Research Paper

Evaluation of the Physical, Chemical and Microbial Qualities of Desalination Water Provided by the Private Sector in Saveh

***Nafiseh Aghababaei**[1]

1. Lecturer, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran.

Use your device to scan and read the article online

Citation: Aghababaei N. [Evaluation of the Physical, Chemical and Microbial Qualities of Desalination Water Provided by the Private Sector in Saveh (Persian)]. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2016; 23(5):810-817. http://dx.doi.org/10.21859/sums-2305810

doi: http://dx.doi.org/10.21859/sums-2305810

Received: 07 Aug. 2016

Accepted: 25 Oct. 2016

ABSTRACT

Backgrounds Based on the significant progress made on the field of membrane technology, the application of this technology has rapidly increased. The current study aimed at assessing the physicochemical and microbial quality of the desalinated water provided by the private sector (Esin) in Saveh, Iran. The results of the current study were compared with the guidelines of Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI).

Methods & Materials A finite time service was studied based on a total of 15 samples a day. The period of study was about 7 months from 2014 to 2015. Physical and chemical tests were performed according to the standard methods of water and wastewater. Total coliform bacteria and fecal coliform tests were conducted by multiple tube fermentation method and the total number of heterotrophic bacteria was investigated by the pour plate method.

Results Results showed the values of physical parameters as turbidity 0.10 (nephelometric turbidity units) NTU, chemical parameters as electrical conductivity (µs/cm), total hardness, calcium ($CaCO_3$) hardness, magnesium hardness, alkalinity, calcium, magnesium, fluoride, phosphate, nitrate, nitrite, sulfate, potassium, sodium, chloride, and residual chlorine (mg/L), and pH were 476, 103.06,78.89, 9.80, 76.42, 37.28, 2.45, 0.11, 0.10, 8.3, 0.003, 37.71, 0.37, 68.23, 62.19, 0.74, and 7.60, respectively. Values of microbial parameters were total coliform 0, fecal coliform 0, manufacturer part number (MPN)/100 mL, and heterotrophic plate count (HPC) 2.5 CFU/mL.

Conclusion The obtained results indicated that the quality of desalinated water provided from the water desalination plant of Saveh is approved and no health threatening factor was found. The concentration of measured parameters in the study was satisfactory and acceptable, based on IRISI guidelines.

Keywords:
Microbial pollution, Coliform, Physical and chemical quality, Drinking water

* *Corresponding Author:*
Nafiseh Aghababaei, MSc.
Address: Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran.
Tel: +98 (86) 36241570
E-mail: aghababaei@tafreshu.ac.ir

بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهر ساوه

*نفیسه آقابابایی[۱]

۱- مربی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تفرش، تفرش، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۷ مرداد ۱۳۹۵
تاریخ پذیرش: ۰۴ آبان ۱۳۹۵

چکیده

اهداف در سال‌های اخیر پیشرفت‌های شگرفی در زمینه فرایندهای غشایی صورت گرفته و کاربرد این فناوری در تصفیه آب به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است. هدف از این مطالعه، تعیین کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی خروجی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهرستان ساوه معروف به ایسین و مقایسه نتایج با استانداردهای ایران است.

مواد و روش‌ها این پژوهش از نوع توصیفی‌مقطعی است که ۱۵ نمونه در هر روز، به مدت ۷ ماه در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴ سنجش شد. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر اساس روش‌های استاندارد آب‌وفاضلاب صورت گرفت. آزمایش‌های میکروبی کلی‌فرم کل و کلی‌فرم مدفوعی با روش تخمیر چندلوله‌ای و باکتری‌های هتروتروف به روش پورپلیت انجام گرفت.

یافته‌ها نتایج نشان داد میانگین مقدار متغیر فیزیکی کدورت ۰/۱ NTU، میانگین متغیرهای شیمیایی هدایت الکتریکی (µs/cm)، سختی کل، سختی کلسیم و سختی منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم)، قلیایی‌بودن، کلسیم، منیزیم، فلوراید، فسفات، نیترات، نیتریت، سولفات، پتاسیم، سدیم، کلرید، کلر باقی‌مانده برحسب میلی‌گرم بر لیتر و pH به ترتیب ۴۷۶، ۱۰۳/۰۶، ۷۸/۸۹، ۹/۸۰، ۷۶/۴۲، ۳۷/۲۸، ۲/۴۵، ۰/۱۱، ۰/۱۰، ۸/۳، ۰/۰۰۳، ۳۷/۷۱، ۰/۳۷، ۶۸/۲۳، ۶۲/۱۹، ۰/۷۴، ۷/۶، میانگین متغیرهای میکروبی کلی‌فرم مدفوعی (۰) و کلی‌فرم کل (۰) ۱۰۰ml/MPN و باکتری‌های هتروتروف (HPC) ۲/۵ CFU/ml بود.

نتیجه‌گیری با توجه نتایج می‌توان گفت که کیفیت بهداشتی دستگاه آب‌شیرین‌کن در ساوه مشکل‌آفرین نیست. غلظت تمام متغیرهای اندازه‌گیری‌شده با استانداردهای ملی مطابق است و وضعیت مطلوبی دارد.

