

بررسی اقتصادی بسته بندی آب شرب جهت رفع مشکل طعم و بو در آب شرب (مطالعه موردی شهر بندر عباس)

امین قصمی^۱، علا امیریان نژاد^{۲*}، پریسا زارعی

۱- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب، دانشگاه پردیس دانشگاه تهران.

ghasami@abfahormozgan.com

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشگاه هرمزگان.

alaamiriannezhad@gmail.com

۳- کارشناسی زیست شناسی، دانشگاه پیام نور بندرعباس. keyfi@abfahormozgan.com

چکیده

کیفیت آب عامل تعیین کننده‌ای برای آسایش و رفاه انسان‌هاست. مردم به دلایلی مانند پایین بودن کیفیت آب آشامیدنی یا مشکلات مربوط به حضور مواد شیمیایی موجود در آب، و افت تدریجی کیفیت آب موجود در شبکه شهری در سالهای اخیر تمایل زیادی به مصرف آبهای معدنی پیدا کرده‌اند. افت کیفیت آب موجود در شبکه شهری به دلایل مختلف از جمله فرسودگی سیستم توزیع در کلانشهرها و نشت قابل توجه و در نتیجه ورود آلودگی به جریان آب می باشد. با توجه به افزایش جمعیت و به تبع آن نیاز آبی روزافزون در مصارف شرب از یک سو و کاهش منابع آب شرب در دسترس از سوی دیگر، جداسازی مصارف شرب از غیر شرب جهت نگهداشت منابع محدود آب ضروری است. این محدودیت‌ها و همچنین هزینه‌های بسیار زیاد استحصال، تصفیه و انتقال آب از منابع، باعث شده تا استفاده از آب بسته بندی بعنوان یکی از راهکارهای تامین آب شرب مطرح گردد. لذا در این تحقیق شهر بندرعباس به دلیل مواجهه با مشکل طعم و بوی آب شرب، مورد بررسی و تجزیه تحلیل راهکارهای برون رفت از این مشکل در کوتاه مدت قرار گرفته‌است. به این منظور استفاده از آب بسته بندی شده به عنوان یک سناریو جهت حل مشکل طعم و بوی آب شرب شهر بندرعباس مورد بررسی قرار گرفت. سپس آنالیز اقتصادی برای این سناریو با چهار روش مختلف بسته بندی انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از ظروف بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی برای تامین آب بهداشتی (پخت و پز) و شرب شهر بندرعباس در مقایسه با انواع بسته بندی دیگر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشد.

واژه‌های کلیدی فارسی: مشکل طعم و بو، بسته بندی، آب شرب، آب معدنی

۱- مقدمه

کیفیت آب عامل تعیین کننده‌ای برای آسایش و رفاه انسان‌هاست. در جوامعی که آب‌های آلوده به باکتری‌ها و مواد شیمیایی وجود دارد، شیوع بیماری‌ها امری اجتناب ناپذیر بوده و بسیاری از مرگ و میرها ناشی از آلودگی آب می باشد. در حال حاضر خواسته مطلوب درباره آب آشامیدنی از نظر عموم مردم، آن است که عاری از جامدات معلق و کدورت و بدون طعم و بو باشد. امروزه با وجود تصفیه آب آشامیدنی در اکثر شهرهای کشور عزیزمان ایران، هنوز هم آب بعضی از شهرها مورد اعتراض عمومی مصرف کنندگان قرار می گیرد. مردم به دلایلی مانند بد بودن کیفیت آب آشامیدنی یا مشکلات مربوط به حضور مواد شیمیایی و پاتوژن های موجود در آب و همچنین بالا رفتن استانداردهای زندگی شهرنشینی، در سالهای اخیر تمایل زیادی به مصرف آبهای معدنی پیدا کرده اند. با توجه به محدودیت منابع آب آشامیدنی

شرایط بد آب و هوایی و پایین بودن کیفیت آب آشامیدنی در برخی مناطق کشور، مصرف آبهای بطری شده به صورت فزاینده رو به افزایش است. از مهمترین عوامل زیبا شناختی آب آشامیدنی که طعم و بوی آب می باشد. آب آشامیدنی باید بدون طعم و بو باشد. بوی آب، معمولاً احساس ناشی از وجود موادی است که دارای فشار بخار قابل توجه بوده و ارگان های حساس بدن مثل بینی قادر به درک آنها می باشد. میزان شدت بوی آب بر حسب ¹TON مقدار آستانه بو بیان می شود. استاندارد کیفیت آب آشامیدنی بر اساس مقدار آستانه بو طبق استاندارد ۱۰۵۳ ایران (چاپ ششم)، حداکثر ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس و حداکثر ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس می باشد. بو معمولاً در شرایطی که آب ساکن و راکد مانده و یا با جریان کندی در حرکت باشد، تشکیل می شود. بوی آب غالباً ناشی از وجود مواد آلی در آب است. ترکیبات ایجاد کننده بوی بسیار زیادی در این رابطه گزارش شده است. ترکیبات بودار موجود در آب آشامیدنی، ترکیباتی بیولوژیکی و یا شیمیایی می باشند (صالحی و همکاران ۱۳۹۴). منشا این ترکیبات را می توان به دو بخش انسان ساز (ناشی از فعالیتهای انسان و یا طبیعی تقسیم بندی نمود).

