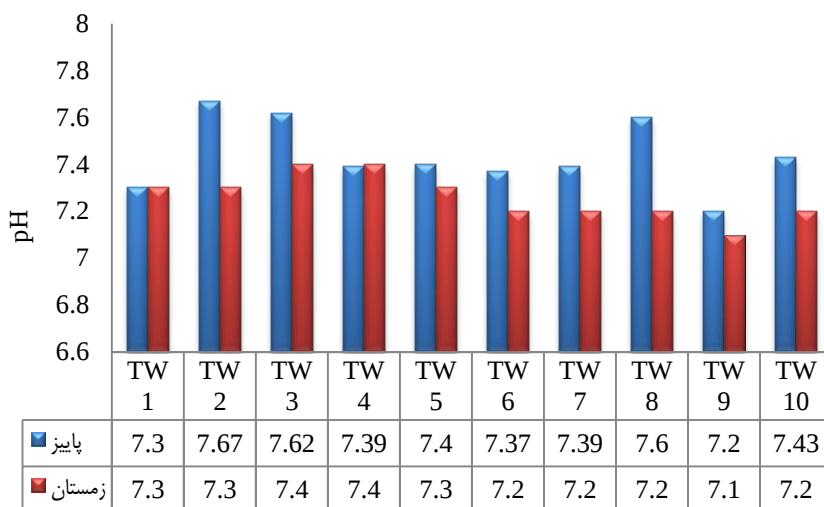
شکل ۳ - غلظت کلسیم نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

شکل ۴ غلظت منیزیم را در تمامی برندها در پاییز و زمستان ۹۴ نشان می دهد. بر اساس استانداردهای ملی حد مجاز منیزیم 150 mg/L میلی گرم بر لیتر بیان شده است. مطابق با این نمودار مشخص گردید که غلظت منیزیم این نمونه ها در فصل پاییز ۹۴ در محدوده $0-168 \text{ mg/L}$ بوده است که در این میان فقط نمونه TW2 از حد مجاز بیشتر بوده است. همچنین در فصل زمستان ۹۴ غلظت منیزیم بین $0-240 \text{ mg/L}$ بوده و غلظت منیزیم در نمونه TW9 از حد مجاز ایران بیشتر بوده است.



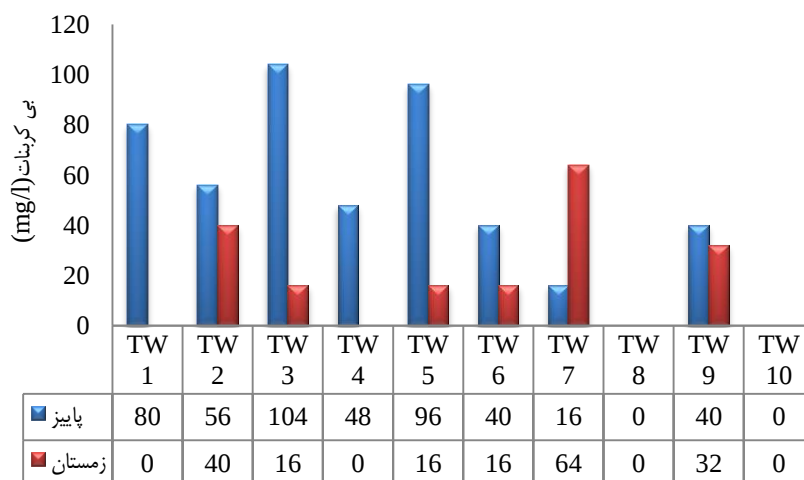
شکل ۴ - غلظت منیزیم نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

شکل ۵ میزان تغییرات pH را در ۱۰ ایستگاه آ شیرین کن در دو فصل پائیز و زمستان ۹۴ نشان می دهد. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود، دامنه تغییرات pH در پائیز ۹۴ در محدوده $7/4-7/14$ و در زمستان ۹۴ در محدوده $6/7-7/4$ بوده است. این نتایج نشان می دهد که میزان pH همه نمونه ها در حد مجاز بوده است.



