پژوهش درپزشکی (مجله پژوهشی دانشکده پزشکی)
دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی
دوره ۳۶، ویژه نامه ۱، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۳۶ تا ۴۲

مقاله اصلی
(Original Article)

بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب ورودی و خروجی فرآیندهای اسمز معکوس و تبخیر ناگهانی چند مرحله ای جهت مصارف شرب

منصوره دهقانی[۱]، حشمت اله نورمرادی[۲]، حسن هاشمی[۳]، علی اکبر عظیمی[۴]، محمد دوله[۵]، رضا وفایی[۶]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز
[۲] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام
[۳] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد
[۴] گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
[۵] دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس
[۶] مرکز تحقیقات پروتئومیکس، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

چکیده

سابقه و هدف: *یکی از ارکان مهم تامین سلامت یک جامعه، آب شرب ارائه شده به آن جامعه است. هدف از این مطالعه بررسی کیفیت آب ورودی و خروجی به دستگاه‌های آب شیرین کن شهر قشم با فرآیندهای اسمز معکوس(Reverse Osmosis, RO) و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای (Multistage Flash, MSF) و مقایسه کیفی آب خروجی از این دو فرآیند با استانداردهای ملی و بین المللی آب آشامیدنی بود.*

روش بررسی: *این مطالعه توصیفی- مقطعی به مدت ۷ ماه، از آذر ۱۳۹۰ تا خرداد ۱۳۹۱، از طریق نمونه برداری با فاصله ۲ ماه یکبار از آب ورودی و خروجی به دستگاههای آب شیرین کن شهر قشم با فرآیندهای اسمز معکوس و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای انجام گرفت. پارامترهای سختی کل، هدایت الکتریکی(EC)، کل جامدات محلول(TDS)، کدورت، دما، pH، فلوئور، نیترات، نیتریت، کلرور، سولفات و در نهایت پارامترهای میکروبی (میزان کل کلیفرم، کلیفرم مدفوعی) بررسی شدند. تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و با آزمون T زوجی انجام گرفت.*

یافته‌ها: *نتایج تحقیق نشان داد که به جز غلظت سختی کل و فلوئور که در آب خروجی هر دو فرآیند کمتر از حد مطلوب بوده و کلرور که در فرآیند اسمز معکوس بالاتر از حد مجاز است، غلظت سایر پارامترهای شیمیایی و فیزیکی مورد مطالعه در هر دو فرآیند در محدوده قابل قبول است. هم چنین در آب خروجی هر دو فرآیند، آلودگی میکروبی کلیفرم مشاهده نگردید.*

نتیجه‌گیری: *با توجه به پایین بودن غلظت فلوئور و سختی کل در هر دو فرآیند، باید از طریق فلوئورزنی و اضافه کردن ترکیبات کلسیم و منیزیم این امر جبران گردد؛ مهم‌تر اینکه هر دو فرآیند قابلیت بالایی در تهیه آب آشامیدنی سالم در مقایسه با استانداردهای کیفی دارا می باشند.*

واژگان کلیدی: *کیفیت آب، شهر قشم، اسمزمعکوس، تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای، دستگاه آب شیرین کن.*

مقدمه

آب برای ادامه حیات ضروری است و تامین آب سالم و بهداشتی یکی از مهم‌ترین وظایف دولت‌ها است. آب آشامیدنی علاوه بر تامین آب مورد نیاز جهت فعالیتهای حیاتی بدن، یکی از راه‌های تامین املاح ضروری بدن نیز می‌باشد که مقدار بیش از حد مجاز این املاح، کیفیت آب را تغییر و در برخی موارد سلامتی انسان را به خطر خواهد انداخت. به طور مثال، حضور بیش از حد سولفات در آب موجب ایجاد طعم می‌گردد (۱). مت‌هموگلوبینیمیا

آدرس نویسنده مسئول: بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس، محمد دوله (**e-mail:** mohammad.doleh@yahoo.com)