کلیدواژه‌ها:
آلودگی میکروبی، کلی‌فرم، کیفیت فیزیکی و شیمیایی، آب آشامیدنی

مقدمه

آب آیه حق، مایه حیات و پایه شکل‌گیری تمدن‌های بشری است. توزیع جریان‌های آبی در سطح جهان نامتعادل است و با توزیع جمعیت تناسب ندارد. بنابراین، تأمین آب آشامیدنی یکی از مشکلات عمده جوامع بشری است. یکی از شاخص‌های توسعه بهداشت بر اساس قوانین سازمان جهانی بهداشت تأمین آب سالم و بهداشتی است [۱]. آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است. املاح موجود در آب برای سلامتی انسان ضروری است، اما مقدار بیش‌ازحد مجاز آن‌ها، سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. اولین قدم برای تأیید آب آشامیدنی، بررسی متغیرهای آب است [۲، ۳]. بسیاری از منابع آب خام حاوی مواد آلی و معدنی نامطلوبی هستند که برای تولید آب با کیفیت قابل‌قبول برای مصارف آشامیدنی، نیازمند تصفیه خاص و پیشرفته است. ازجمله این ناخالصی‌ها وجود غلظت زیاد نمک‌های معدنی در آب است که باعث ایجاد شوری می‌شود. بنابراین، تأمین آب باکیفیت مستلزم به‌کارگیری روش‌های تصفیه پیشرفته و اختصاصی نظیر فرایندهای غشایی است [۴].

با توجه به اینکه در سال‌های اخیر پیشرفت‌های شگرفی در زمینه فرایندهای غشایی صورت گرفته، کاربرد این فناوری در تصفیه آب افزایش یافته است [۵-۷]. سیستم اسمز معکوس یکی از فرایندهای غشایی است که می‌توان برای تصفیه آب‌های مختلف از آن استفاده کرد. در غشای اسمز معکوس، حذف بر اساس اندازه و بار الکتریکی ذرات صورت می‌گیرد [۸]. جعفری‌پور و همکاران در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۸ انجام دادند بیان کردند که در استفاده از فرایندهای غشایی باید به هزینه انرژی مصرفی و نحوه دفع و یا بازیابی پساب تولیدشده توجه شود [۹].

شهر ساوه از نظر جمعیت (۲۵۹هزار و۳۰ نفر) دومین شهرستان و از لحاظ وسعت (نه هزار کیلومترمربع) اولین شهرستان استان مرکزی محسوب می‌شود که دارای آب

* نویسنده مسئول:
نفیسه آقابابائی
نشانی: تفرش، دانشگاه تفرش، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی.
تلفن: ۳۶۲۴۱۵۷۰ (۸۶) ۹۸+
پست الکترونیکی: aghababaei@tafreshu.ac.ir

لب‌شور است. این شهر با توجه به موقعیت جغرافیایی، همواره برای تأمین آب شیرین با مشکل روبه‌رو بوده است. برای تولید آب شیرین از آب لب‌شور از سیستم غشایی اسمز معکوس استفاده می‌شود [۱۰] و از طریق شبکه مستقل و با استفاده از دستگاه‌های توزیع خودکار کارت‌خوان معروف به ایسین، در شهر ساوه توزیع می‌شود.

با توجه به اینکه مسئله آلودگی شیمیایی و میکروبی آب از نظر مصارف آشامیدنی اهمیت دارد [۱۱]، باید آبی که بدین منظور تهیه می‌شود سالم و بهداشتی و بر اساس استانداردهای آب آشامیدنی باشد. نمک‌زدایی از آب دریا و آب لب‌شور برای تولید آب آشامیدنی در مناطق ساحلی و خاورمیانه که تهیه آب تازه مشکل است عمومیت دارد [۱۲-۱۴]. با توجه به مشکلات کمّی و کیفی منابع آب کشور و واقع‌شدن ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک و رویارویی با بحران‌های کم‌آبی، تدوین برنامه‌های مدیریت کیفی برای تمام منابع آبی، راهکاری ضروری و غیرقابل‌اجتناب به منظور حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آب است.

از بین اجزای مدیریت کیفیت منابع آب، پایش کیفی اهمیت ویژه‌ای دارد. انجام پایش ضمن ارائه اطلاعات موردنیاز به منظور شناخت وضعیت موجود کیفیت منابع آب با تعیین نوسانات کیفی، زمینه مناسب را برای انجام اقدامات کنترلی به‌موقع فراهم و روند و گرایش کیفی منابع آبی را برای تدوین برنامه‌های حفاظت و بهره‌برداری مشخص می‌کند. به‌عبارت‌دیگر، پایش کیفی حلقه میانی فعالیت‌های پیشگیری و کنترل آلودگی و تکمیل‌کننده فرایند مدیریت کیفیت منابع آب است.

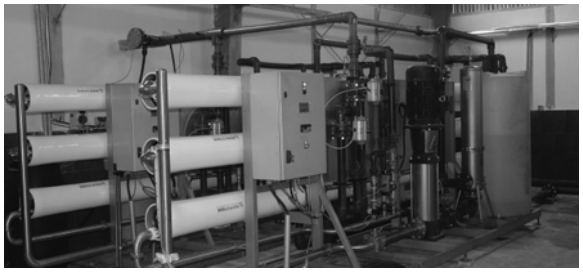
شبانکاره‌فرد و همکاران در سال ۱۳۹۱ کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب شهر بوشهر را بررسی کردند. نتایج نشان داد آب آشامیدنی مصرفی از لحاظ متغیرهای شیمیایی و میکروبی مشکلی ندارد [۱۵]. با توجه به اهمیت و نقش پایش کیفی مستمر آب در تأمین آب آشامیدنی سالم و بهداشتی، این مطالعه به منظور بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب ایسین و مقایسه نتایج با استانداردهای کیفیت آب در ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی‌مقطعی است. جامعه آماری این پژوهش آب آشامیدنی خروجی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی (ایسین) شهر ساوه بوده است. مدت‌زمان نمونه‌برداری ۷ ماه در بازه دی‌ماه ۱۳۹۳ تا تیرماه ۱۳۹۴ به طول انجامید. در این پژوهش ۱۵ نمونه آب به صورت روزانه بررسی شد. نمونه‌برداری در ساعت‌های مختلف روز از چشمه ورودی دستگاه در محل لوله تغذیه‌کننده آب خام و چشمه خروجی در محل شیر برداشت آب تصفیه‌شده، در محله‌های متفاوت به روش لحظه‌ای صورت گرفت. برای نمونه‌برداری شیمیایی و فیزیکی از ظروف پلی‌اتیلن ۱ لیتری و برای نمونه‌برداری میکروبی از ظروف شیشه‌ای با در سمباده‌ای ۳۰۰ میلی‌لیتری دهانه‌گشاد استفاده شد. نمونه‌برداری از آب و حمل و نگهداری نمونه‌ها، طبق روش‌های استاندارد صورت گرفت [۱۶]. به منظور اندازه‌گیری متغیرهای شیمیایی، مواد شیمیایی ساخت شرکت مرک بر اساس مواد ذکرشده در کتاب روش‌های استاندارد، برای آزمایش‌های آب‌وفاضلاب [۱۷] انتخاب شدند.

از لاکتوز براث و R2A-Agar ساخت شرکت مرک برای تهیه محیط کشت در آزمایش‌های میکروبیولوژی استفاده شد. آزمایش‌ها در دو دسته کلی آزمایش‌های دستگاهی و آزمایش‌های تیتریمتری انجام شد [۱۷]. آزمایش‌های تیتریمتری شامل سختی کل و قلیایی‌بودن و کلرور بود. بر این اساس، سنجش سختی کل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون با EDTA، قلیایی‌بودن به روش تیتراسیون با اسیدکلریدریک، کلرور با روش یدومتری و تیترانت نیترات نقره انجام شد [۱۷]. آنیون‌ها و کاتیون‌های سولفات، فسفات، فلوئور، نیتریت نیترات، کلسیم و منیزیم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Visible، پتاسیم و سدیم با دستگاه طیف‌سنجی نشر اتمی با شعله، با دقت ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. متغیرهای کدورت (برحسب NTU) و هدایت الکتریکی نمونه‌ها (بر حسب میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) و pH در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد [۱۷]. کلر باقی‌مانده در موقع نمونه‌برداری به روش ان‌وان، دی اتیل، پار آ، فنیلین و دی‌آمین (DPD) اندازه‌گیری شد.

برای تشخیص باکتری کلی‌فرم و اشرشیاکلی روی تمام نمونه‌ها آزمایش‌های میکروبی بر پایه شاخص‌های آلودگی آب آشامیدنی به‌ویژه تراکم باکتری‌های کلی‌فرم بر اساس شمارش میکروارگانیسم‌ها به روش بیشترین تعداد احتمالی (MPN) به عنوان روشی استاندارد از طریق آزمایش تخمیر چند لوله‌ای همراه با آزمایش‌های احتمالی، تأییدی و تکمیلی انجام گرفت [۱۸]. به منظور بررسی تغییرات کیفی هنگام تصفیه و توزیع آب ایسین، شمارش میکروارگانیسم‌های هتروتروف (HPC) زنده در آب به روش پورپلیت اندازه‌گیری شد [۱۸]. برای تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج شیمیایی و میکروبی، از شاخص‌های مرکزی و نرم‌افزار اکسل و نسخه ۱۸ نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. تصویر شماره ۱ سیستم اسمز معکوس ایسین را نشان می دهد.



تصویر ۱. سیستم اسمز معکوس ایسین.

یافته‌ها

برای هر نمونه آب به صورت روزانه ۱۶ متغیر کیفی اندازه‌گیری شد. غلظت متوسط در ماه در جدول شماره ۱ آمده است. پس از تعیین میانگین نتایج، این مقادیر با مقادیر استاندارد مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مقایسه شد [۱۹]. آزمایش‌ها نشان داد میانگین کدورت ۰/۱ NTU و pH ۷/۶۰ است. نظر به اینکه کدورت و pH علاوه بر قابل‌پذیرش‌بودن آب، به طور مستقیم در کیفیت بهداشتی آب نیز نقش دارند، در این مطالعه اندازه‌گیری شدند [۱۹]. در تصفیه آب، گندزدایی و کنترل خوردگی pH اهمیت دارد [۲۰]. سرعت خوردگی آب بستگی زیادی به pH آب دارد [۲۱]. مقدار کدورت اندازه‌گیری‌شده در محدوده مطلوبی قرار دارد و می‌تواند تأثیر مثبتی در کیفیت گندزدایی و میزان کلر مصرفی داشته باشد. مواد کلوئیدی کدورت‌زا، سطوحی را برای جذب ارگانیسم‌های بیولوژیکی و مواد شیمیایی مضر و عوامل ایجاد طعم و بوی نامطبوع فراهم می‌کنند.

با توجه به اینکه حد استاندارد کلر باقی‌مانده در شیرهای برداشت عمومی ۰/۵ تا ۰/۸ میلی‌گرم در لیتر است [۱۹]، حد استاندارد کلر باقی‌مانده در تمام نقاط برداشت رعایت شده است و میزان کلر باقی‌مانده بین ۰/۶ و ۰/۷۷ میلی‌گرم در لیتر متغیر و به طور میانگین ۰/۷۴ میلی‌گرم در لیتر بود. وجود کلر باقی‌مانده در آب تصفیه‌شده نهایی به منظور رفع آلودگی‌های ثانویه احتمالی ضروری است. کلر دارای اثر باقی‌مانده در آب است که باعث تضمین نسبی سلامتی آب در تمام مسیر شبکه آب‌رسانی می‌شود. وجود کلر تأثیر بسیار خوبی در ازبین‌بردن

جدول ۱. مقادیر متوسط غلظت متغیرهای کیفی آب خروجی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهر ساوه.

متغیر (میلی‌گرم در لیتر)	ماه نمونه‌برداری							استاندارد ملی		
	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	میانگین ± انحراف‌معیار	حداکثر مطلوب[1]	حداکثر مجاز[2]
Cl^-	۶۰	۶۰/۸۰	۶۰/۹۷	۶۱/۲۰	۶۱/۲۸	۶۴/۱۰	۶۷	۶۲/۱۹±۲/۴۷	۲۵۰	۴۰۰
F^-	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۱±۰/۰۱	۰/۵	۱/۵
NO_3^-	۱۰	۷/۵۰	۷/۵۰	۷/۷۰	۱۱	۷/۵۰	۷/۵۰	۸/۳±۱/۴۷	–	۵۰
NO_2^-	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱	–	۳
PO_4^{3-}	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰±۰/۰۰۷	*	*
SO_4^{2-}	۳۰	۲۰	۳۹	۳۸	۴۰	۴۲	۵۵	۳۷/۷۱±۱۰/۷۸	۲۵۰	۵۰۰
Mg^{2+}	۲/۷۰	۲/۴۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۱/۵۰	۱/۷۰	۳/۹۰	۲/۵۴±۰/۷۱	۳۰	–
Ca^{2+}	۳۰	۳۰	۳۲/۵۰	۴۰/۱۰	۴۰/۱۰	۴۸/۲۰	۴۰/۱۰	۳۷/۲۸±۶/۳۱	۳۰۰	–
K^+	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۸۳	۰/۳۷±۰/۲۱	*	*
Na^+	۶۶	۶۷	۶۷/۲۴	۶۷/۸۹	۶۸/۲۰	۶۸/۳۰	۷۳	۶۸/۲۳±۴/۳۸	۲۰۰	۲۰۰
pH[3]	۷/۷۶	۷/۷۰	۷/۶۲	۷/۶۱	۷/۵۵	۷/۵۰	۷/۴۷	۷/۶۰±۰/۰۱	۶/۵۰–۸/۵۰	۹
کدورت[3]	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۰±۰/۰۰۷	≤۱	۵
قلیایی‌بودن[3]	۸۶	۹۸	۶۲	۶۳	۸۰	۷۲	۷۴	۷۶/۴۲±۱۲/۸۴	*	*
سختی کلسیم	۷۵	۷۵	۸۱/۲۵	۱۰۰/۲۵	۱۰۰/۲۵	۱۲۰/۵	۱۰۰/۲۵	۷۸/۸۹±۱۶/۸۳	*	*
سختی منیزیم	۱۰/۸۰	۹/۶۰	۱۰	۱۰	۶	۶/۸	۱۵/۶۰	۹/۸۲±۳/۱۱	*	*
سختی کل[3]	۸۵/۸۰	۸۴/۶۰	۹۱/۲۵	۱۱۰/۲۵	۱۰۶/۲۵	۱۲۷/۳۰	۱۱۵/۸۵	۱۰۳/۰۴±۱۶/۲۸	۵۰۰	*

*: استانداردی تعیین نشده است.

۱. حد مطلوب: مقداری که تأمین‌نشدن آن فقط موجب کاهش کیفیت می‌شود و آب برای آشامیدن مناسب است.

۲. حداکثر مجاز: حداکثر مقداری از غلظت املاح در آب که آشامیدن آن سلامتی یک انسان ۵۷ کیلوگرمی با مصرف روزانه ۲/۵ لیتر را به خطر نیندازد.

۳. واحد کدورت UTN: قلیایی‌بودن و سختی کل، میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم و pH واحد ندارد.

جدول ۲. تقسیم‌بندی آب بر اساس شاخص‌های پایداری.

خنثی	متغیر
LSI=۰	LSI
۶<RSI<۷	RSI
۱۰<RSI<۱۲	AI
PSI=۶	PSI

ارگانیسم‌ها و درنتیجه جلوگیری از انتقال بیماری‌ها خواهد داشت. حفاظت از بهداشت عمومی از آلاینده‌های بیماری‌زا در زیرساخت‌های آب آشامیدنی مؤلفه مهم در بهره‌برداری از سیستم آب آشامیدنی جامعه است [۲۲] که در ایستگاه‌ها به‌خوبی رعایت شده است.

سختی آب یکی از عوامل تأثیرگذار در گوارایی آب است. نتایج نشان داد سختی آب حاصل از تمامی دستگاه‌ها بین ۸۵/۸۰ تا ۱۱۵/۸۵ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم متغیر و مقدار مناسبی است. بر اساس تقسیمات سازمان بهداشت جهانی، ایسین در ردیف آب‌های نیمه‌سخت قرار می‌گیرد. آب‌های خیلی سبک بی‌مزگی ناخوشایندی دارند. قلیایی‌بودن نمایانگر ظرفیت آب برای خنثی‌کردن اسید افزوده‌شده تا رسیدن به pH حدود ۴/۵ است [۲۱]. برای تعیین میزان خورنده یا رسوب‌گذار بودن آب به قلیایی‌بودن و سختی کلسیم هم نیاز است. ازآنجاکه مقدار این متغیرها در حد مطلوبی قرار دارد، در حال حاضر از نظر رسوب‌گذاری و خورندگی مشکل خاصی در ایسین وجود ندارد. در این پژوهش شاخص‌های لانژلیه و رایزنر و پوکوریوس محاسبه شد و بر مبنای اعداد به‌دست‌آمده در جدول شماره ۲، خورنده نبودن آب تأیید شد.

یکی از دلایل ایجاد طعم نامطلوب در آب آشامیدنی ساوه، آنیون کلرور و کاتیون سدیم است. سدیم به صورت ترکیب با آنیون‌های کلرور و سولفات می‌تواند مشکل‌آفرین باشد. نتایج نشان می‌دهد با استفاده از سیستم غشایی اسمز معکوس این مشکل رفع و غلظت هر دو یون از حداکثر مطلوب کمتر و آب لب‌شور به آب شیرین تبدیل شده است [۲۳]. سولفات و غلظت منیزیم در آب تمامی دستگاه‌ها از حداکثر مطلوب استاندارد کمتر است. غلظت منیزیم با توجه به غلظت سولفات در آب‌های قابل آشامیدنی مقایسه می‌شود. نظر به اینکه بین یون منیزیم و سولفات از نظر تغییر طعم و امکان اختلال در دستگاه گوارش ارتباطی وجود دارد، ازاین‌رو در شرایطی که مقدار منیزیم از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر باشد، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد [۱۹].

نتایج نشان می‌دهد غلظت فلوراید در آب خروجی تمامی دستگاه‌ها از حداکثر مطلوب فلوراید در آب استاندارد بهداشتی ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر کمتر است. تماس با فلوراید از طریق آب آشامیدنی به درجه‌حرارت منطقه نیز بستگی دارد. هرچه درجه حرارت بیشتر باشد، میزان فلوراید موجود در آب باید از ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر کمتر باشد [۲۶-۲۴]. با توجه به نقش فلوئور در رشد و استحکام دندان‌ها و استخوان‌ها به‌خصوص در کودکان در حال رشد و توجه به این موضوع که آب آشامیدنی یکی از مناسب‌ترین راه‌های رساندن فلوئور به بدن است [۲۷]، مقدار مطلوب فلوراید پیشنهادشده برای آب‌های آشامیدنی بر اساس میانگین درجه‌حرارت شبانه‌روز در گرم‌ترین روز سال حدود ۰/۷ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد شده است [۲۸]. به علت امکان وجود هم‌زمان نیتریت و نیترات در آب آشامیدنی، مجموع نسبت غلظت هر کدام به مقادیر توصیه‌شده نباید از ۱ میلی‌گرم در لیتر تجاوز کند [۲۹]. مقایسه میزان نیترات و نیتریت آب آشامیدنی نشان می‌دهد آب آشامیدنی ایستگاه‌ها کیفیت بسیار مطلوبی دارد و استاندارد ایران را تأمین می‌کند.

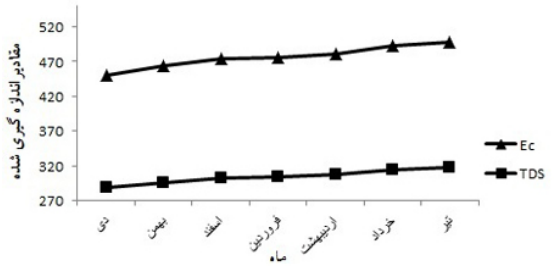
روند زمانی تغییرات هدایت الکتریکی[1] (EC) رسم‌شده در تصویر شماره ۲ برای ماه‌های آماری موجود بیانگر آن است که همسانی زیادی با روند تغییرات کل مواد جامد محلول[2] وجود دارد. علت افزایش میزان هدایت الکتریکی در ماه‌های خشک، افزایش فعالیت‌های صنعتی و شهری و کاهش کمّی منابع آب است که بر منبع تأمین آب ایستگاه‌ها تأثیر دارد. کاهش هدایت الکتریکی در ماه‌های مرطوب به علت رقیق‌شدن یون‌های موجود در آب است که می‌توان رابطه مستقیم را بین هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول به‌وضوح مشاهده کرد. دلیل این موضوع، رابطه خطی و تجربی بین مواد محلول در آب و هدایت الکتریکی است که در رابطه ۱ بیان‌شده است [۳۰].

رابطه ۱.

$$TDS=0.64EC$$

نتایج به‌دست‌آمده، روند زمانی این دو متغیر با مطالعات

1. Electrical Conductivity (EC)
2. Total Dissolved Solids (TDS)



تصویر ۲. روند تغییرات زمانی هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول آب خروجی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهر ساوه.

منیرالزمان و همکاران [۳۱] و علیزاده و همکاران [۳۰] مطابقت دارد. با توجه به اینکه هدایت الکتریکی با کل مواد جامد محلول و نمک‌های محلول در آب رابطه مستقیمی دارد، اندازه‌گیری آن به منظور کنترل کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است. فراوانی موارد مثبت آزمایش بررسی کلی‌فرم‌ها در مراحل مختلف احتمالی و تأییدی و تکمیلی در دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهر ساوه برای ۴۵۰ نمونه در هر ماه طبق جدول شماره ۳، صفر بود که بیانگر این است که آب ایسین، کلی‌فرم ندارد. محدودکردن زمان به ۴۸ ساعت برای نتیجه‌گیری قطعی از مشاهدات، باعث شد برخی گونه‌های نادر کلی‌فرم‌ها که رشد بسیار کندی دارند، از نظر دور نمانند. بر اساس استانداردهای ملی و جهانی، وجود آلودگی در نمونه‌های آب آشامیدنی نامطلوب است. در هیچ‌یک از نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری آزمایش‌شده، نباید باکتری کلی‌فرم مقاوم در برابر حرارت وجود داشته باشد [۳۲].

نتایج MPN به‌دست‌آمده نشان داد حضور کلی‌فرم‌ها با میزان کلر آزاد باقی‌مانده نسبت مستقیم دارد. تعداد باکتری‌های هتروتروف (HPC) در نمونه‌ها بین ۱ تا ۵ CFU/ml متغیر بود. میزان کلر باقی‌مانده به طور مستقیم بر شاخص HPC مؤثر است. مقادیر زیاد HPC با افت میزان کلر باقی‌مانده به‌وضوح مشاهده می‌شود. در شرایطی که کدورت بیشتر از ۱ NTU باشد، با وجود حفظ کلر باقی‌مانده در حد مطلوب، میزان HPC کمی افزایش می‌یابد. هرچند در کدورت‌های کمتر از ۱ NTU تأثیر قابل ملاحظه‌ای به چشم نمی‌خورد. با توجه به اینکه در این مطالعه میانگین کدورت ۰/۱ بود، تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نشد. به منظور بررسی تغییرات جمعیت میکروبی در شبکه آب ایستگاه‌ها و تغییرات آب، آزمایش شمارش HPC ضمن فرایند تصفیه انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد مراحل گندزدایی به شکل مطلوبی صورت گرفته است.

بحث

یکی از معضلاتی که شهر ساوه با آن مواجه است، مسئله لب‌شوری آب است که بر اساس نتایج، ایسین با تصفیه آب به روش اسمز معکوس با تأمین آب با کیفیت مناسب، درصدد رفع این مشکل است. تاکنون پژوهش‌های زیادی در ایران و جهان در زمینه بررسی کیفیت آب آشامیدنی شهرها انجام شده است. تمرکز اصلی این پژوهش بر کیفیت آب تولیدشده از فرایند غشایی و گسترش آن به شهرهای دارای آب لب‌شور برای رفع این مشکل از طریق ایجاد ایستگاه‌های مستقل برای عرضه به جامعه است تا با استفاده از این فناوری، خطرات بهداشتی تصفیه آب با دستگاه‌های تصفیه آب خانگی و خرید آب تصفیه‌شده از ماشین‌های سیار فروش آب، به نحوی در این شهرها حل شود.

در زمینه مقایسه آب‌شیرین‌کن‌های صنعتی و خانگی، رجایی و همکاران اثر دستگاه‌های تصفیه آب خانگی بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب را در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ بررسی کردند. نتایج نشان داد استفاده از دستگاه‌های تصفیه آب خانگی نه‌تنها موجب ارتقای سلامت و بهداشت و کاهش بیماری‌ها نمی‌شود، بلکه امکان افزایش برخی بیماری‌ها در اثر مصرف بلندمدت آب این دستگاه‌ها نیز وجود دارد [۳۳]. مطالعه دیگری که جی و ویمبی در زمینه کیفیت میکروبی آب در جامعه مانونیان در ۲۰۱۱ انجام دادند نشان داد تمام کلی‌فرم‌ها و اشرشیاکلی به ترتیب در ۹۷ درصد و ۷۱ درصد از نمونه‌های آب تشخیص داده شدند که نشان‌دهنده فقر حفاظتی منابع آب، فقر به‌سازی و پایین‌بودن عملکردهای بهداشتی و پایش‌نشدن مستمر آب است [۳۴]. مسعودی و همکاران در مطالعات خود در بررسی آلودگی میکروبی آب آشامیدنی منطقه شمال غرب اقلید در

جدول ۳. مقادیر متوسط متغیرهای میکروبی آب خروجی دستگاه‌های آب‌شیرین‌کن بخش خصوصی شهر ساوه.

متغیر	میانگین تمام ایستگاه‌های انتخاب‌شده در ماه نمونه‌برداری							استاندارد ملی	واحد اندازه‌گیری
	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	حداکثر مجاز	
کلی‌فرم کل	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	MPN/100mL
کلی‌فرم مدفوعی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	MPN/100Ml
HPC	۵	۵	۲	۴	۱	۱	۱	۵۰۰	CFU/ml

سال ۱۳۹۲، دلیل بیشتربودن میانگین کلی‌فرم در آب چشمه‌ها را در مقایسه با استاندارد جهانی، آلوده‌بودن آب چشمه‌ها با فاضلاب‌های حیوانی و انسانی دانستند.

در روش اسمز معکوس به دلیل تنظیم کلر، آلودگی میکروبی کامل حذف می‌شود. شاخص مطلوبیت نبود باکتری کلی‌فرم بر اساس رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت در ایسین در محدوده خوب قرار دارد. اگرچه کیفیت میکروبی و شیمیایی آب در حد استاندارد است، ولی حفظ و ارتقای وضع موجود با توجه به شرایط و قابلیت‌های آلودگی در منطقه ضرورت دارد و پایشی مستمر را می‌طلبد.

پیشنهادها

نتایج مطالعه حاضر نشان داد متغیرهای شیمیایی آب آشامیدنی این ایستگاه‌ها از دیدگاه بهداشتی مشکل‌آفرین نیست، اما پیشنهاد می‌شود متصدیان دستگاه، عملیات ترقیق آب تصفیه‌شده را با آب ورودی تا تنظیم عوامل مختلف تا نزدیک‌شدن به حداکثر مطلوب در مواقع لزوم انجام دهند. همچنین پیشنهاد می‌شود در مواقع لزوم از دستگاه فلوئور زن استفاده شود. به علت تأمین آب ایسین از یک مخزن آب، تغییرات شدیدی را در کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب ورودی به این دستگاه‌ها شاهد نبودیم.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس علی‌محمد قل‌بیگی و شرکت مهندسی رعد آب جنوب که در این مطالعه ما را یاری کردند سپاسگزاری می‌کنیم. این مقاله حامی مالی نداشته است.

References

[1] Giannoulis N, Maipa V, Konstantinou I, Albanis T, Dimoliatis I. Microbiological risk assessment of Agios Georgios source supplies in Northwestern Greece based on faecal coliforms determination and sanitary inspection survey. 2005; 58(9):1269–76. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.09.078

[2] Wachinski AM. Water quality. 3rd ed. New York: American Water Works Association; 2003.

[3] He M, Tian YF, Springer D, Putra IA, Xing GZ, Chia EEM, et al. Polaronic transport and magnetism in Ag-doped ZnO. Applied Physics Letters. 2011; 99(22):222511. doi: 10.1063/1.3665401

[4] Petersen RJ. Composite reverse osmosis and nanofiltration membranes. Journal of Membrane Science. 1993; 83(1):81–150. doi: 10.1016/0376-7388(93)80014-o

[5] DOW Water & Process Solutions. FILMTEC™ reverse osmosis membranes technical manual. Midland: DOW Chemical Co.; 2008.

[6] Gabelich CJ, Williams MD, Rahardianto A, Franklin JC, Cohen Y. High-recovery reverse osmosis desalination using intermediate chemical demineralization. Journal of Membrane Science. 2007; 301(1-2):131–41. doi: 10.1016/j.memsci.2007.06.007

[7] Nicolaisen B. Developments in membrane technology for water treatment. Desalination. 2003; 153(1-3):355–60. doi: 10.1016/s0011-9164(02)01127-x

[8] Jafaripor M, Samili Amrod, M, Zeiaeepor, A, and Davoodi, R. Health, sanitary and economic evaluation of Home-like systems of water treatment (Reverse Osmosis, RO) in Qom city (Persian)]. Journal of Water and Wastewater. 2011; (78): 15-21.

[9] Bahmani M, Aghababaee N, GholBeigi M. Evaluation of the Reverse Osmosis water desalination plant of city of Saveh. Paper presented at: The First National Conference of Iran Membrane; 2011 Feb 15-16; Tehran, Iran.

[10] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, recommendation. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.

[11] Voros N, Maroulis ZB, Marinos-Kouris D. Optimization of reverse osmosis networks for seawater desalination. Computers & Chemical Engineering. 1996; 20:345–50. doi: 10.1016/0098-1354(96)00068-3

[12] Lu Y, Hu Y, XuD, Wu L. Optimum design of reverse osmosis seawater desalination system considering membrane cleaning and replacing. Journal of Membrane Science. 2006; 282(1-2):7–13. doi: 10.1016/j.memsci.2006.04.019

[13] Andrews WT, Pergande WF, McTaggart GS. Energy performance enhancements of a 950 m^3/d seawater reverse osmosis unit in Grand Cayman. Desalination. 2001; 135(1-3):195–204. doi: 10.1016/s0011-9164(01)00150-3

[14] Shabankareh Fard E, Hayati R, Dobaradaran S. Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinking water in Bushehr, Iran. Journal of Iranian South Medical Journal. 2015; 17(6):1223-1235.

[15] Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). [Physical and chemical specifications 2347 (Persian)]. 5th revision. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1978.

[16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Standard methods for examination of water & wastewater (Persian)]. 20th ed. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2005.

[17] Iranian National Standards Organization. [Detection and enumeration of coliform organisms in water by multiple tube method No. 3759 (Persian)]. Tehran: Iranian National Standards Organization; 2014.

[18] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Physical and chemical specifications 1053 (Persian)]. 5th revision. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1997.

[19] Weiner Ruth E, Matthews RA. Environmental engineering. 4th ed. New York: Springer; 2003.

[20] Amiri MC. [Principles of water treatment (Persian)]. 2nd ed. Isfahan: Arkan Publication; 1999.

[21] Helbling DE, VanBriesen JM. Continuous monitoring of residual chlorine concentrations in response to controlled microbial intrusions in a laboratory-scale distribution system. Water Research. 2008; 42(12):3162–72. doi: 10.1016/j.watres.2008.03.009

[22] Bureau of Reclamation. Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No.72. New York: Bureau of Reclamation; 2003

[23] Dindarloo K, Alipour V, Farshidfar GhR. [Chemical quality of drinking water in Bandar Abbas (Persian)]. Journal of Hormozgan University of Medical Sciences. 2006; 10(1): 57-62.

[24] Tahaikt M, El Habbani R, Ait Haddou A, Achary I, Amor Z, Taky M, et al. Fluoride removal from groundwater by nanofiltration. Desalination. 2007; 212(1-3):46–53. doi: 10.1016/j.desal.2006.10.003

[25] Li YH, Wang S, Zhang X, Wei J, Xu C, Luan Z, et al. Adsorption of fluoride from water by aligned carbon nanotubes. Materials Research Bulletin. 2003; 38(3):469–76. doi: 10.1016/s0025-5408(02)01063-2

[26] Edward E. Water treatment plant design. 4th ed. New York: Mc Graw Hill; 2005.

[27] Harris NO, Garcia-Godoy F, Nielsen Nathe C. Primary preventive dentistry. 7th ed: New Jersey; 2008.

[28] World Health Organization. Guidelines for drinking- water quality [R. Nabizadeh Nodehi, D. Fa'ezi Razi, Persian trans]. 2nd ed. Tehran: Nas Pub; 1996.

[29] Alizadeh, A. [Applied hydrology (Persian)]. Mashhad: Imam Reza University Press; 1999.

[30] Moniruzzaman M, Elahi SF, Jahangir MAA. Study on temporal variation of physico-chemical parameters of buriganga river water through GIS (Geographical Information System) technology. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 2010; 44(3). doi: 10.3329/bjsir.v44i3.4406

[31] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Bacteriological examination of ster supplies hermagesty stationary office 1011.1973 (Persian)]. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1973.

[32] Rajaei M S, Salemi Z, Karimi B, Ghanadzadeh MJ, Mashayekhi M. [Effect of household water treatment systems on the physical and chemical quality of water in 2011-2012 (Persian)]. Journal of Arak Medical University Journal (AMUJ). 2013;16(72):26-36.

[33] Gwimbi P. The microbial quality of drinking water in Manonyane community: Maseru District (Lesotho). African Health Sciences. 2011; (11):474-80.

[34] Masoodi M, Davoodian AR, Pajoohesh M, Mirchooli F, Mirsoleymani MA, Keyhanpanah M. [Evaluation of microbial pollution of drinking water in north-west Eghlid in 2014 (Persian)]. Journal of Sabzevar University of Medical Sciences. 2016; 22(2):516-522.