طعم آب ناشی از احساسی است که در نتیجه واکنش بین بزا و مواد محلول در آب به وجود آمده و توسط غدد چشایی دریافت می شوند. حدود ۳۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰ غدد چشایی در قسمتهای بالایی، نوک و طرفین زبان وجود دارند. بنابراین حس چشایی اهمیت بیشتری در آشکار نمودن مواد معدنی موجود در آب آشامیدنی داشته، در حالی که حس بویایی جهت آشکار نمودن مواد آلی موجود در آب ارزش بیشتری دارد. نتیجه تاثیر همزمان حس بویایی و ذائقه را به عنوان مزه آب تعریف می نمایند. آبهای محتوی غلظتهای کم یا زیاد نمک ها (کلسیم، سدیم، آهن، منگنز، کلر و...) و بیکربناتها با مزه های مختلفی احساس می شوند. مشکلات ناشی از طعم و بو در آبهای آشامیدنی برای اکثر مصرف کنندگان مشکل مهمی است، که ممکن است در مواقع مختلفی از سال و در هر نوع آبی که به ترتیب دارای مواد معدنی و یا آلی زیادی باشند، مشاهده شود. عمده آبهای زیرزمینی به علت دارا بودن مواد معدنی زیاد دارای مشکلات ناشی از طعم و بو به دلیل وجود گازهایی چون سولفید هیدروژن (H_2S) و دی اکسید کربن (CO_2) دارای بو می باشند. مشکل عمده آبهای سطحی ناشی از تغییرات فصلی و حضور مواد آلی زیاد بوده که طبیعتاً طعم و بوی آب را متاثر ساخته که اغلب نیز دارای ریشه بیولوژیک می باشد.

امروزه بیش از یک میلیارد نفر از مردم جهان به آب شرب سالم و بهداشتی دسترسی ندارند. لذا با توجه به افزایش جمعیت و به تبع آن نیاز آبی روزافزون در مصارف شرب از یک سو و کاهش منابع آب شرب در دسترس از سوی دیگر، جداسازی مصارف شرب از غیر شرب جهت نگهداشت منابع محدود آب کیفی ضروری است.

با توجه به بررسیهای انجام شده بر روی نتایج آنالیزهای کیفی منابع آب شهر بندرعباس مشخص شد که مشکل طعم و بو در آب شرب بندرعباس ناشی از آلودگی بیولوژیکی و افزایش رشد جلبکها در فصول گرم سال در سد استقلال می باشد با توجه به اینکه آب ورودی به تصفیه خانه آب بندرعباس از سد استقلال و چاههای شمول تأمین می گردد در برخی موارد جهت تأمین مقدار آب شرب مورد نیاز شهر بندرعباس، آب این منابع با هم مخلوط می گردد که در نتیجه برخی پارامترها از قبیل TDS نیز افزایش می یابد چراکه مقدار مواد محلول در آب برخی از چاهها بالاست. امروزه صنعت تولید آب آشامیدنی، حتی در بیشتر کشورهای صنعتی و توسعه یافته، نیازمند تکنولوژی نوآورانه و مقرون به صرفه برای برطرف نمودن آلودگی ها و تصفیه آب می باشند. مشکل طعم و بوی آب آشامیدنی در اکثر تصفیه خانه ها به ویژه آنهایی که از مخازن ذخیره ای چون سدها تغذیه می نمایند باعث شکایت مصرف کنندگان خصوصاً در شرایط آب و هوایی گرم می شود. برای مصرف کنندگان به طور متوسط، طعم و بو تنها روش تعیین سالم بودن آب شرب و گوارایی آن است (McGuire, 1995).

¹ Threshold Odour Number

همانطور که در این مقاله بحث شد، طعم و بو در آب ممکن است دارای منشأ طبیعی^۱ و یا انسانی^۲ (ناشی از فعالیت‌های بشر) باشد.

منابع انسانی شامل فنل، فنل های کلرینه (۲-کلروفنل، ۴،۲-دی کلروفنل، ۲،۶-دی کلروفنل)، هیدروکربن ها، و ترکیبات هالوژنه نظیر کلروفرم می باشد و عمده ترین منابع طبیعی ایجاد کننده مزه و بو در آب آشامیدنی حاصل از منابع آب سطحی شامل ژئوسمین^۳ و ۲ متیل ایزوبرنتول^۴ (MIB) می باشند. مشکل اصلی حضور ژئوسمین و MIB در آب آشامیدنی غلظت بوی آستانه^۵ (OTC) بسیار پایین آنها و مقاومت آنها در حذف به کمک فرآیندهای متداول تصفیه آب مانند انعقاد، ته نشینی، فیلتراسیون و کلرزی می باشد (Bruce et al., 2002). غلظت بوی آستانه OTC ژئوسمین و MIB به ترتیب ۴ و ۲۰ نانوگرم در لیتر می باشد (Pirbazari et al., 1993; Lloyd et al., 1998). در کتاب میکروبیولوژی آب و فاضلاب گابریل بیتون، غلظت بوی آستانه این دو ترکیب، به ترتیب برابر با ۱۰ و ۲۹ نانوگرم در لیتر اعلام شده است.

این مقاله ضمن پرداختن به چالش‌های پیشروی کارشناسان و مدیران آب استان هرمزگان، به ارائه کارهای انجام گرفته در قالب مدیریت جامع جهت حل بحران کم آبی و طعم و بوی آب شرب استان هرمزگان پرداخته است و گزینه سرمایه گذاری در بخش آب شیرین کن و صنعت بسته بندی آب به عنوان پایدارترین منبع تامین آب شهر بندرعباس معرفی شده است. در این مقاله استفاده از آب بسته بندی شده به عنوان یک سناریو جهت حل مشکل طعم و بو قرار گرفت و سپس آنالیز اقتصادی برای این سناریو با چهار روش مختلف بسته بندی صورت گرفت.