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

(جلوگیری از انتقال اکسیژن توسط هموگلوبین)، ایجاد ترکیبات سرطان‌زای N-nitroso و ممانعت از جذب ید، از اثرات سوء افزایش بیش از حد نیترات و نیتریت در آب آشامیدنی است (۲). افزایش بیش از حد TDS و کلرید موجب شوری آب و درنتیجه کاهش مقبولیت مصرف کننده می‌گردد (۱). سختی بالای ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب رسوب در لوله‌ها و سیستم توزیع و هم چنین پایین آوردن قدرت تمیزکنندگی آب می‌گردد و سختی کمتر از ۱۰۰ میلی گرم و pH پایین تر از ۷، خوردگی در لوله‌ها را باعث می‌شود (۱، ۳). کدورت از طریق حضور ذرات معدنی و آلی معلق در آب ایجاد می‌شود و در اغلب موارد میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، ویروسرها و پروتوزوآها) نیز به این ذرات متصل می‌باشند. بنابراین کدورت بالا علاوه بر از بین بردن ظاهر زلال و شفاف آب و نارضایتی مصرف کننده، می‌تواند موجب افزایش آلودگی‌های گوارشی نیز گردد (۲). مقدار کمتر از حد مجاز فلوئور موجب آسیب به مینای دندان و افزایش پوسیدگی آن و افزایش بیش از حد مجاز فلوئور در آب آشامیدنی موجب اسکروزیس می شود (۴،۱). حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا درآب آشامیدنی می‌تواند سلامت مصرف کننده را به طور جدی مورد تهدید قرار دهد و بیماری‌هایی هم چون وبا، حصبه، هپاتیت، اسهالهای شدید خونی ایجاد نماید (۵).

بنابراین پایش مداوم پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب آشامیدنی از ضروریات است. بدین منظور سازمان بهداشت جهانی اولین رهنمود کیفیت آب آشامیدنی را در سال‌های ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۵ منتشر و سپس در سال ۱۹۹۳ ویراست دوم، سال۲۰۰۳ ویراست سوم و سال ۲۰۱۱ ویراست چهارم این رهنمود را در دسترس کشورها و سازمان‌های مسئول قرار داده است (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 نهصدو نوزدهمین جلسه کمیته ملی استاندارد کشاورزی و غذایی، پنجمین بازنگری آن تصویب و منتشر گردید.

در حال حاضر در نقاط مختلف جهان از جمله خاور میانه استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن جهت تولید آب آشامیدنی بسیار معمول است و اشکال مختلف این تکنولوژی شامل تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای(Multi-Stage Flash(MSF)، تقطیر(Multiple effect distillation(MED و استفاده از غشاهایی با فرآیند اسمز معکوس (Reverse Osmosis(RO مورد کاربرد است که در ایران نیز از منظر توان تولید فرآیند RO، MSF و MED رتبه‌های اول تا سوم را دارد (۶). طی سال‌های گذشته مطالعات معدودی در زمینه کیفیت آب خروجی از دستگاههای آب شیرین کن در برخی از نقاط کشور انجام شده است که عمدتا شامل فرآیند اسمز معکوس بوده است. در شهر قم کیفیت شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب تصفیه شده توسط دستگاه‌های آب شیرین کن با فرآیند RO توسط یاری و همکاران در سال ۱۳۸۱ بررسی گردید و مشخص شد که مقدار سختی کل، فلوراید و pH در آب خروجی از دستگاه‌ها پایین تر از حد مطلوب است و ۶٪ نمونه‌ها نیز دارای آلودگی میکروبی می‌باشند (۷). در تحقیق دیگری در سال ۱۳۸۳ با عنوان بررسی کیفیت آب استحصال شده از آب شیرین کن های مستقردر شهرها و روستاهای ایران توسط قنادی و فرهادپور (۱۳۸۵) مشخص گردید که pH آب خروجی این دستگاه‌ها به سمت اسیدی شدن (pH=۶/۵۲) پیش می‌رود و هم چنین کارآمدی آب شیرین کن ها در حذف اکثر ترکیبات موجود در آب بالای ۹۰ درصد می‌باشد. به طور مثال، کاهش TDS آب به میزان ۸۸٪ ، سختی کل ۹۳٪ و سولفات بالای ۹۵٪ می‌باشد (۸). در مطالعه میران زاده و ربانی طی سالهای ۸۶ و ۸۷ روی دستگاه‌های آب شیرین کن شهر کاشان با فرآیند RO مشخص گردید به جزء فلوئور بقیه پارامترها در محدوده مطلوب قرار دارند و هیچ یک از نمونه‌ها دارای آلودگی میکروبی نیستند (۴). هم‌چنین خدادادی و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن شهر بیرجند با فرآیندRO قادر است که TDS و نیتریت را به میزان بیش از ۹۰٪حذف نمایند و نتایج آزمایشات میکروبی نشان داد که هیچیک از نمونه‌ها آلودگی میکروبی ندارند (۵). شومن و آستین (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای در آفریقای جنوبی ثابت نمودند فرآیند RO قادر است نیترات را از میزان ۴۲/۵ به ۰/۹ میلی گرم در لیتر و TDS را از ۱۲۹۲ به ۲۴ میلی گرم در لیتر برساند (۹). همچنین در تحقیقی محمد بلکاسم و همکارانش (۲۰۰۷) در الجزایر نشان دادند که فرآیند RO قادر است TDS آب ورودی را از ۷۵۳ میلی‌گرم در لیتر با راندمان حذف بیش از ۹۶٪ به ۲۵ میلی‌گرم در لیتر و یا هدایت الکتریکی را از ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی متر ببا راندمان حذف ۹۷ درصد به ۳۳/۱۸ میکرو زیمنس بر سانتی متر کاهش دهد (۱۰). آنتونی بودالو و همکارانش در مطالعه‌ای در اسپانیا (۲۰۰۴)، کارآیی فرآیند RO در حذف سولفات را مطلوب گزارش نمودند و نتایج حاصله نشان دهنده حذف بالای ۹۹/۵ درصد سولفات در تمامی موارد توسط غشاهای استات سلولز بکار گرفته شده درفرآیند اسمز معکوس است (۱۱). پیتر شن در مطالعه‌ای دیگر در فنلاند (۲۰۰۸) تاثیر فرآیند RO بر کیفیت فیزیکوشیمیایی 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؛ به طور

