

## بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی دستگاه‌های آب شیرین‌کن با فرایند اسمز معکوس در شهر قشم

منصوره دهقانی<sup>۱</sup>، محمد دوله<sup>۲</sup>، حسن هاشمی<sup>۳</sup>، نرگس شمس‌الدینی<sup>۴</sup>

### چکیده

**مقدمه:** دستگاه‌های آب شیرین‌کن در تأمین آب مورد نیاز جوامع نقش بسزایی دارند. با توجه به افزایش مصرف آب و کاهش منابع طبیعی آب شیرین، این نقش روز به روز پررنگ‌تر می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های آب شیرین‌کن با فرایند اسمز معکوس و مقایسه کیفی آب خروجی آن با استانداردهای ملی و بین‌المللی آب آشامیدنی بود.

**روش‌ها:** مطالعه حاضر به مدت ۷ ماه از طریق نمونه‌برداری از آب ورودی و خروجی دستگاه آب شیرین‌کن با فرایند اسمز معکوس در شهر قشم انجام گرفت. پارامترهای سختی کل، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، کدورت، دما، pH، فلوتور، نیترات، نیتريت، کلور، سولفات و پارامترهای میکروبی مورد بررسی قرار گرفت و آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تحلیل گردید.

**نتایج:** سختی کل و فلوتور در آب خروجی دستگاه آب شیرین‌کن با روش اسمز معکوس کمتر از حد مطلوب، کلور در آب خروجی این دستگاه بالاتر از حد مجاز و غلظت سایر پارامترهای شیمیایی و فیزیکی مورد مطالعه در محدوده قابل قبول بود. در آب خروجی دستگاه با فرایند اسمز معکوس، اکثر پارامترهای کیفی بررسی شده نسبت به آب ورودی، حدود ۹۹ درصد کاهش یافته بودند و مقادیر خروجی در حد استاندارد بود.

**بحث و نتیجه‌گیری:** دستگاه آب شیرین‌کن با فرایند اسمز معکوس قابلیت بالایی در تهیه آب آشامیدنی سالم در مقایسه با استانداردهای کیفی دارا می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** کیفیت آب، تصفیه آب، آب شیرین‌کن، اسمز معکوس

### مقدمه

مثال حضور بیش از حد سولفات در آب موجب ایجاد طعم می‌گردد (۱، ۲). از اثرات سوء افزایش بیش از حد نیترات و نیتريت در آب آشامیدنی، مت هموگلوبینمی و جلوگیری از انتقال اکسیژن توسط هموگلوبین، ایجاد ترکیبات سرطان‌زای N-nitroso و ممانعت از جذب ید می‌باشد (۲). افزایش بیش از حد

آب آشامیدنی علاوه بر تأمین آب مورد نیاز جهت فعالیت‌های حیاتی بدن، یکی از راه‌های تأمین املاح ضروری بدن نیز می‌باشد که مقدار بیش از حد مجاز این املاح، کیفیت آب را تغییر داده و در برخی موارد سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت (۱). به طور

۱- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس، بندرعباس، ایران

۳- مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران

۴- دانشجوی کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

Email: mohammad.doleh@yahoo.com

نویسنده‌ی مسؤول: محمد دوله

تلفکس: ۰۷۱۱-۷۲۶۰۲۲۵

آدرس: بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس، واحد علوم و تحقیقات

کل جامدات محلول (Total Dissolved Solids) و کلرید موجب شوری آب می‌گردد (۱، ۲). سختی بالای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب رسوب در لوله‌ها و سیستم توزیع و همچنین پایین آوردن قدرت تمیز کنندگی آب می‌شود و سختی کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم و pH پایین‌تر از ۷، باعث خوردگی لوله‌ها می‌گردد (۱، ۳). مقدار کمتر از حد مجاز فلئور موجب آسیب به مینای دندان و افزایش پوسیدگی آن و افزایش بیش از حد مجاز فلئور در آب آشامیدنی موجب اسکروزیس می‌شود (۱، ۴). کدورت بالا باعث از بین بردن ظاهر زلال و شفاف آب و نارضایتی مصرف کننده می‌شود و در اغلب موارد میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، ویروس‌ها و پروتوزوآها) نیز به این ذرات متصل می‌شوند. حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در آب آشامیدنی می‌تواند بیماری‌هایی مانند وبا، حصبه، هپاتیت و یا اسهال‌های شدید خونی ایجاد نماید (۲، ۵).

بنابراین پایش مداوم پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب آشامیدنی از ضروریات است. بدین منظور 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 کشورهای و سازمان‌های مسؤول قرار داد (۲). 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 و در نهمین و نوزدهمین جلسه کمیته ملی استاندارد کشاورزی و غذایی، پنجمین بازنگری آن تصویب و منتشر گردید.