۲- پیشینه پژوهش

مصرف جهانی آب بطری شده دائماً در حال افزایش است (Guart et al. 2014). بیشتر مردم، به علت فقدان آب لوله کشی و پتانسیل آلودگی آن به دنبال یافتن منبعی بهتر رو به مصرف این کالا می‌آورند (Miranzadeh et al. 2011). حمل و نقل آسان (Green 2008) دسترسی مناسب، قیمت نسبتاً مطلوب، طعم بهتر، عدم وجود کلراید و دیگر مواد شیمیایی افزودنی نیز از مزایای این محصول به شمار می‌روند (Miranzadeh et al. 2011). از آنجاییکه این منبع آبی بدون شبکه است، در نتیجه نیازی به مراقبت و نگهداری شبکه نیز ندارد، لذا باعث صرفه جویی در هزینه ها و کاهش هدر رفت آب خواهد شد (Aghasi et al. 2014). کشور ما طی دو دهه گذشته بیش از ده سال به صورت گسترده با منطقه ای با خشکسالی روبه رو بوده و ضروری است که برنامه های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور در مقوله آب با این مسأله سازگار باشد. با توجه به توسعه بی رویه و مدیریت نامناسب توزیع و مصرف آب، میزان آسیب پذیری کشور در مقابل خشکسالی روز به روز افزایش یافته است و بحران آب به طور جدی خود را نشان می‌دهد. می‌توان گفت، کم آبی یا خشکی از اجزای ذاتی کشور ماست و میزان نزولات جوی سالانه، این امر را تشدید یا تعدیل می‌کند اما پیامدهای ناشی از خشکسالی و کمبود آب در آینده، بیش از آنکه نتیجه کمبود آب باشد، نیازمند مدیریت کارآمد، جامع و هماهنگ در بهره‌وری آب است. متأسفانه پدیده هایی نظیر خشکسالی زمانی مورد توجه قرار می‌گیرند که فراگیر شده باشند و مسئولان مجبور می‌شوند برای کنترل بحران، پاسخ سریعی به آن بدهند که علاوه بر مقطعی

¹ Biogenic

² Anthropogenic

³ Geosmin: (trans-1,10-dimethyl-trans-9 decalol-C12H22O)

⁴ 2-methyl isoborneol-C11H20O

⁵ Odor threshold concentrations

بودن، هزینه های قابل ملاحظه ای را به دنبال دارد. در ایران مسایل مرتبط با خشکسالی و پیامدهای آن کمتر از یک دهه است که به صورت جدی مورد توجه قرار گرفته و اغلب راهکارهایی که از طرف مراکز تصمیم گیری مورد نظر قرار می گیرد متکی بر مدیریت بحران و اقدامهایی برای جبران کمبود آب است (انگبینی و همکاران ۱۳۹۴).

آب بسته بندی شده آبی است که در داخل بسته های مجاز برای مواد غذایی و مصرف انسان عرضه می شود. امروزه در بسته بندی آب آشامیدنی علاوه بر ظروف رایج و شناخته شده PET، انواع مختلفی از ظروف با جنس های متفاوت (انواع پلاستیک ها و فلزات)، طرح ها و اشکال گوناگون با کاربردهای وسیع در این زمینه قابل استفاده می باشند که در این مقاله چند نمونه از جدیدترین نوع بسته بندی آب معرفی خواهد شد. همچنین درموردی که شبکه آبرسانی به دلایل مختلف از جمله حوادث طبیعی مانند زلزله و خشک سالی آسیب می بیند، استفاده از آبهای بسته بندی شده در بسته بندی های اضطراری می تواند کمک موثری در برآوردن نیاز به آب باشد. بنابراین به منظور توزیع آب در شرایط اضطراری بایستی از بسته بندی هایی استفاده نمود که قادر به نگهداری طولانی مدت آب باشند (نیک زاده و همکاران ۱۳۸۶).

با توجه به محدودیت منابع آب در جهان، یکی از مهمترین اولویت های اجرایی در کشورهای پیشرفته و نیمه پیشرفته، استفاده بهینه از منابع آب قابل شرب از طریق جایگزین نمودن روش های نوین تامین آب از جمله استفاده از صنایع آب بسته بندی به جای شبکه توزیع زیر زمینی آب شهری می باشد، بگونه ای که اکنون در بسیاری از کشورهای جهان آب موجود در شبکه توزیع شهری تنها در مصارف بهداشتی و شستشو مورد استفاده قرار گرفته و آب شرب مورد نیاز مردم با استفاده از محصولات آب بسته بندی تامین می گردد که این امر نه تنها موجب صرفه جویی در مقیاس بالا در هزینه های مرتبط با عملیات تصفیه و گندزدایی آب با هدف شرب میشود، بلکه با عنایت به فرسودگی شبکه های توزیع و احتمال بروز بحران از طریق نشت انواع آلودگی به سیستم، موجب افزایش ضریب ایمنی در نزد مصرف کنندگان نیز می گردد. هزینه و انرژی که سالیانه در بخش های مختلف صرف بهسازی، تصفیه و گندزدایی آب با هدف تامین آب شرب در تصفیه خانه ها می گردد، با تبدیل آب به فاضلاب توسط مصرف کنندگان هدر رفته و نهایتاً بیش از ۹۸٪ از آبی که با هدف استفاده به عنوان آب آشامیدنی به منازل مردم هدایت و انتقال میابد به شکل فاضلاب از دست میرود.

با توجه به موارد فوق الذکر بهتر است که همسو با بسیاری از کشورهای جهان از صرف هزینه کلان در تامین آب شرب و تصفیه خانه ها و همچنین توزیع این محصول با ارزش در خطوط انتقال خودداری و با سرمایه گذاری در بخش آموزش و اطلاع رسانی نسبت به فرهنگ سازی در میان مردم با هدف جایگزین نمودن آب های بسته بندی با آب شبکه توزیع شهری اقدام نمود.