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

مثال کاهش غلظت فلوئور از ۱/۷ به ۰/۰۳ میلی گرم بر لیتر یا کاهش غلظت کلرید از ۹/۵ میلی گرم در لیتر به ۰/۱۹ میلی گرم در لیتر و یا کاهش نیترات از ۴ میلی گرم در لیتر به ۰/۳۳ میلی گرم درلیتر رسید (۱۲). مطالعه آل اودوانی و همکاران (۲۰۰۶) در کویت مشخص کرد که آب خروجی از فرآیند MSF دارای pH پایین و دارای خاصیت خورندگی است (۱۳). توفیک مزهر و همکارانش در امارات در گزارش خود نشان دادند که آب خروجی از فرآیند MSF میزان TDS و EC بسیار پایینی دارد (۶). عثمان حامد و همکاران در عربستان (۲۰۰۸) کیفیت آب خروجی از فرآیند MSF را بررسی نمودند. نتایج موید کیفیت بالای آب خروجی بود. در این تحقیق هدایت الکتریکی آب خروجی بین ۲/۵ تا ۱۲/۵میکرو زیمنس بر سانتی متر و قلیائیت بر حسب کربنات کلسیم بین ۰/۳ تا ۲/۵ میلی گرم در لیتر گزارش شد (۱۴).

در مناطقی از کشور ایران از جمله جزایر و 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 ذکر شده آب آشامیدنی خود را با استفاده از این دستگاه‌ها تامین می‌نمایند. همان طور که ذکر گردید پایش مداوم پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب آشامیدنی ضروری است، بنابراین کنترل کیفیت آب خروجی از این دستگاه‌ها لازم و ضروری است. لذا این تحقیق با توجه به موقعیت جغرافیایی جزیره قشم و لزوم تامین آب آشامیدنی ساکنین جزیره از طریق شیرین سازی آب دریا توسط دستگاه‌های آب شیرین کن با فرآیندRO و MSF و با هدف بررسی کیفیت شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب ورودی و خروجی به این دستگاه‌ها و هم چنین مقایسه کیفی آب خروجی از این دو فرآیند با استانداردهای ملی و بین المللی آب آشامیدنی انجام گرفت.

مواد و روشها

در این مطالعه توصیفی- مقطعی، دو دستگاه آب شیرین کن فعال در شهر قشم (یک دستگاه آب شیرین کن با سیستم RO و یک دستگاه آب شیرین کن با سیستم MSF) بررسی شدند. هر دستگاه آب شیرین کن 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 که در مجموع و با توجه به ۲ دستگاه آب شیرین کن مورد مطالعه، ۴ نقطه نمونه برداری وجود داشت.

نمونه برداری طی ۴ نوبت و از آذر ۱۳۹۰ لغایت خرداد ۱۳۹۱ و با فواصل دو ماهه انجام گرفت و در هر بار نمونه برداری ۳ نمونه ازهر نقطه نمونه برداری (قسمت ورودی (آب خام) و قسمت خروجی هر دستگاه آب شیرین کن مورد مطالعه)، به طریق لحظه‌ای و بدون اطلاع قبلی در ساعات کاری برداشت شد که در مجموع تعداد ۴۸ نمونه مطابق با استاندارد شماره ۲۳۴۷ ایران برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید.