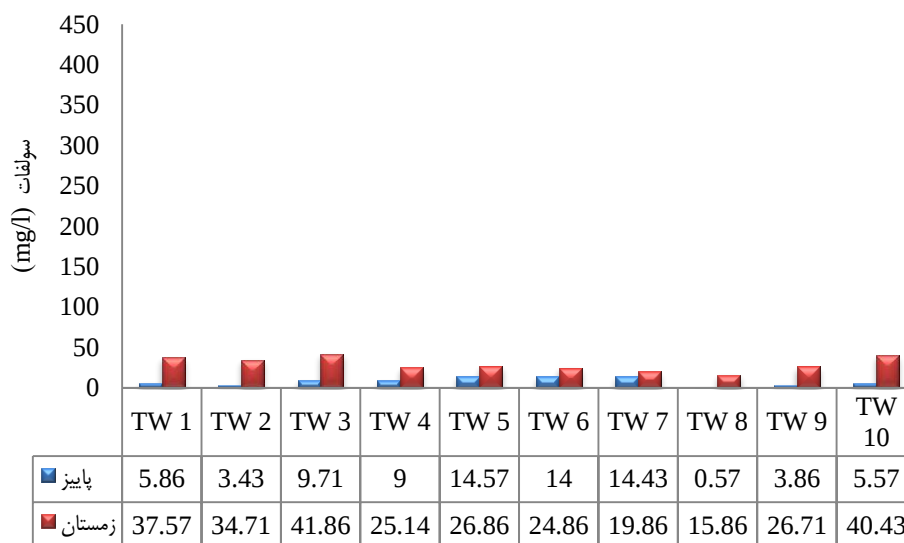
شکل ۵- میزان pH نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

نتایج بدست آمده در سنجش غلظت بی کربنات نشان داد که محدوده بی کربنات آب دستگاه های آب شیرین کن در پاییز ۹۴ بین mg/L ۰-۱۰۴ و در زمستان ۹۴ در محدوده mg/L ۰-۶۴ می باشد. این نتایج در شکل ۶ نشان داده شده است. در استانداردهای ملی استاندارد برای بی کربنات ذکر نشده است. اما این میزان در استاندارد WHO برابر ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر بیان شده است که میزان بیکربنات همه نمونه ها از این مقدار کمتر بوده است.



شکل ۶- غلظت بی کربنات نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

یکی دیگر از پارامترهای مورد آزمایش در این پژوهش سولفات بود که نتایج آن در شکل ۷ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار محدوده غلظت سولفات در پاییز و زمستان ۹۴ به ترتیب ۱۴/۵۷-۳/۴۳ و ۴۱/۸۶-۱۵/۸۶ میلی گرم در لیتر می باشد. غلظت سولفات در همه نمونه های آب کمتر از حد مجاز است.



شکل ۷ - غلظت سولفات نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

شکل ۸ قلیانیت نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن مورد آزمایش در این تحقیق را نشان می دهد. همانطور که در این نمودار مشاهده

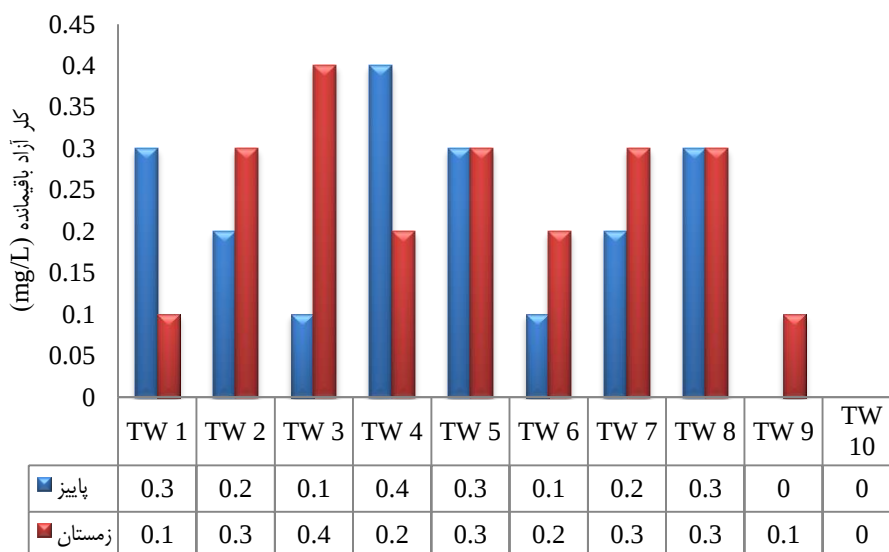
می شود، حداکثر میزان سولفات در نمونه های مورد آزمایش در پاییز و زمستان ۹۴ به ترتیب ۱۶۰ و ۹۵ mg/L می باشد.