۳- مواد و روش

۳-۱- محدوده مورد مطالعه

این شهر در جنوب ایران و در ساحل شمالی خلیج فارس و در ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول جغرافیایی واقع شده است. ارتفاع این شهر در محدوده کنونی بین ۴ تا ۳۰ متر از سطح دریاست که در این بازه قسمت ساحلی (ماسه ای) در نظر گرفته نمی شود. بندرعباس با هوای تابستانی ۴۸ درجه سانتی گراد یکی از شهرهای گرمسیری ایران است. با درنظر گرفتن مطالب فوق، مردم بومی و ساکنین شهر و مسافران داخلی و خارجی شمار زیادی از جمعیت مصرف کننده آب را بوجود می آورد، نیاز به مسائل بهداشتی که در راس آنها تامین آب قرار دارد، در دمای بیش از حد منطقه (حدود ۸۰ درصد روزهای سال) که بین ۲۲ تا ۴۸ درجه سانتی گراد و در بیشترین

روزهای سال از ۳۶ و ۳۸ درجه کمتر نمی شود ، مشکلات فراوانی را برای شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان به بار می آورد.

جدول ۱- جمعیت شهر بندرعباس بر اساس مطالعات مصوب جمعیت

سال	۱۳۹۰	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۴۰۵	۱۴۱۰
جمعیت محدوده مورد مطالعه	۴۳۵۷۵۱	۵۲۶۶۴۸	۶۰۳۷۴۰	۶۷۱۴۹۰	۷۲۹۸۲۰

۲-۲- تعاریف

در استاندارد ملی ایران ۲۶۰۶ با عنوان – آیین کار به منظور بهره برداری از آب های معدنی طبیعی آشامیدنی ، آب بسته بندی این گونه تعریف شده است :

آب هایی هستند که در ظروف نفوذ ناپذیر و مختلف (از نظر نوع ، ترکیب، حجم و شکل) پر شده اند و برای مصرف مستقیم (بدون انجام فرآیند دیگر) مورد استفاده قرار می گیرند. آب آشامیدنی بسته بندی شده یک ماده غذایی محسوب می گردد.

طبق تعریف سازمان غذا و دارو (FDA)، به هر آبی که در بسته بندی های مشخص جمع آوری و برای مصرف شرب آماده می شود و به جز افزودنی های ضد میکروبی مجاز ، افزودنی دیگری به آن اضافه نشده باشد، آب بسته بندی گفته می شود و انواع مختلف آب بسته بندی به صورت زیر تعریف شده اند :

آب چاه آرتریزین : آبی است که از چاه در آبخوان های تحت فشار برداشت می شود.

آب معدنی : آبی است که مقدار کل جامدات محلول آن کمتر از ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نباشد و از منابع زیر زمینی حفاظت شده برداشت شود . آب معدنی با توجه به مواد معدنی و عناصر شیمیایی محلول در آن توصیف می شود . آب معدنی دارای افزودنی های معدنی که به صورت مصنوعی اضافه شده باشد ، نیست .

آب تصفیه شده : آبی است که از طریق تقطیر ، یون زدایی ، اسمز معکوس یا سایر روش ها ، تصفیه شده به نحوی که کیفیت آن طبق استاندارد های کیفی آب آشامیدنی برای مصرف شرب مناسب باشد .

آب بسته بندی گاز دار : آبی است که پس از تصفیه و جایگزینی دی اکسید کربن ، دارای همان مقدار دی اکسید کربنی است که در هنگام بیرون آمدن از منبع بوده است.

آب چشمه : آبی است که منشأ زیر زمینی دارد و به طور طبیعی از زیر زمین به سطح زمین جریان پیدا می کند . آب چشمه ممکن است در محل چشمه و یا از چاه هایی که در مسیر زیر زمینی چشمه حفر شده اند برداشت شود .

در ایران طبق تعریف ارائه شده در دستورالعمل "نحوه صدور مجوز بسته بندی آب جهت مصارف شرب " که توسط وزارت نیرو تهیه شده است ، آب بسته بندی به آبی اطلاق می شود که به صورت دربسته (پلمپ شده) در ظروف مخصوص و با کیفیت مورد تایید وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی برای شرب مردم تهیه می شود . طبق این دستورالعمل آب بسته بندی را می توان از هر نوع منبع آب سطحی و زیر زمینی (به استثنای شبکه شهری) پس از حصول اطمینان از رعایت مسائل بهداشتی و استاندارد های لازم مندرج در دستورالعمل ، بسته بندی کرد و به فروش رساند . طبق این تعریف هرگونه نوشیدنی دیگر که از آب به عنوان ماده اصلی در فرآیند تولید استفاده می کند ، جزو آب بسته بندی محسوب نمی شود.

۳-۳- روش های حذف طعم و بو

روش های تصفیه آب که با موفقیت جهت حذف ژئوسمین و MIB مورد استفاده قرار می گیرند شامل جذب توسط کربن فعال یا اکسیداسیون توسط اکسیدان های قوی مانند گاز ازن است. جذب به کمک کربن فعال، کربن فعال گرانولی (GAC) یا کربن فعال پودری (PAC) به عنوان یکی از بهترین تکنولوژی های موجود برای حذف آلاینده های آلی از آب در نظر گرفته می شود. مطالعات متعددی نیز به جذب ژئوسمین، MIB و NOM توسط انواع مختلفی از کربن فعال (GAC و PAC) مبادرت نموده اند.

با توجه به مواردی که اشاره گردید و با در نظر گرفتن حجم آب مورد نیاز جمعیت شهر بندرعباس، جهت حذف طعم و بو از آب تصفیه خانه بندرعباس نیاز به صرف هزینه بالا می باشد یکی از راهکارهای کاهش این هزینه، انجام تصفیه تکمیلی فقط بر روی آب مورد نیاز جهت شرب جمعیت شهر بندرعباس و بسته بندی آن می باشد. با توجه به نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ کل جمعیت تحت پوشش ۸۹۲۷۸۴ نفر می باشد. مطابق آیین نامه مبانی و ضوابط طرحهای آبرسانی شهری ایران سرانه شرب به ازای هر نفر در شبانه روز حدود ۲ تا ۵ لیتر در شبانه روز می باشد با در نظر گرفتن جمعیت شهر بندرعباس، دبی مورد نیاز شرب شهر بندرعباس ۳۰ لیتر در ثانیه در نظر گرفته می شود.

به این منظور فرایندهای زیر جهت تصفیه تکمیلی پیشنهاد می گردد.

- گندزدایی ازن (O3)
- حذف طعم و بو بوسیله کربن فعال (GAC)
- کاهش TDS با استفاده از سیستم آب شیرین کن (desalination)
- سیستم گندزدایی ماوراء بنفش (UV)
- سیستم بسته بندی آب شرب

۳-۳-۱- گندزدایی ازن

ازن می تواند به شکل گاز در دمای محیط وجود داشته باشد. گازی بدون رنگ با بویی تند و زننده است که به آسانی در غلظتهای کم حدود 0.5 ppm - 0.2 (حجمی) که کمتر از غلظتهای مضر برای سلامتی است، قابل تشخیص و شناسایی است. همچنین گازی به شدت خورنده و سمی است. ازن اکسید کننده قوی است و رتبه دوم را پس از رادیکال آزاد هیدروکسیل (OH°) در بین مواد شیمیایی مصرفی متداول در تصفیه آب دارا است. بنابراین ازن توانایی اکسیداسیون بسیاری از ترکیبات آلی و معدنی در آب را دارد. ازن به میزان کمی در آب حل می شود، در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد حلالیت ازن فقط ۵۷۰ میلی گرم در لیتر است، در صورتی که ازن حلالیت بالاتر از اکسیژن و کلر ۱۲ مرتبه حلالیت بیشتر از ازن دارد. غلظتهای ازن به کار رفته در تصفیه آب به طور متداول کمتر از ۱۴ درصد است که این میزان نیروی انتقال جرم ازن گازی در داخل آب را محدود می سازد. در نتیجه غلظتهای متداول ازن در طی تصفیه آب در محدوده کمتر از ۱-۰/۱ میلی گرم در لیتر قرار دارد. البته غلظتهای بیشتر می تواند تحت شرایط بهینه حاصل گردد. ازن می تواند از طریق دو روش زیر یا یکی از آنها در محلول آبی واکنش دهد:

- اکسیداسیون مستقیم ترکیبات توسط ملکول ازن (O3)
- اکسیداسیون ترکیبات توسط رادیکالهای آزاد هیدروکسیل تولیدی در طی تجزیه ازن

ازن در تصفیه آب آشامیدنی برای اهداف متنوعی استفاده می شود که عبارتند از :

- ۱-گندزدایی
- ۲- اکسیداسیون آلاینده های معدنی مانند آهن، منگنز و سولفید
- ۳- اکسیداسیون آلاینده های کوچک آلی مانند ترکیبات و مواد مولد طعم و بو، آلاینده های فنلیک و بعضی حشره کشها و ...
- ۴- اکسیداسیون آلاینده های بزرگ آلی شامل حذف رنگ، افزایش قابلیت تجزیه پذیری ترکیبات آلی، کنترل پیش سازهای محصولات جانبی گندزدایی و کاهش میزان کلر مورد نیاز.

۳-۲- واحد کربن فعال

به منظور کاهش طعم و بو در پکیج آب بسته بندی از کربن فعال گرانولی استفاده خواهد شد. زمان عبور (EPCT) مورد نظر برای واحد کربن فعال با توجه به مقدار MIB، دو دقیقه است و مقدار کربن فعال مورد نیاز با توجه به این زمان ماند حدود ۲,۵ تا ۳ تن می باشد و حجم مفید فیلتر تحت فشار مورد نیاز حدود ۶ متر مکعب خواهد شد. تخمین دقیق تر برای طراحی حجم و ظرفیت واحد کربن فعال نیاز به انجام آزمایش تست عبور آب از کربن فعال مورد نظر برای تعیین زمان عبور مناسب و بهینه دارد. کربن فعال به دو شکل پودری (PAC) و دانه ای (GAC) وجود دارد هر دو شکل کربن فعال، آلاینده ها را به وسیله جذب سطحی فیزیکی حذف می کنند در گذشته PAC به ویژه برای کنترل طعم و بو کاربرد بیشتری داشت. طبق گزارشات موجود PAC به عنوان آخرین مانع قابل اعتماد برای حذف طعم و بو به ویژه از منابع صنعتی در نظر گرفته می شوند. PAC معمولاً برای کنترل طعم و بوی فصلی اقتصادی تر است، در حالی که GAC برای شرایط سخت تر و پایدارتر مطلوب است. GAC اغلب به جای صافی شنی متداول به عنوان فیلتراسیون نهایی استفاده می شود.

۳-۳- واحد کاهش جامدات محلول در آب (TDS)

مطابق گزارشهای ارسالی توسط کارفرمای محترم TDS آب خروجی تصفیه خانه در طی سال ۱۳۹۶ در بازه ۶۴۲ - ۱۰۹۰ تغییر کرده است. هدف رساندن TDS به مقادیر کمتر از ۳۰۰ با توجه به بدترین شرایط (حداکثر TDS ورودی ۱۰۹۰) می باشد. در شرایطی که TDS آب در حد مناسب شرب باشد می توان واحد مذکور را بای پس نمود. به منظور حذف عوامل مسبب شوری از آب خام از فرآیندهای تصفیه پیشرفته استفاده می شود. فرآیندهای تصفیه متعارف (روش هایی مانند سختی زدایی با آهک، انعقاد، ته نشینی و فیلتراسیون، اکسیداسیون و گندزدایی) مطابق مراجع علمی موجود، فاقد کارایی به منظور کاهش شاخص های آب شور می باشد. به منظور کاهش غلظت یون ها و ترکیبات شوری، بایستی از فرآیندهای تصفیه پیشرفته نظیر اسمز معکوس استفاده کرد. مهم ترین روش هایی که به عنوان فرآیند تصفیه پیشرفته جهت نمک زدایی مورد استفاده قرار می گیرند، روش تعویض یونی، روش تقطیری و غشایی می باشند.

اسمز معکوس: شامل یک لایه غشاء از جنس استات سلولز و یا پلی آمید آروماتیک است که آب تحت فشار از آن عبور میکند ولی آنیونها و کاتیونها محلول در آب امکان عبور بسیار کمی از آن را دارند. پتانسیل عملکرد این فرآیند توسط پمپهای فشار بالا تامین میشود و آب قبل از ورود به سیلندرهای فشار بالا از فیلترهای کارتریج عبور داده میشود و PH آب توسط تزریق مواد شیمیایی تنظیم می شود. از آنجایی که TDS آب خروجی از فرآیند اسمز معکوس برای آنالیز موجود در تصفیه خانه بندر عباس (650 mg/l - 1090) حدود 100 mg/l و کمتر خواهد بود،

ممکن است با اختلاط بخشی از آب ورودی به واحد آب شیرین کن، TDS را بالا برده و حجم آب ورودی به آب شیرین کن را کاهش داده و در نهایت TDS خروجی پکیج 250 mg/l - 300 mg/l خواهد شد.

۳-۴- واحد ضد عفونی با اشعه ماوراء بنفش UV :

جهت حذف هرگونه آلودگی احتمالی میکروبی در آب و بهداشتی کردن آن از یک سیستم UV استفاده میگردد. کاربرد مستقیم این فن آوری در تصفیه آب به سال ۱۹۰۱ که لامپ های بخار جیوه به بازار عرضه شد، بر میگردد. در حال حاضر، به دلیل بهبود در طراحی لامپ، عدم ایجاد باقی مانده ی شیمیایی سمی، قدرت ویروس کشی عالی، قابلیت اعتماد بالا و سهولت بهره برداری، فن آوری UV به طور گسترده در گندزدایی استفاده می شود. UV هیچ گونه ماده ی شیمیایی وارد آب نمی کند، لذا کیفیت آب تغییر را نمی دهد و هم چنین طعم و بو تولید نمی شود. (اما UV طعم، بو و رنگ را حذف نمی کند). عدم نیاز به مصرف مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش هزینه های خرید، عدم تولید محصولات جانبی مضر مثل $(THMs)$.

۳-۵- واحد بسته بندی

بسته بندی برای آب آشامیدنی شامل انواع لیوانی، بطری با حجم های مختلف، ظرفهای ۲۰ لیتری و پاکتی می باشد. با توجه به دبی بالای آب تصفیه شده نیاز به دستگاههای خاص و با ظرفیتهای بالا می باشد.

۳-۵-۱- پر کردن آب در بطری

در این مرحله آب طی مراحل زیر در بطری پر می گردد.

- ۱) ردیف کردن بطری
- ۲) شستشو بطری پر کردن و دربندی
- ۳) برچسب زنی
- ۴) چاپ مشخصات تولید
- ۵) شیرینگ پک

در این مقاله، به منظور مقایسه آنالیز اقتصادی بین روش های مختلف بسته بندی، چهار روش بسته بندی از جمله، ۱) بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی، ۲) بسته بندی کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری، ۳) بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی گرید و ۴) بسته بندی کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتر به دلیل استفاده فراوان، انتخاب گردید.

۴- نتایج و بحث

در این قسمت ابتدا به بررسی و آنالیز اقتصادی روش های تصفیه تکمیلی جهت بسته بندی آب که شامل سیستم ازن زنی، سیستم اسمز معکوس، گندزدایی با UV ، استفاده از کربن فعال پرداخته شده است. با توجه به محاسبات صورت گرفته برای هر بخش از فرایند به ترتیب شامل ازن زنی، کربن فعال، اسمز معکوس، گندزدایی با UV و همچنین بسته بندی آب نتایج برآوردهای اقتصادی شامل هزینه های اولیه سرمایه گذاری و هزینه های بهره برداری سالانه در جداول زیر به نمایش در آمده است. جدول ۱ شامل هزینه های سرمایه گذاری اولیه و هزینه های بهره برداری برای فرایند تصفیه تکمیلی آب شرب می باشد.

جدول ۲- برآورد اقتصادی تصفیه تکمیلی جهت بسته بندی آب

کربن فعال	UV	RO	Ozone	فرآیند
1400	552	20600	4400	هزینه سرمایه گذاری اولیه تجهیزات (میلیون ریال)
90	60	3756	337	مجموع هزینه های تعمیرات نگهداری و مواد مصرفی (میلیون ریال)
53	3	371	13	هزینه برق مصرفی در سال (میلیون ریال)
6513				مجموع هزینه های عمرانی (میلیون ریال)
5475				هزینه نیروی انسانی سالانه (میلیون ریال)
10157				مجموع هزینه های بهره برداری سالانه (میلیون ریال)
33460				مجموع هزینه های سرمایه گذاری اولیه (میلیون ریال)

در این پژوهش برای حذف طعم و بو از فیلترهای کربن فعال استفاده گردید. همچنین جهت کاهش میزان جامدات محلول در آب خام ورودی از سیستم تصفیه اسمز معکوس با بازدهی ۷۵ درصد استفاده گردید. به منظور گندزدایی اولیه از سیستم ازن و برای گندزدایی نهایی از اشعه ماوراء بنفش استفاده گردید.

در ادامه به بررسی اقتصادی بسته بندی به عنوان مهم ترین عامل تاثیر گذار بر قیمت تمام شده آب بسته بندی شده پرداخته می شود. در جدول ۲ هزینه های سرمایه گذاری اولیه و بهره برداری سالانه چند نوع متفاوت بسته بندی آب شرب مقایسه شده است.

جدول ۳- مقایسه اقتصادی روش های مختلف بسته بندی (هزینه ها به میلیون ریال)

نوع بسته بندی	بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی	بسته بندی کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری	بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی	بسته بندی کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتری
تعداد دستگاه (واحد)	6	22	6	27
قیمت مجموعه دستگاهها	4421	31104	4421.1	32400
هزینه نیروی انسانی سالانه	3240.0	3240.0	3240.0	3240.0
هزینه برق مصرفی سالانه	54.2	344.4	54.2	430.5
هزینه تعمیرات نگهداری	44.21	311.04	44.2	324
هزینه ظروف مصرفی سالانه	1,493,811	567,648	88,674	473,040
حمل نصب راه اندازی	221	1,555	221	1,620
هزینه سرمایه ای اولیه	4,642.11	32,659	4,642.11	34,020
هزینه بهره برداری سالانه	1497149	571543	92012	477,034

در جدول ۳ میزان هزینه های سرمایه گذاری اولیه سیستم بسته بندی و هم چنین هزینه بهره برداری از این سیستم شامل هزینه های نیروی انسانی مورد نیاز، هزینه برق مصرفی، هزینه تعمیرات و نگهداری و هزینه ظروف مصرفی به تفکیک آمده است. همانطور که در جدول شماره ۳ مشاهده می گردد هزینه سرمایه گذاری اولیه روشهای بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی، بسته بندی کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری، بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ

پت ۶۵۰ گرمی و بسته بندی کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتری به ترتیب ۴۶۴۲، ۳۲۶۵۹، ۴۶۴۲ و ۳۴۰۲۰ میلیون ریال می باشد همچنین هزینه سرمایه بهره برداری سالانه روشهای بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی، بسته بندی کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری، بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی و بسته بندی کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتری به ترتیب ۱۴۹۷۱۴۹، ۵۷۱۵۴۳، ۹۲۰۱۲ و ۴۷۷۰۳۴ میلیون ریال می باشد، که در مجموع هزینه های روش بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی از سه روش دیگر کمتر می باشد.

جدول ۴- مقایسه اقتصادی قیمت تمام شده هر متر مکعب آب روش های مختلف بسته بندی

روش های بسته بندی				شرح (کلید هزینه ها به میلیون ریال می باشد)
کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتری	کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری	۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی	۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی گرید ۸۲۱	
15	15	15	15	تعداد سال بهره برداری
72,357	70,942	41,804	41,804	سرمایه گذاری اولیه
488,222	584,621	1,528,744	95,499	هزینه بهره برداری سالانه
7,323,328	8,769,315	22,931,166	1,432,483	هزینه بهره برداری در طول مدت بهره برداری بدون تعدیل
7,395,685	8,840,257	22,972,970	1,474,287	مجموع هزینه ها در طول مدت بهره برداری بدون تعدیل
521,146	622,939	1,618,818	103,887	قیمت تمام شده هر متر مکعب آب بدون تعدیل (ریال)

در جدول ۴ به مقایسه اقتصادی قیمت تمام شده هر متر مکعب آب روش های مختلف بسته بندی پرداخته شده است همانطور که در جدول ۴ مشخص است هزینه تمام شده یک متر مکعب آب برای دوره بهره برداری ۱۵ ساله روشهای بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت یکبار مصرف ۹۰ گرمی، بسته بندی کیسه پلاستیکی ۲۰ لیتری، بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی و بسته بندی کیسه پلاستیکی ۱۰ لیتری به ترتیب ۱۶۱۸۸۱۸، ۶۲۲۹۳۹، ۱۰۳۸۸۷ و ۵۲۱۱۴۶ میلیون ریال می باشد. با توجه به جدول ۴ قیمت تمام شده بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی کمتر از سایر روش های بسته بندی می باشد.

۵- نتیجه گیری

با توجه به وجود مشکل طعم و بو در آب شرب بندرعباس و نیاز به فرایندهای تصفیه تکمیلی جهت حذف آن و هزینه بر بودن این تصفیه، جهت تامین استانداردهای آب شرب و کاهش هزینه ها تنها تصفیه تکمیلی آب شرب و پخت و پز جمعیت شهر بندرعباس در نظر گرفته شده است که پس از آن به صورت بسته بندی در اختیار مصرف کنندگان قرار خواهد گرفت. در این پژوهش به بررسی اقتصادی تصفیه و بسته بندی آب جهت تامین آب شرب بدون طعم و بو پرداخته شده است. به جهت حذف طعم و بو در آب شرب شهر بندرعباس و به منظور تصفیه تکمیلی آب به ترتیب از فرایندهای ازن زنی، کربن فعال، اسمز معکوس و UV استفاده می گردد. در این تحقیق دبی مورد نیاز جهت آب شرب با توجه به جمعیت و سرانه مصرف ۳۰ لیتر در ثانیه برآورد گردید. جهت مقایسه اقتصادی گزینه های مختلف بسته بندی مورد بررسی قرار گرفت

با توجه به نتایج بدست آمده عمده ترین عامل تاثیر گذار بر قیمت تمام شده آب بسته بندی شده، هزینه بسته

بندی می باشد که با توجه به کاربردهای مختلف ظروف، هزینه های سرمایه گذاری اولیه و بهره برداری متفاوت می باشد. همانطور که در جدول ۴ آمده است کمترین هزینه بسته بندی مربوط به بسته بندی ۱۹ لیتری آبی رنگ پت ۶۵۰ گرمی گرید ۸۲۱ می باشد. که دارای طول عمر بیشتر حدود یک سال می باشد.

منابع

- انگبینی، سمیه؛ حسین خادمی و امین قصمی، ۱۳۹۴، نقش صنعت بسته بندی آب در بحران آب کشور، اولین همایش ملی آب های بسته بندی شده، تهران، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران
- صالحی، احسان؛ مجید جمالیزاده و سمیه محمود آبادی، ۱۳۹۴، چالش های موجود در آب های بسته بندی ایران، اولین همایش ملی آب های بسته بندی شده، تهران، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران
- نیک زاده، وجیهه؛ ناصر صداقت، ۱۳۸۶، تنوع بسته بندی آب های آشامیدنی، فناوری و توسعه صنعت بسته بندی، تهران، سال سوم، شماره ۲۴
- عزیزی، محسن؛ صادق فریور و رضا توکلی، ۱۳۹۴، امکانسنجی استفاده از آب بسته بندی در مصارف شرب روستاهای خراسان جنوبی (مطالعه موردی: روستاهای نوار مرزی شهرستان سربیشه، اولین همایش ملی آب های بسته بندی شده، تهران، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران
- Aghdasi H, Gholami F, Hosseinpour S. survey the effect of reducing the microbial load factors on water disinfection technology using sunlight. *Journal of the Nursing and Midwifery Faculty of orumia*. 2014;seventh(eleventh):.10
- Bruce, C.D., Berkowitz, M.L., Perera, L. and Forbes, M.D., 2002. Molecular dynamics simulation of sodium dodecyl sulfate micelle in water: micellar structural characteristics and counterion distribution. *The Journal of Physical Chemistry B*, 106(15), pp.3788-3793.
- Green M. Unbolting the Issues with Bottled Water. .2008
- Guart A, Calabuig I, Lacorte S, Borrell A. Continental bottled water assessment by stir bar sorptive extraction followed by gas chromatography-tandem mass spectrometry (SBSE-GC-MS/MS). *Environmental Science and Pollution Research*. 2014;21(4):.55-2846
- Lloyd, J.M. and Baker, K.R., Orica Australia Pty Ltd, 1998. Water dispersible granules of liquid pesticides. U.S. Patent 5,739,081.
- McGuire, J.E., 1995. What works: Reducing reoffending: Guidelines from research and practice. John Wiley & Sons.
- Miranzadeh M, Hassanzadeh M, Dehqan S. Determination of total dissolved solid (TDS), nitrate and fluoride in 24brands of Iranian bottled waters. *International Journal of Physical Sciences*. 2011;6(22):.32-5128
- Pirbazari, M. and Shorr, J., 1998. Wastewater treatment process. U.S. Patent 4,956,093

The economic review of packaging of drinking water for solving the problem of flavor and odor in drinking water (Case Study: Bandar Abbas)

Amin Ghasami¹, Ala Amirian nezhad^{*2}, Parisa Zarei³

1- Ph.D. Student of Environmental Engineering Water and Wastewater. University of Tehran Kish. ghasami@abfahormozgan.com

2- M.Sc. Civil Engineering Structural Tendency. University of Hormozgan. alaamiriannezhad@gmail.com

3- Bachelor of Biology. Payam Noor University of Bandar Abbas. keyfi@abfahormozgan.com

Abstract

Water quality is a determinant factor for human well-being and well-being. People have tended to use mineral water in recent years for reasons such as poor drinking water quality or problems with the presence of chemicals in water, and the gradual decline in water quality in the urban network. The loss of water quality in the urban network is due to various reasons, such as the exhaustion of the distribution system in metropolises and significant leakage and as a result of water pollution. With increasing population and, consequently, the increasing need for drinking water on the one hand and the reduction of available drinking water sources, on the other hand, the separation of non-drinking drinking water consumption is necessary to maintain limited water resources. These restrictions, as well as the high cost of extraction, treatment and transfer of water from resources, have led to the use of water packaging as a source of drinking water. Therefore, in this research, the city of Bandar Abbas, due to the problem of taste and smell of drinking water, has been investigated and analyzed for the short-term solutions that came out of this problem. To this end, the use of packaged water as a scenario for addressing the taste and smell of drinking water in Bandar Abbas city was studied. Then, economic analysis for this scenario was done with four different packaging methods. The results showed that the use of 19-liter, 650 grams water-colored packaging containers to provide sanitary (cooking) and drinking water in Bandar Abbas compared with other types of packaging is economically feasible.

Keywords: flavors & odors problem, packaging, drinking water, mineral water