در آزمایشگاه، تمام پارامترهای مورد مطالعه 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 نمونه‌برداری میکروبی از ظروف کاملا استریل شیشه‌ای با درب سمباده‌ای استفاده شد. نمونه‌های برداشت شده برای انجام آزمایشات شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه آب مرکز بهداشت استان هرمزگان و جهت کشت میکروبی به آزمایشگاه آب مرکز بهداشت شهرستان قشم منتقل شد و تمام آزمایشات مطابق با روش‌های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد ویرایش بیستم می‌باشد (۱۵). پارامترهای اندازه گیری شده شامل سختی کل به روش تیتراسیون با استفاده از EDTA بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۶ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کلرور به روش آرژانتومتری با استفاده از$AgNO_3$ بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۰ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، کل جامدات محلول(TDS) به روش حرارت دادن بر اساس دستورالعمل شماره ۲۵۴۰ کتاب استاندارد متد، کدورت با استفاده از دستگاه کدورت سنج مدل (2100Q, Hach) بر اساس دستورالعمل شماره ۲۱۳۰ کتاب استاندارد متد، دما با استفاده از ترمومترجیوه‌ای و براساس دستورالعمل شماره ۲۵۵۰ کتاب استاندارد متد، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC مدل CD20 مدل AQUALYTIC و بر اساس دستورالعمل شماره ۲۵۱۰ کتاب استاندارد متد، فلوئور بر اساس استاندارد۲۳۵۱ موسسه استاندارد، نیترات بر اساس روش استاندارد۲۳۵۲ موسسه استاندارد، سولفات بر اساس روش استاندارد ۲۳۵۳ موسسه استاندارد و نیتریت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل ۷۰۰۰ مدل Palintest و جهت سنجش کل کلیفرم (TC) بر اساس دستورالعمل شماره 9221-B استاندارد متد و کلیفرم مدفوعی (FC) دستورالعمل شماره 9221-E استاندارد بود. برای کل کلیفرم‌ها از محیط کشت BGB(Brilliant Green Lactose Bile broth) و آزمایش تائیدی جهت تشخیص کلیفرم مدفوعی از محیط کشت EC(Escherichia Coli broth) و از روش استاندارد ۹ لوله‌ای استفاده گردید. میانگین غلظت‌های به دست آمده با استاندارد ملی ۱۰۵۳ و در مورد برخی از پارامترها که در

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

جدول ۱- میانگین غلظت پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب ورودی و خروجی به دستگاه‌های آب شیرین کن قشم با استفاده از فرآیندهای اسمز معکوس RO و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ایMSF

	فرآیند MSF				فرآیند RO				استاندارد کیفیت آب آشامیدنی
	آب ورودی	آب خروجی	P-value		آب ورودی	آب خروجی	P-value		
			ورودی با خروجی	خروجی با استاندارد			ورودی با خروجی	خروجی با استاندارد	
TDS(mg/l)	۴۵۲۴۹/۴۵	۸۳/۰۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۴۴۷۴۶/۳	۷۰۲/۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۰۰۰
سختی کل(mg/l)	۴۹۷۵/۷۹	۳/۳۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۴۴۷۲/۷	۱۷/۹۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۰۰
هدایت الکتریکی(µs/cm)	۷۳۴۷۲	۲۹/۱۷	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷۴۱۴۴	۱۴۴۱/۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۵۰۰*
کدورت (NTU)	۰/۴۱	۰/۱۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۷	۰/۱۰۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱≥
سولفات(mg/l)	۲۴۹۱/۴	۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۳۳۲۳/۶	۴۰/۳۹	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۵۰
نیترات(mg/l)	۳/۶۷	۰/۱۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۳/۶۲	۰/۲۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۵۰
نیتریت(mg/l)	/۰۶۵	۰/۰۰۰۴	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۶	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۳
فلوئور(mg/l)	۱۰/۹۷	/۰۷۵	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۱۰/۸۹	۰/۰۷۲	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۵ -۱/۵
کلرید(mg/l)	۲۰۱۰۹/۵	۷/۷۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۰۹۶۶/۳	۵۶۶/۷۹	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۲۵۰
pH	۸/۳۱	۶/۵۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۷/۷۷	۶/۶۳	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۶/۵-۸/۵
دما(°c)	۲۳/۱۲	۳۲	<۰/۰۰۱	-	۲۸	۲۹/۶	<۰/۰۰۱	-	فاقداستاندارد

* با توجه به اینکه در استاندارد ۱۰۵۳، مقدار مطلوب و مجاز هدایت الکتریکی مشخص نشده است، در اینجا بر اساس استاندارد اتحادیه اروپا مقایسه شده است.