شکل ۸ - میزان قلیانیت نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

شکل ۹ میزان کلر آزاد باقیمانده آب دستگاه های آب شیرین کن در این تحقیق را نشان می دهد. نتایج سنجش میزان کلر باقیمانده در فصل

های پاییز و زمستان ۹۴ نشان داد که در همه نمونه ها حداقل کلر آزاد باقیمانده را نداشته است.



شکل ۹- میزان کلر آزاد باقیمانده نمونه های آب دستگاه های آب شیرین کن در فصل پاییز و زمستان ۹۴

نتایج مربوط به بررسی کیفیت میکروبی آب دستگاه های آب شیرین کن نشان داد که هیچ یک از نمونه ها آلودگی میکروبی نداشتند و نتیجه آزمایش در همه موارد منفی بوده است. این نتایج در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمایشات کیفیت میکروبی بر روی ۱۰ ایستگاه آب شیرین کن

تعداد ایستگاه ها	فصل	کل کلیفرم		کلی فرم مدفوعی	
		درد	صفر	درد	صفر
۱۰	پاییز	۰	۱۰	۰	۱۰
	زمستان	۰	۱۰	۰	۱۰

۴. بحث

آب ها بر اساس سختی کل معمولاً به ۴ دسته آب های سبک (۵۰-۱۰۰ میلی گرم بر لیتر)، آب های با سختی متوسط (۱۰۰-۵۰۰ میلی گرم بر لیتر)، آب های سخت (۱۵۰-۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) و آب های خیلی سخت (بالای ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر) تقسیم بندی می شوند [۲۰]. با توجه به این تقسیم بندی، مطابق با نمودار ۱ اکثر مارک های بررسی شده جزء دسته با سختی متوسط، سخت و خیلی سخت قرار می گیرند که البته همه نمونه ها در حد مجاز قرار داشته اند. نتایج این مطالعه با تحقیق میران زاده و همکاران که بر روی آب شیرین کن های کاشان انجام شد مطابقت دارد [۴]. در بررسی مواردی از جمله غلظت کلسیم و منیزیم مشخص

گردید که فقط در برخی از نمونه ها مقدار منیزیم از حد مطلوب بیشتر می باشد (نمودارهای ۲ و ۳). متوسط میزان مصرف روزانه منیزیم برای بزرگسالان ۴۸۰ میلی گرم می باشد و مقادیر اضافی آن به سرعت از بدن خارج می شود. حد مجازی برای این فلز در آب آشامیدنی ذکر نشده است. برآورد شده است که برای یک فرد بزرگسال با نوشیدن ۲ لیتر آب در روز، مقدار ۲/۳ و ۵۲/۱ میلی گرم منیزیم به ترتیب در آب های سبک و سخت وارد بدن می شود. همچنین منابع آب طبیعی به طور معمول حاوی غلظت ۱۰ mg/L کلسیم است. با این حال، غلظت کلسیم تا ۱۰۰ ppm در منابع طبیعی آب نسبتاً شایع است. آستانه طعم و مزه برای یون کلسیم با توجه به آنیون همراه آن در محدوده ۱۰۰-۳۰۰ mg/L است. اما غلظت های بالاتر از این مقدار



شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



برای مصرف کنندگان قابل قبول است. لازم به ذکر است که آب با غلظت کلسیم کمتر از ۶۰ ppm به عنوان آب نرم در نظر گرفته می شود. شواهد قانع کننده ای که نشان دهد سختی آب باعث سوء بهداشتی و اثرات در انسان باشد وجود ندارد. در مقابل، نتایج حاصل از تعدادی از مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده اند که سختی آب افراد را در مقابل بیماری محافظت می کند [۲۱]. مطابق با نمودار ۴ میزان pH همه نمونه ها در حد استاندارد های ملی و رهنمودهای WHO می باشد. در بررسی انجام شده توسط دهقانی و همکاران بر روی آب شیرین کن های قشم، کلیه نمونه ها دارای pH در حد مجاز بودند [۱۶]. با توجه به نمودار ۶ میانگین غلظت سولفات در آب شیرین کن ها در تمامی موارد از استانداردهای ملی و بین المللی کمتر بود که با مطالعه نعیمی و همکاران [۵] و افشارنیا و همکاران [۲۲] مطابقت دارد. سولفات یکی از حداقل آنیون های سمی آب است. مصرف مقادیر زیادی از سولفات موجب اثرات فیزیولوژیکی از قبیل کم آبی بدن و تحریک دستگاه گوارش شود [۲۱].

در بررسی قلیانیت آب های دستگاه های آب شیرین کن مشخص شد که به ترتیب حداکثر غلظت آن ها در پاییز و زمستان ۱۶۰ و ۹۵ می باشد. همچنین همانطور که در نمودار ۸ مشاهده می شود، کلر آزاد باقیمانده در همه نمونه ها کمتر از حد مجاز بوده است و حتی در TW10 مقدار آن در هر دو فصل صفر بوده است که این امر احتمال آلودگی های ثانویه را در آب افزایش می دهد. این نتایج با تحقیق یاری و همکاران مطابقت دارد [۳]. یکی از پارامترهای مهم کیفیت آب که همواره باید با دقت مورد بررسی قرار گیرد، آلودگی آب به میکروارگانیسم های بیماری زا می باشد که این موضوع از طریق کشت و شناسایی کلی فرمها به عنوان شاخص بررسی می شود. نتایج آزمایشات شمارش باکتری های گروه کلی فرم و کلیفرم مدفوعی که به عنوان میکروارگانیسم های شاخص کیفیت میکروبی آب آشامیدنی مطرح می باشند، در تمام نمونه های مورد بررسی (در هر ۱۰ ایستگاه آب شیرین کن و در دو فصل پائیز و زمستان ۹۴ منفی بود. یعنی وجود هیچگونه باکتری کلی فرم و کلی فرم مدفوعی به اثبات نرسید و تعداد آن ها صفر بود. این نتایج با استاندارد های ملی ایران و نیز رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت در مورد ویژگی های میکروبیولوژیکی آب های بطری شده مطابقت دارد. تمام آب های آشامیدنی، نباید در هیچ یک از نمونه های ۱۰۰ میلی لیتری آزمایش شده، باکتری کلی فرم مقاوم در برابر حرارت داشته باشند [۱۹]. نتایج این تحقیق با پژوهشی تحت عنوان بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه آب شیرین کن با فرآیند اسمز معکوس در شهر قم که توسط دهقانی و همکاران انجام شد مطابقت دارد [۱۶].

۵. نتیجه گیری

نتایج نشان داد که کیفیت اکثر پارامترهای مورد بررسی آب خروجی آب شیرین کن های بیرجند در حد مطلوب قرار دارد. فقط باید متذکر شد که مقدار کلر آزاد باقیمانده آب آب شیرین کن ها کمتر از مقدار استاندارد است که احتمال ایجاد آلودگی های ثانویه را در آب افزایش می دهد.