امروزه دستگاه‌های آب شیرین‌کن در تأمین 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 روز به روز پررنگ‌تر می‌شود. اگرچه استفاده از دستگاه‌های آب شیرین‌کن 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. به طور کلی می‌توان گفت که دستگاه‌های آب شیرین‌کن از طریق تخلیه کنترل نشده پساب خروجی (پساب نمکی) می‌توانند به محیط زیست آسیب جدی وارد نمایند؛ چرا که پساب تولید شده در دستگاه‌های آب شیرین‌کن، دارای باقی مانده مواد شیمیایی به کار گرفته شده در طول فرایند، جامدات محلول بالا، شوری بالا، مواد معدنی خورنده، دمای بالاتر از محیط و همچنین چگالی بالا می‌باشد (۶، ۷).

در یک تقسیم‌بندی کلی، دستگاه‌های آب شیرین‌کن به ۲ گروه اصلی تقسیم می‌شوند: آب شیرین‌کن‌هایی که با فرایندهای حرارتی کار می‌کنند و آب شیرین‌کن‌هایی که با فرایندهای غشایی کار می‌کنند.

فرایند تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای (MSF یا Multi-stage flash distillation) و فرایند تقطیر چند مرحله‌ای (MED یا Multiple-effect distillation) فرایندهای اصلی و پرکاربرد گروه اول و اسمز معکوس (Reverse Osmosis یا RO) فرایند اصلی گروه دوم هستند (۸). البته گروه سوم نیز وجود دارد و زمانی است که یک دستگاه آب شیرین‌کن با ترکیبی از هر دو نوع فرایند یعنی هم حرارتی و هم غشایی فعالیت کند که با عنوان فرایند ترکیبی (Hybrids) شناخته می‌شود و کاربرد کمتری نسبت به دو فرایند اصلی دارد (۹). تکنولوژی حرارتی علاوه بر MSF و MED دارای فرایندهای دیگری

مانند فشرده‌سازی بخار (Vapor Compression) یا VC) نیز می‌باشد که دارای کاربرد کمتری است و در مقیاس‌های کوچک کاربرد دارند.

الکترودیالیز (ED یا Electrolysis) نیز به عنوان یک فرایند غشایی شناخته شده در مقیاس‌های کوچک و جهت تصفیه آب‌هایی با غلظت کم نمک به کار گرفته می‌شود. در ضمن تعدادی از فرایندها نیز وجود دارند که با عنوان فرایندهای حمایتی شناخته می‌شوند و بیشتر در مرحله پیش‌تصفیه کاربرد دارند و به طور مستقیم جهت نمک‌زدایی از آب شور به کار گرفته نمی‌شوند که از آن جمله می‌توان به اولترافیلتراسیون (Ultrafiltration یا UF)، نانوفیلتراسیون (Nanofiltration یا NF) و یونیک فیلتراسیون (Unique filtration یا UF) اشاره کرد (۶).

تولید دی‌اکسیدکربن به عنوان گاز گلخانه‌ای و انتشار در محیط زیست، آلودگی صوتی و همچنین نشت شیمیایی از دیگر آلودگی‌های زیست محیطی آب شیرین‌کن‌ها محسوب می‌شوند (۸، ۶)، ولی با توجه به این که فرایند اسمز معکوس در قیاس با فرایندهای حرارتی، انرژی کمتری مصرف می‌کند؛ در نتیجه میزان انتشار دی‌اکسیدکربن به محیط کمتر است، اما پساب خروجی در فرایند اسمز معکوس نسبت به فرایندهای حرارتی آسیب بیشتری به محیط زیست اطراف خود وارد می‌کند؛ چرا که دارای جامدات محلول (TDS) ۵۰ تا ۸۰ درصد بیشتر از محیط اطراف خود است؛ در حالی که این مقدار در فرایندهای حرارتی ۱۰ تا ۱۵ درصد است. البته این تفاوت در غلظت پساب، ارتباط مستقیمی با راندمان فرایندها دارد؛ چرا که فرایند اسمز معکوس دارای راندمان بالای ۵۰ درصد است، یعنی بیش از ۵۰

درصد آب ورودی را به آب شیرین تبدیل می‌کند و این در حالی است که این میزان در فرایندهای حرارتی بین ۱۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد. طبیعی است در فرایند اسمز معکوس پساب خروجی دارای غلظت بالاتری باشد (۸-۶).

در ایران نیز از منظر توان تولید، فرایند MSF، RO و MED رتبه‌های اول تا سوم را دارا می‌باشند (۶). طی سال‌های گذشته مطالعاتی در زمینه کیفیت آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین‌کن در برخی از نقاط کشور انجام شده است که به طور عمده شامل فرایند اسمز معکوس بوده است. در شهر قم کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب تصفیه شده توسط دستگاه‌های آب شیرین‌کن با فرایند RO توسط یاری و همکاران بررسی گردید (۱۰). در تحقیق دیگری با عنوان «بررسی کیفیت آب استحصال شده از آب شیرین‌کن‌های مستقر در شهرها و روستاهای ایران» توسط قنادی و فرهادی‌پور مشخص گردید که کارامدی آب شیرین‌کن‌ها در حذف اکثر ترکیبات موجود در آب را نشان داد (۱۱). Schoeman و Steyn در مطالعه‌ای در آفریقای جنوبی ثابت نمودند، فرایند RO قادر است نترات و TDS را به میزان زیادی در آب خروجی کاهش دهد (۱۲). Bodalo و همکاران در مطالعه‌ای در اسپانیا، کارایی فرایند RO در حذف سولفات را مطلوب گزارش نمودند (۱۳). Sehn در مطالعه‌ای دیگر در فنلاند تأثیر فرایند RO بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب را بررسی نمود. نتایج تحقیق نشان داد که فرایند اسمز معکوس توانایی حذف اکثر یون‌های موجود در آب به میزان بالای ۹۰ درصد را دارد (۱۴). در مناطقی از کشور ایران از جمله نوار ساحلی جنوبی و مناطق کویری به دلیل فقدان آب شیرین، تنها منبع تأمین آب،

آب های با املاح زیاد یا به عبارتی آب شور می باشد که در سال های اخیر با توجه به ورود و توسعه دستگاه های آب شیرین کن در کشور، مناطق ذکر شده آب آشامیدنی خود را با استفاده از این دستگاه ها تأمین می نمایند.

جزیره قشم با ۱۴۹۱ کیلومتر مربع از شمال به شهر بندرعباس مرکز بخش خمیر و قسمتی از شهرستان بندر لنگه، از شمال شرقی به جزیره هرمز، از شرق به جزیره لارک، از جنوب به جزیره هنگام و از جنوب غربی به جزایر تنب بزرگ و کوچک و ابوموسی محدود می گردد. این جزیره فاقد هر گونه آب سطحی و سفره های آب زیرزمینی شیرین می باشد و استراتژی بهره گیری از شیرین سازی آب دریا توسط دستگاه های آب شیرین کن، منطقی ترین و به صرفه ترین روش تأمین آب آشامیدنی این جزیره به نظر می رسد. منبع آب ورودی به دستگاه های آب شیرین کن شهر قشم، آب استحصال شده از خلیج فارس می باشد و با تخلیه انواع آلاینده ها از جمله پساب های صنعتی، زباله های شهری، تخلیه آب توازن کشتی ها، نشت مواد نفتی ناشی از حوادث ناشی از نفت کش ها و سکوهای نفتی و ... متأسفانه روز به روز شاهد آلوده تر شدن آب های خلیج فارس می باشیم (۱۶، ۱۵).

از طرفی تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف جهان نشان داده است که در دستگاه های آب شیرین کن به دلیل این که زدایش انتخابی وجود ندارد و تمام کاتیون ها و آنیون ها بدون توجه به مفید بودن یا مفید نبودن حذف می گردند، بنابراین می تواند منجر به برهم خوردن تعادل املاح در آب خروجی شده و سلامت مصرف کننده را به خطر اندازد (۴). در نتیجه پایش و بررسی مداوم کیفیت آب خروجی

از این دستگاه ها لازم و ضروری است. با توجه به این که تاکنون کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب خروجی از این دستگاه ها، در قالب یک مطالعه تحقیقاتی و زمان دار بررسی نشده است و از طرفی با وجود مطالعات معدود انجام شده بر روی دستگاه های RO در سطح کشور، هنوز تحقیقات معتبر و علمی در زمینه کارکرد فرایند RO در دسترس نمی باشد، مطالعه حاضر می تواند این کمبود را تا حدودی برطرف نماید. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی و تعیین کیفیت شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب ورودی و خروجی از دستگاه های آب شیرین کن شهر قشم انجام شد و در نهایت مقایسه آب خروجی دستگاه با استاندارد ملی ایران و دستورالعمل سازمان بهداشت جهانی صورت گرفت. شهر قشم دارای ۱۱ واحد آب شیرین کن شهری و ۷ واحد آب شیرین کن روستایی می باشد.

### مواد و روش ها

تحقیق حاضر از نوع مقطعی بود که دستگاه آب شیرین کن فعال با فرایند RO در شهر قشم به عنوان دستگاه مورد مطالعه انتخاب گردید. این دستگاه بر اساس میزان TDS آب ورودی انتخاب شد. منبع آب خام ورودی به دستگاه آب شیرین کن، چاه حفر شده در فاصله ۲۰۰ متری ساحل و واقع در محوطه سایت آب شیرین کن ها بود. دستگاه آب شیرین کن تحت مطالعه دارای ۲ نقطه نمونه برداری یکی چشمه ورودی دستگاه در محل لوله تغذیه کننده آب خام و دیگری چشمه خروجی در محل شیر برداشت آب تصفیه شده بود. فاضلاب خروجی به ابتدای سیستم بر نمی گردد و جزء یکی از معایب دستگاه های آب شیرین کن می باشد.

نمونه برداری طی ۴ نوبت و از آذر سال ۱۳۹۰ لغایت خرداد سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. در هر بار نمونه برداری، ۳ نمونه از هر نقطه نمونه برداری یعنی قسمت ورودی (آب خام) و قسمت خروجی دستگاه آب شیرین کن مورد مطالعه، به طریق لحظه‌ای و بدون اطلاع قبلی در ساعات کاری برداشت شد. در مجموع تعداد ۲۴ نمونه (۱۲ نمونه آب ورودی، ۱۲ نمونه آب خروجی از دستگاه) مطابق با استاندارد شماره ۲۳۴۷ ایران برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید (۱۷). انتخاب این ماه‌ها برای نمونه برداری به دلیل افزایش توریست از آذر تا خرداد ماه بود.

در آزمایشگاه تمام پارامترهای مورد مطالعه برای افزایش دقت، با ۳ بار تکرار برای هر نمونه برداشت شده مورد آزمایش قرار گرفت. قابل ذکر است جهت برداشت نمونه‌های شیمیایی از ظروف ۲ لیتری پلی اتیلنی تمیز و جهت نمونه برداری میکروبی از ظروف کاملاً استریل شیشه‌ای با درب سمباده‌ای و مواد آزمایشگاهی Merck آلمان با درجه خلوص ۹۵ درصد استفاده شد. نمونه‌های برداشت شده برای انجام آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه آب مرکز بهداشت استان هرمزگان و جهت کشت میکروبی به آزمایشگاه آب مرکز بهداشت شهرستان قشم منتقل شد. تمام آزمایش‌ها مطابق با روش‌های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد ویرایش ۲۰ انجام گرفت (۱۸).

پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارتند از سختی کل به روش تیتراسیون با استفاده از اتیلن دی‌آمید ترا استیک اسید (EDTA) بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۶ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۷)، کلرور به روش آرژانتومتري با استفاده از  $AgNO_3$  بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۰ مؤسسه

استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۷)، کل جامدات محلول (TDS) به روش حرارت دادن بر اساس دستورالعمل شماره ۲۵۴۰ کتاب استاندارد متد (۱۷)، کدورت با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل (2100Q, Hach) بر اساس دستورالعمل شماره ۲۱۳۰ کتاب استاندارد متد (۱۸)، دما با استفاده از ترمومتر جیوه‌ای و بر اساس دستورالعمل شماره ۲۵۵۰ کتاب استاندارد متد (۱۸)، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC (Electrical conductivity) CD20 مدل Aqualytic و بر اساس دستورالعمل شماره ۲۵۱۰ کتاب استاندارد متد (۱۸)، فلوئور بر اساس استاندارد ۲۳۵۱ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۷)، نترات بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۲ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۷)، سولفات بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۷) و نیتريت با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل ۷۰۰۰ مدل یا Palintest، سنجش کل کلیفرم (Total Coliform یا TC) بر اساس دستورالعمل شماره 9221-B استاندارد متد (۱۸) و کلیفرم مدفوعی (Faecal Coliform یا FC) بر اساس دستورالعمل شماره 9221-E استاندارد متد (۱۸) صورت گرفت. به این صورت که برای کل کلیفرم‌ها از محیط کشت BGB (Brilliant green lactose bile broth) و آزمایش تأییدی جهت تشخیص کلیفرم مدفوعی از محیط کشت EC (Escherichia Coli broth) و از روش استاندارد ۹ لوله‌ای استفاده گردید. در نهایت نیز نتایج به دست آمده توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16. SPSS Inc., Chicago, IL) و آزمون Paired t مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین غلظت‌های به دست آمده با استاندارد ملی ۱۰۵۳ و در

### بحث

در این تحقیق با برداشت نمونه از آب ورودی به دستگاه که از چاه حفر شده در ۲۰۰ متری ساحل بود و آب خروجی از دستگاه و اندازه‌گیری برخی از پارامترهای شیمیایی و فیزیکی و همچنین کشت میکروبی، مؤثر بودن دستگاه‌های آب شیرین‌کن با فرایند RO در تولید آب آشامیدنی مطابق با استانداردهای موجود ثابت گردید.

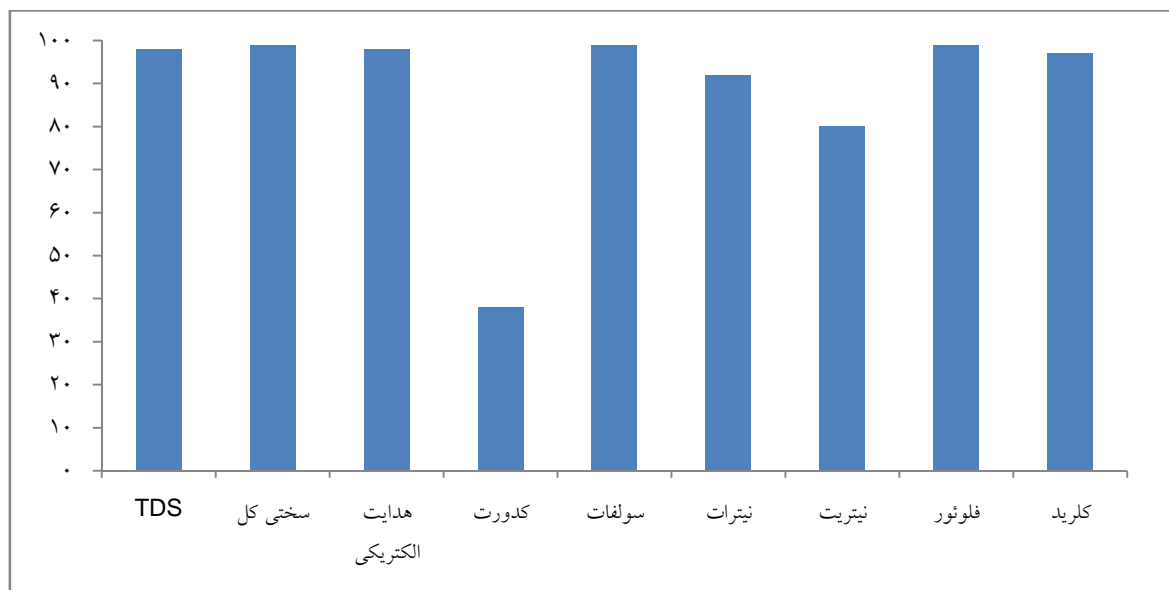
در مطالعه حاضر در دستگاه آب شیرین‌کن با فرایند RO غلظت متوسط فلئوئور در آب خروجی پایین‌تر از حد مجاز آب آشامیدنی بود که با نتیجه حاصل شده از تحقیق یاری و همکاران در قم (۱۰) و میرانزاده و ربانی در کاشان (۴)، قنادی و فرهادی‌پور (۱۱)، Schoeman و Steyn (۱۲) و Sehn (۱۴) مطابقت دارد. مقادیر دریافت روزانه فلوراید به منطقه جغرافیایی بستگی دارد. اگر رژیم غذایی مانند جزیره قشم شامل ماهی باشد، دریافت از طریق غذا به طور خاص زیاد می‌شود (۱).

مورد برخی از پارامترها که در استاندارد ۱۰۵۳ ذکر نگردیده است با استانداردهای خارجی از جمله استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد اتحادیه اروپا مقایسه گردید.

### نتایج

درصد راندمان حذف پارامترها در نمودار ۱ ارایه شده است. انرژی مورد نیاز، هزینه تمام شده آب تولیدی، اثرات زیست محیطی، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، راندمان عملکرد بر حسب درصد و دمای پساب خروجی در دستگاه آب شیرین‌کن با فرایند RO در جدول ۱ مشاهده می‌گردد.

تمام نمونه‌های آب ورودی به فرایندهای مذکور فاقد آلودگی میکروبی بودند. تحلیل آماری آزمون Paired t نشان داد که فرایند اسمز معکوس تأثیر قابل ملاحظه‌ای در بهبود کیفی آب شرب دارد ( $P < 0/001$ ). همچنین پارامترهای کیفی آب خروجی کمتر از حد استاندارد بوده است ( $P < 0/001$ ).



نمودار ۱. درصد راندمان حذف پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب ورودی و خروجی از دستگاه‌های آب شیرین‌کن قشم با استفاده از فرایندهای (Reverse Osmosis) RO

TDS: Total Dissolved Solids

جدول ۱. انرژی مورد نیاز، هزینه تمام شده آب تولیدی، اثرات زیست محیطی، میزان انتشار دی اکسید کربن، راندمان عملکرد بر حسب درصد و دمای پساب خروجی در دستگاه آب شیرین کن با فرایند RO (Reverse Osmosis)

پارامتر	*RO
انرژی مورد نیاز (کیلووات بر مترمکعب)	انرژی الکتریکی انرژی حرارتی
هزینه تمام شده آب تولیدی (دلار بر مترمکعب)	جهت آب دریا: ۰/۹۹ جهت آب لب شور: ۰/۵۳
اثرات زیست محیطی	پساب خروجی با TDS* ۵۰ تا ۸۰ درصد بیشتر نسبت به محیط زیست اطراف خود
میزان انتشار دی اکسید کربن (کیلوگرم بر مترمکعب)	۲/۷۹
راندمان عملکرد (درصد)	آب دریا: ۳۰-۵۰ آب لب شور: ۶۰-۸۵
دمای پساب خروجی (درجه سانتی گراد)	برابر با محیط

\*RO: Reverse osmosis

TDS: Total Dissolved Solids

کل به دست آمده در این تحقیق پایین تر از حد مطلوب بود که با نتیجه به دست آمده از مطالعه یاری و همکاران در قم (۱۰)، مطالعه خدادادی و همکاران روی آب شیرین کن های شهر بیرجند (۵)، قنادی و فرهادی پور بر روی آب شیرین کن های RO مستقر در شهر و روستاهای ایران (۱۱) و Belkacem و همکاران در الجزایر (۱۹) مطابقت دارد. در مطالعه میرانزاده و ربانی در کاشان، میانگین سختی کل آب خروجی از دستگاه های آب شیرین کن ۱۱۸ میلی گرم در لیتر و در حد مطلوب بوده است و با نتایج حاصل شده از این مطالعه مغایرت دارد (۴). با توجه به این که املاح کلسیم و منیزیم موجب کاهش خطر ابتلا به بیماری های قلبی - عروقی می گردد و از طرف دیگر برای جلوگیری از خوردگی در لوله های آب، سختی بیشتر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر لازم است، بنابراین با اضافه نمودن ترکیبات کلسیم و منیزیم به آب خروجی از دستگاه ها می توان این

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که میزان pH در آب خروجی از دستگاه خاصیت اسیدی دارد که با نتیجه حاصل شده از مطالعات یاری و همکاران بر روی آب شیرین کن های با فرایند RO در شهر قم (۱۰)، میرانزاده و ربانی بر روی آب شیرین کن های با فرایند RO در شهر کاشان (۴) و قنادی و فرهادی پور بر روی آب شیرین کن های با فرایند اسمز معکوس مستقر در شهر و روستاهای ایران (۱۱)، Sehn (۱۴) و Belkacem و همکاران بر فرایند RO (۱۹) Al-Odwani و همکاران در کشور کویت (۲۰) همخوانی دارد، ولی با توجه به این که محدوده مطلوب میزان pH در آب آشامیدنی در ویرایش پنجم استاندارد ملی از ۷ به ۶/۵ کاهش یافته است، بنابراین pH آب خروجی در این دستگاه در محدوده مطلوب قرار دارد.

سختی کل بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر جهت آب آشامیدنی مطلوب و مناسب است. سختی

مشکلات را برطرف نمود (۴، ۱). البته می‌توان آب ورودی را با درصد مشخص و با در نظر گرفتن سایر پارامترها به آب تصفیه شده اضافه نمود تا سختی مورد نظر تأمین شود.

کلرید در آب خروجی از فرایند RO بالاتر از حد مجاز و شرایط نامطلوب قرار داشت. دلیل نامطلوب بودن کلرید خروجی از فرایند RO در این تحقیق را می‌توان بدین شکل تفسیر کرد که با وجود راندمان حذف کلراید بیش از ۹۷ درصد که این میزان حذف حتی بالاتر از راندمان حذف کلرید به دست آمده توسط قنادی و فرهادی‌پور بر روی آب شیرین‌کن‌های RO مستقر در شهر و روستاهای ایران (۱۱)، میرانزاده و ربانی در کاشان (۴) و Belkacem و همکاران در الجزایر (۱۸) و مشابه راندمان حذف کلرید در تحقیق Schoeman و Steyn (۱۲) می‌باشد. غلظت بسیار بالای کلرید ورودی به فرایند RO (بالای ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و کوچک بودن و تک ظرفیتی بودن اندازه یون و شاید جنس غشای به کار رفته موجب این اتفاق شده است. با توجه به ایجاد طعم نامطلوب در آب شرب توسط کلراید، لازم است با کنترل نوع غشاهای استفاده شده در فرایند RO و پایش مداوم کلراید در آب خروجی، این موضوع رفع گردد.

یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفی آب که باید با دقت زیاد بررسی و کنترل گردد، آلودگی آب به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است که این موضوع از طریق کشت و شناسایی کلیفرم‌ها به عنوان شاخص بررسی می‌گردد. در آب خروجی از این دستگاه، هیچ گونه مواردی از آلودگی میکروبی دیده نشد و نتایج حاصل از این تحقیق با نتیجه به دست آمده توسط خدادادی و همکاران روی آب شیرین‌کن‌های شهر

بیرجند در سال ۱۳۸۸ همسو بوده است (۵)، ولی با نتیجه حاصل از مطالعه یاری و همکاران در شهر قم مطابقت ندارد (۱۰). در مطالعه یاری و همکاران مشخص گردید، ۶ درصد نمونه‌های آب دارای آلودگی میکروبی هستند که از دلایل آن می‌تواند تعویض نکردن به موقع غشای به کار رفته و تشکیل بیوفیلم روی آن و همچنین آلودگی ثانویه در مرحله نگهداری نمونه و یا مرحله کشت و نگهداری در انکوباتور اشاره کرد. استفاده از آب چاه به عنوان آب ورودی به فرایند RO نشان داد که آب خروجی فاقد آلودگی میکروبی است و در این جا برتری استفاده از آب‌های زیرزمینی که می‌تواند نقش فیلتر شنی را ایفا نموده، مشخص می‌گردد.

همان طور که در نمودار ۱ مشخص است، در آب خروجی دستگاه با فرایند RO، اکثر پارامترهای کیفی بررسی شده نسبت به آب ورودی حدود ۹۹ درصد کاهش یافته‌اند، اگرچه این کاهش در برخی از پارامترها مانند سختی کل و فلئوئور باید جبران گردد. تنها پارامتری که در نمودار ۱ دارای راندمان حذف پایینی می‌باشد، کدورت آب بود که دلیل اصلی آن کدورت بسیار پایین آب ورودی است؛ به طوری که کدورت آب ورودی به RO (آب چاه) تنها (Nephelometric Turbidity Units)

۰/۱۷ NTU بوده است که این فرایند موفق شده است که کدورت آب خروجی را به ۰/۱ NTU برساند و این بسیار مطلوب است. از کاستی‌های این مطالعه می‌توان به عدم مقایسه پارامترهایی مانند فضای فیزیکی و نیروی انسانی مورد نیاز این فرایند با سایر فرایندهای موجود، مواد شیمیایی مورد نیاز و همچنین میزان اثرات سوء هر فرایند بر محیط زیست نام برد.



## نتیجه گیری

با توجه به موقعیت جغرافیایی جزیره قشم و لزوم تأمین آب آشامیدنی ساکنین از طریق شیرین سازی آب و همچنین مقایسه کیفی پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب خروجی از فرایند RO در شهر قشم با استانداردهای ملی و بین‌المللی، در این تحقیق مشخص گردید که این فرایند قابلیت بالایی را در تهیه آب آشامیدنی سالم دارا است؛ به طوری که در آب خروجی دستگاه با فرایند اسمز معکوس، اکثر پارامترهای کیفی بررسی شده نسبت به آب ورودی، حدود ۹۹ درصد کاهش یافته بودند و مقادیر خروجی

در حد استاندارد بود.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت آب، برق و تأسیسات قشم، مرکز بهداشت استان هرمزگان، مرکز بهداشت شهرستان قشم و همچنین از مرکز توسعه پژوهش‌های بالینی بیمارستان نمازی شیراز به دلیل راهنمایی و مشاوره آماری در تهیه این مقاله و همکاری جناب آقای دکتر زارع و سرکار خانم ساره روستا اعلام می‌دارند.

## References

- Dindarlou K, Alipour V, Farshidfar G. Chemical quality of drinking water in Bandar Abbas. *Hormozgan Med J* 2006; 10(1): 57-62. [In Persian].
- World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4<sup>th</sup> ed. Geneva, CH: World Health Organization; 2011.
- American Waste Water Association. Health and aesthetic aspects of water quality. Trans. Mahvi AH. 1<sup>st</sup> ed. Tehran, Iran: Balgostar; 1996. [In Persian].
- Miranzade M, Rabhani D. Chemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of the desalination plants utilized in Khashan during 2008. *Feyz* 2010; 14(2): 120-5.
- Khodadadi M, Dorri H, Mirzayi M. The role of desalination plants in Birjand city in removal of the chemical, physical and biological parameters of Birjand drinking water in 2009. *Proceedings of the 11<sup>rd</sup> Congress of Medical students*; 2010 Apr 20-23; Bandar Abbas, Iran.
- Mezher T, Fath H, Abbas Z, Khaled A. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. *Desalination* 2011; 266(1-3): 263-73.
- Lattemann S, Hpner T. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination* 2008; 220(1-3): 1-15.
- Khawaji AD, Kutubkhanah IK, Wie J. Advances in seawater desalination technologies. *Desalination* 2008; 221(1-3): 47-69.
- Raluy G, Serra L, Uche J. Life cycle assessment of MSF, MED and RO desalination technologies. *Energy* 2006; 31(13): 2361-72.
- Yari A, Safdari M, Hadadian L, Babakhani MH. The physical, chemical and microbial quality of treated water in Qom's desalination plants. *Qom Univ Med Sci J* 2007; 1(1): 45-54. [In Persian].
- Ghannadi M, Farhadpour J. Water quality evaluation of supplied by desalinations in cities and villages of Iran in year 2005. *J Water & Environ* 2007; 64(3): 3-10. [In Persian].
- Schoeman JJ, Steyn A. Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa. *Desalination* 2003; 155(1): 15-26.
- Bodalo A, Gomez JL, Gomez E, Leon G, Tejera M. Reduction of sulphate content in aqueous solutions by reverse osmosis using cellulose acetate membranes. *Desalination* 2004; 162: 55-60.
- Sehn P. Fluoride removal with extra low energy reverse osmosis membranes: three years of large scale field experience in Finland. *Desalination* 2008; 223: 73-84.
- Nasrabadi N. Spread of pathogens in the food chain and how they influence on the southwest coast of Persian Gulf (the coast to coast port pry Rostami). *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Coasts, Ports and Marine structures*; 2004 November 29- December 2; Tehran, Iran.
- Jalili M, Khakpour A. Determination of Heavy metal pollution by industrial wastewater discharge around the Kharkh Island. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference & Exhibition on Environmental Engineering*; 2007 February 18-19; Tehran, Iran.
- Institute of Standards and Industrial Research of

- Iran. Drinking water quality standard [Online]. [cited 2013 June]; Available from: URL: <http://www.isiri.org/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=5f6bbf1b-ac23-4362-a309-9ee95a439628>
18. American Water Works Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> ed. Washington, DC: American Public Health Association; 1999.
19. Belkacem M, Bekhti S, Bensadok K. Groundwater treatment by reverse osmosis. *Desalination* 2007; 206(1-3): 100-6.
20. Al-Odwani A, El-Sayed EEF, Al-Tabtabaei M, Safar M. Corrosion resistance and performance of copper-nickel and titanium alloys in MSF distillation plants. *Desalination* 2006; 201(1-3): 46-57.

## The Quality of Raw and Treated Water of Desalination Plants by Reverse Osmosis in Qeshm

Mansoureh Deghani<sup>1</sup>, Mohammad Doleh<sup>2</sup>, Hassan Hashemi<sup>3</sup>, Narges Shamsaddini<sup>4</sup>

### Abstract

**Background:** Desalination plants have an important role in providing community drinking water. The increasing trend of water consumption and decrease of natural resources of fresh water make this role even more important. The aim of this study was to evaluate the quality of inlet and outlet water of desalination plants by reverse osmosis (RO) process in Qeshm, Iran and also to compare the quality of outlet water from this process with National and International standards of drinking water.

**Methods:** This study was performed by obtaining samples of inlet and outlet water of desalination plants working by reverse osmosis (RO) process in Qeshm for 7 months. Total hardness, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), turbidity, temperature, pH, fluoride, nitrate, nitrite, chloride, sulfate and microbiological parameters were investigated. Data analysis was performed by SPSS16.

**Results:** Total hardness and fluoride in the treated water from this process were lower than desirable limits and chloride concentration was higher than the permitted limit. The rest of the chemical and physical parameters were in acceptable range. Most qualitative parameters of the outlet water of the RO process decreased by 99% compared to the inlet water and outlet levels were in the standard range.

**Conclusion:** Desalination plants by reverse osmosis (RO) process have a high efficiency in providing healthy drinking water based on qualitative standards.

**Keywords:** Water quality, Water treatment, Desalination, Reverse osmosis process

1- Assistant Professor, Department of Environment Health Engineering, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

2- Master of Environment Engineering, Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch, Bandar Abbas, Iran

3- Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran

4- MSc. Student of Environment Health Engineering, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

**Corresponding Author:** Mohammad Doleh, Email: mohammad.doleh@yahoo.com

**Address:** Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch, Bandar Abbas, Iran

**Tel:** 07117260225

**Fax:** 07117260225