جدول ۲- میزان آلودگی کلیفرم مدفوعی (E.Coli) در آب ورودی و خروجی دو فرایند MSF و RO و در صد راندمان حذف در دستگاه‌های آب شیرین کن قشم

	فرآیند MSF					فرآیند RO					استاندارد کیفیت آب آشامیدنی
	آب ورودی	آب خروجی	راندمان (٪)	P-value		آب ورودی	آب خروجی	راندمان (٪)	P-value		
				ورودی با خروجی	خروجی با استاندارد				ورودی با خروجی	خروجی با استاندارد	
آلودگی کلیفرم مدفوعی (E.Coli)	٪۱۰۰*	۰	۱۰۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰	۰	-	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	کوچکتر از۲†

* آب ورودی به فرآیند MSF، ۱۰۰ در صد نمونه ها آلوده به E.coli بودند. † در آخرین ویرایش استاندارد ۱۰۵۳(ویرایش پنجم) در مورد مقدار مطلوب آلودگی کلیفرم استانداردی ارائه نشده است(۶)، لذا به ویرایش چهارم استاندارد۱۰۵۳ مصوب ۱۳۷۶استناد شده است.

استاندارد ۱۰۵۳ ذکر نگردیده است با استانداردهای خارجی از جمله استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد اتحادیه اروپا توسط نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ و آزمون t زوجی تحلیل شدند.

یافته‌ها

مقادیر میانگین غلظت پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب ورودی و خروجی به هر دو فرآیند اسمز معکوس و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای در جدول ۱ آمده است.

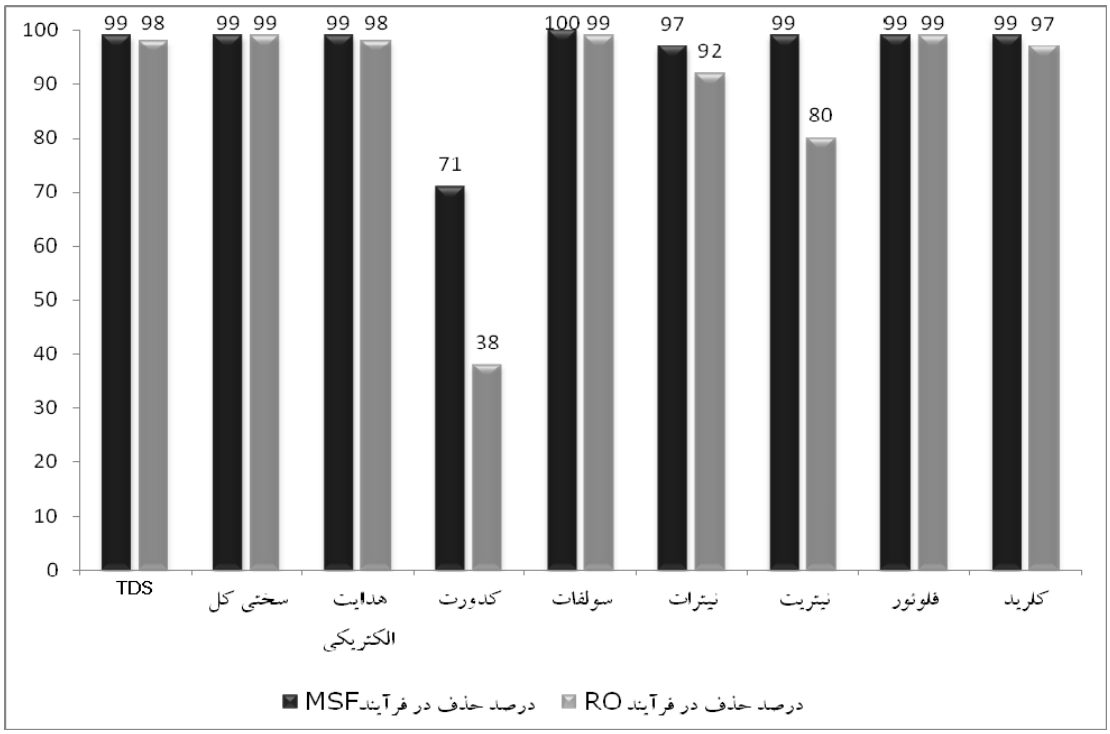
نتایج مربوط به کشت میکروبی آب ورودی و خروجی به هر دو فرایند RO و MSF در جدول ۲ آورده شده است.

درصد راندمان حذف پارامترها بررسی شده در هر دو فرآیند در نمودار ۱ ارائه شده است.

بحث

منبع تامین آب ورودی به فرآیند RO، آب چاه حفر شده در ۲۰۰ متری ساحل و منبع آب ورودی به فرآیند MSF آب استحصال شده از دریا است و لیکن کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب ورودی به هر دو فرآیند در این تحقیق تقریبا شبیه به هم می‌باشد که این نتیجه با مطالعه اسدپور و میرحسینی (۱۳۸۷) با عنوان آثار زیست محیطی دستگاه‌های آب شیرین کن جزیره قشم همسو است. البته این موضوع در کیفیت میکروبی آنها صادق نیست و ۱۰۰ درصد نمونه‌های برداشت شده از آب دریا (آب ورودی به فرآیندMSF) دارای آلودگی کلیفرم مدفوعی اشریشیا کلی (E.coli) بود، در حالی که تمامی نمونه‌های برداشت شده از آب

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]



نمودار ۱- درصد راندمان حذف پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب ورودی و خروجی به دستگاه‌های آب شیرین کن قشم با استفاده از فرآیند های اسمز معکوس RO و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای MSF

چاه (آب ورودی به فرآیند RO) فاقد آلودگی میکروبی بودند. تحلیل آماری نشان می‌دهد که ارتباط معنی‌داری بین پارامترهای اندازه‌گیری شده آب ورودی و خروجی وجود دارد ($p<۰/۰۰۱$). هم چنین ارتباط معنی‌داری بین پارامترهای اندازه‌گیری شده آب خروجی و استاندارد دیده شد ($p<۰/۰۰۱$).

جزیره قشم فاقد هرگونه آب سطحی و سفره‌های آب زیرزمینی شیرین می‌باشد و استراتژی بهره گیری از شیرین سازی آب دریا توسط دستگاه‌های آب شیرین کن، منطقی ترین و به صرفه‌ترین روش تامین آب آشامیدنی این جزیره به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه منبع آب ورودی به دستگاه‌های آب شیرین کن شهر قشم، آب استحصال شده از خلیج فارس می‌باشد و با تخلیه انواع آلاینده‌ها ازجمله پساب‌های صنعتی، زباله‌های شهری، تخلیه آب توازن کشتی‌ها، نشت مواد نفتی ناشی از حوادث ناشی از نفتکشها و سکوهای نفتی و... متاسفانه روز بروز شاهد آلوده‌تر شدن آبهای خلیج فارس هستیم و از طرفی تحقیقات انجام شده در نقاط مختلف جهان نشان داده است که در دستگاه‌های آب شیرین کن به دلیل اینکه زدایش انتخابی وجود ندارد و تمام کاتیون‌ها و آنیون‌ها بدون توجه به مفید بودن یا مفید نبودن حذف می‌گردند، لذا می‌تواند منجر به بر هم خوردن تعادل املاح درآب خروجی شود و سلامت مصرف کننده را به خطر اندازند (۴). لذا پایش و بررسی مداوم کیفیت آب خروجی از این دستگاه‌ها لازم و ضروری است.

در این تحقیق با برداشت نمونه از آب ورودی به دستگاه‌ها (آب ورودی به فرآیندRO از چاه حفر شده در ۲۰۰ متری ساحل و آب ورودی به MSF آب استحصال شده از دریا) و آب خروجی از دستگاه‌ها و اندازه‌گیری برخی از پارامترهای شیمیایی و فیزیکی و هم چنین کشت میکروبی، موثر بودن دستگاه‌های آب شیرین کن با هر دو فرآیند در تولید آب آشامیدنی مطابق با استانداردهای موجود ثابت گردید.

در مطالعه حاضر، در هر دو فرآیند RO و MSF غلظت متوسط فلوئور در آب خروجی پایین تر از حد مجاز آب آشامیدنی بود که با نتیجه حاصله از تحقیق یاری و همکاران در قم (۱۳۸۷) و میران زاده و ربانی (۱۳۸۹) در کاشان، قنادی و فرهادی پور (۱۳۸۵)، شومن و آستین (۲۰۰۳) و پیتر شن (۲۰۰۸) مطابقت دارد، اگرچه تحقیق این همکاران فقط روی فرآیند RO بود. مقادیر دریافت روزانه فلوراید به منطقه جغرافیایی بستگی دارد (۹،۴-۷، ۱۲). اگر رژیم غذایی شامل ماهی باشد مانند جزیره قشم، دریافت از طریق غذا به طور خاص زیاد می‌شود (۱). ولی با توجه به این موضوع که آب آشامیدنی ساده ترین و بهترین راه رساندن فلوئور به بدن است، لذا باید از طریق فلوئور زنی به آب

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

آشامیدنی، از پوسیدگی دندان ساکنین بالاخص کودکان در حال رشد در دراز مدت جلوگیری کرد.

نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که میزان pH در آب خروجی از هر دو فرآیند خاصیت اسیدی دارد و میزان اسیدی شدن آب خروجی در فرایند MSF از RO بیشتر است که با نتیجه حاصله از مطالعات یاری و همکاران بر روی آب شیرین کن های با فرآیند RO در شهر قم (۱۳۸۷)، میران زاده و ربانی برروی آب شیرین کن های با فرآیند RO در شهر کاشان و قنادی و فرهادپور (۱۳۸۵)روی آب شیرین کن‌های با فرآیند اسمز معکوس مستقر در شهر و روستاهای ایران، پیتر شن بر روی فرآیند RO (۲۰۰۸)، محمد بلکاسم (۲۰۰۷) روی فرآیند RO وآل دوانی و همکاران در کشور کویت (۲۰۰۶) و الرباح و همکاران در کشور کویت (۱۹۸۹) روی آب شیرین کن با فرآیند MSF هم‌خوانی دارد. ولی با توجه به اینکه محدوده مطلوب میزان pH در آب آشامیدنی در ویرایش پنجم استاندارد ملی از ۷ به ۶/۵ کاهش یافته است، لذا pH آب خروجی هر دو فرآیند در محدوده مطلوب قرار دارد (۱۳،۱۰،۸،۴).

سختی کل بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر جهت آب آشامیدنی مطلوب و مناسب است. سختی کل به دست آمده در این تحقیق در هر دو فرآیند پایین‌تر از حد مطلوب است که با نتیجه حاصله از مطالعه یاری و همکاران در قم (۱۳۸۷) و مطالعه خدادادی و همکاران روی آب شیرین کن های شهر بیرجند (۱۳۸۹) قنادی و فرهادی پور (۱۳۸۵) روی بر آب شیرین کن های RO مستقردر شهر و روستاهای ایران و محمد بلکاسم در الجزایر (۲۰۰۷) مطابقت دارد (۱۰،۷). هر چند که مطالعه میران زاده و ربانی در کاشان میانگین سختی کل آب خروجی از دستگاه‌های آب شیرین کن ۱۱۸ میلی گرم در لیتر و مطلوب بود و با نتایج حاصله از این مطالعه مغایرت دارد (۴). با توجه به اینکه املاح کلیسم و منیزیم موجب کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی- عروقی می‌گردد و از طرف دیگر برای جلوگیری از خوردگی در لوله‌های آب سختی بیشتر از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر لازم است، لذا با اضافه نمودن ترکیبات کلسیم و منیزیم به آب خروجی از دستگاه‌ها می‌توان این مشکلات را بر طرف نمود (۴،۱).

کلرید آب ورودی به هر دو دستگاه آب شیرین کن دارای غلظت تقریبا مشابه بوده، ولیکن کلرید در آب خروجی از فرآیند MSF شرایط مطلوب و در فرآیند RO بالاتر از حد مجاز وشرایط نامطلوب دارد. دلیل نامطلوب بودن کلرید خروجی از فرآیند RO در این تحقیق را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که با وجود راندمان حذف کلرید بیش از ۹۷ درصد که این میزان حذف حتی بالاتر از راندمان حذف کلرید به دست آمده توسط قنادی و فرهادی‌پور (۱۳۸۵) روی آب شیرین کن‌های RO مستقردر شهر و روستاهای ایران و میران زاده و ربانی در کاشان و محمد بلکاسم در الجزایر (۲۰۰۷) و مشابه راندمان حذف کلرید در تحقیق شومن و استاین (۲۰۰۳) است، ولی به دلیل غلظت بسیار بالای کلرید ورودی به فرآیند RO (بالای ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر) و کوچک بودن و تک ظرفیتی بودن اندازه یون و احیانا جنس غشای به کار رفته موجب این اتفاق شده است. با توجه به ایجاد طعم نامطلوب در آب شرب توسط کلرید، لازم است با کنترل نوع غشاهای استفاده شده در فرآیند RO و پایش مداوم کلرید 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 کلیفرم-ها به عنوان شاخص بررسی می‌گردد. در آب خروجی از هر دو فرآیند، هیچ گونه مواردی از آلودگی میکروبی دیده نشد و نتایج حاصل از این تحقیق با نتیجه به دست آمده توسط خدادادی و همکاران (۱۳۸۹) روی آب شیرین کن‌های شهر بیرجند در سال ۱۳۸۸ همسو بوده ولیکن با نتیجه حاصله از مطالعه یاری و همکاران (۱۳۸۷) در شهر قم مطابقت ندارد (۷،۵). در مطالعه یاری و همکاران (۱۳۸۷) مشخص گردید ۶٪ نمونه‌های آب دارای آلودگی میکروبی هستند که از دلایل آن می‌تواند تعویض نکردن به موقع غشاء به کار رفته و تشکیل بیوفیلم روی آن و هم چنین آلودگی ثانویه در مرحله نگهداری نمونه و یا مرحله کشت و نگهداری در انکوباتور اشاره کرد (۷). نکته جالبی که می‌توان به آن اشاره نمود که آب ورودی به دو فرآیند Ro و MSF از نظر میکروبی یکسان نبود. آب دریا به عنوان آب ورودی به فرآیند MSF میکروبی بوده و آلوده به باکتری E.coli است، در حالی که استفاده از آب چاه به عنوان آب ورودی به فرآیند RO نشان داد که فاقد آلودگی میکروبی است و دراینجا برتری استفاده از آبهای زیرزمینی که می‌تواند نقش فیلتر شنی را ایفا نموده، مشخص می‌گردد.

با توجه به موقعیت جغرافیایی جزیره قشم و لزوم تامین آب آشامیدنی ساکنین از طریق شیرین سازی آب و هم چنین مقایسه کیفی پارامترهای شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب خروجی از دو فرآیند MSF و RO در شهر قشم با استانداردهای ملی و بین المللی در این تحقیق مشخص گردید که هر دو فرآیند قابلیت بالایی در تهیه آب آشامیدنی سالم دارد . همان طور که در نمودار ۱ مشخص است در آب خروجی هر دو فرآیند، اکثر پارامترهای کیفی بررسی شده نسبت به آب ورودی، حدود ۹۹

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]

درصد کاهش یافته‌اند، اگرچه این کاهش در برخی از پارامترها مانند سختی کل و فلوئور باید جبران گردد. تنها پارامتری که در نمودار ۱، دارای راندمان حذف پایینی است، کدورت آب است که دلیل اصلی آن کدورت بسیار پایین آب ورودی است، به طوری که کدورت آب ورودی به MSF (آب دریا) ۰/۴NTU و آب ورودی به RO (آب چاه) تنها ۰/۱۷NTU بود که هر دو فرآیند موفق شدند که کدورت آب خروجی را به ۰/۱NTU برسانند که این بسیار مطلوب است.

با توجه به عملکرد کیفی مناسب هر دو فرآیند در تولید آب آشامیدنی، در مراحل بعد باید با مطالعه و بررسی در زمینه پارامترهایی همچون فضای فیزیکی و نیروی انسانی مورد نیاز جهت هر فرآیند، هزینه تمام شده هر متر مکعب آب آشامیدنی در هر فرآیند بر اساس انرژی و مواد شیمیایی مورد نیاز و همچنین میزان اثرات سوء هر فرآیند بر محیط زیست فرآیند برتر را انتخاب و به کار گرفت.

قدردانی و تشکر

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت آب، برق و تاسیسات قشم، مرکز بهداشت استان هرمزگان، مرکز بهداشت شهرستان قشم و همچنین آقایان مهندس رازمند، مهندس کیوان و خستو و خانم عسکری اعلام می‌دارند.

REFERENCES

1. Dindarloo K, Alipour V, Farshidfar GH. Drinking water quality of Bandar Abbas. Hormozgan Medical Journal 2006;1:57-62. [In Persian]
2. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. 4th ed. Geneva: WHO; 2011.
3. Mahvi AH. Health and aesthetic aspects of water quality, AWWA. 1st ed. Tehran: Publication; 1996. [In Persian]
4. 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;2:120-25. [In Persian]
5. Khodadadi M, Dorri H, Mirzayi M. The role of desalination of the Birjand city in the removal of the chemical and physical and biological parameters of Birjand drinking water in 2009. Proceedings of the 11rd congress of Medical students, Bandar Abbas-Iran; 2010. [In Persian]
6. Toufic M, Hasan F, Zeina A, Khaled A. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. Desalination. 2011;266:263–73.
7. Yari A, Safdari M, Hadadian L. Chemical and physical and microbial quality evaluation of treated water by desalination in Qom during 2002. Qom Medical Journal 2007;1:45-54. [In Persian]
8. Ghannadi M, Farhadpour J. Water quality evaluation of supplied by desalinations in cities and villages of Iran. Journal of Water and Environment 2005;3:3-10. [In Persian]
9. Schoeman JJ, Steyn A. Nitrate removal with reverse osmosis in a rural area in South Africa. Desalination 2003;155:15-26.
10. Mohamed B, Saida B, Kenza B. Groundwater treatment by reverse osmosis. Desalination 2007;206:100-106.
11. Antonio B, Jose-Luis G, Eliza G, et al. Reduction of sulphate content in aqueous solutions by reverse osmosis using cellulose acetate membranes. Desalination 2004;162:55-60.
12. Sehn P. Fluoride removal with extra low energy reverses osmosis membranes in Finland. Desalination 2008;223:73-84.
13. 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. 2004;201:46-57.
14. Osman A, Mohammad S, Monazir I. Evaluation of polyphosphonate antiscalant at a low dose rate in the A1-Jubail Phase II MSF plant, Saudi Arabia. Desalination 2008;128:275-80.
15. AWWA, APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. AWWA, APHA-USA; 2005.

[Downloaded from pejouhesh.sbmu.ac.ir on 2026-11-18]