۶. مراجع

۱. روو، د. پیووی، ه. چپانوگلاس، ج. (۱۳۸۳). "مهندسی محیط زیست، تصفیه آب و فاضلاب"، دانشگاه صنعتی سهند.
۲. منزوی، م. (۱۳۸۳)، "آبرسانی شهری"، تهران، دانشگاه تهران.
۳. یاری، ا. صفدری، م. حدادیان، ل. باباخانی، م. ح. (۱۳۸۶). بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده دستگاه های آب شیرینکن بخش خصوصی در شهر قم در سال ۱۳۸۱. مجله دانشگاه علوم پزشکی قم. (۱)، ص: ۴۵-۵۴.
۴. میران زاده، م. ب. ربانی، د. (۱۳۸۹). بررسی کیفیت شیمیایی آب ورودی و خروجی دستگاه های آب شیرین کن شهر کاشان طی سال های ۸۷-۱۳۸۶. مجله دانشگاه علوم پزشکی کاشان. ۱۴ (۲). ص: ۱۲۰-۵.
۵. توانگر، آ. نعیمی، ن. عزیزاده، ه. قوچانی، ه. قربانپور، ر. (۱۳۹۲). بررسی عملکرد دستگاه های تصفیه آب موجود در سطح شهر بجنورد در سال ۱۳۹۱-۹۲. مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی. ۵-۷. ۱۱۱۹-۱۱۰۵.
۶. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی. استاندارد (۱۰۵۳).



7. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. (2011) 4th ed Geneva, CH: World Health Organization.
8. Lattemann, S., Höpner T., (2008). Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination*, 220(1), pp.1-15.
9. Li, D., Wang, H., (2010). Recent developments in reverse osmosis desalination membranes. *Journal of Materials Chemistry*, 20(22), pp.4551-66.
10. Khawaji, A.D., Kutubkhanah, I.K., Wie, J.-M. (2008). Advances in seawater desalination technologies. *Desalination*, 221(1), pp.47-69.
11. Raluy, G., Serra, L., Uche, J., (2006). Life cycle assessment of MSF, MED and RO desalination technologies. *Energy*, 31(13), pp.2361-72.
12. Burol, O., (2000) .The ABCs of desalting: International Desalination Association Topsfield, MA.
۱۳. امیری، ج. (۱۳۸۷). "اصول تصفیه آب". انتشارات ارکان دانش.
14. Mezher, T., Fath, H., Abbas, Z., Khaled, A., (2011). Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. *Desalination*, 266(1), pp.263-73.
۱۵. رجایی، ق. مهدینژاد، م. ح. حصاری مطلق، س. (۱۳۹۰). بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸. *مجله تحقیقات نظام سلامت و ۶۷*.
۱۶. دهقانی، م. دوله، م. هاشمی، ح. شمس الدینی، ن. (۱۳۹۲). بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه‌های آب شیرین کن با فرایند اسمز معکوس در شهر قشم. *مجله بهداشت و توسعه*، ۲(۱).
17. Schoeman, j., Steyn, A., (2003). Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa, *Desalination*, 15, pp.15-26.
18. Water and Wastewater Company of Birjand. Department reported operating water and wastewater company of Birjand [Online ۲۰۰۴].
۱۹. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، آب آشامیدنی- ویژگی‌های میکروبیولوژی، استاندارد ۱۰۱۱.
20. Yekdeli Kermanshahi, K., Tabaraki, R., Karimi, H., Nikorazm, M., Abbasi, S., (2010). Classification of Iranian bottled waters as indicated by manufacturer's labellings. *Food Chemistry*. 120(4). pp.1218-1223.
21. Saleh, M.A., Ewane, E., Jones, J., Wilson, B.L., (2001). Chemical Evaluation of Commercial Bottled Drinking Water from Egypt. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14(2), pp.127-52.
۲۲. افشارنیا، م. شمس، م. قاسمی، م. زارعی، ا. رنافتی، م. (۱۳۹۲). بررسی کیفیت شیمیایی آب واحدهای آب شیرین کن شهری گناباد در نیمه اول سال ۱۳۹۰، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران.