Archive of SID

مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره چهاردهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۲۲۵ تا ۲۴۶

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

ارزیابی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده در ایران و محاسبه شاخص کیفیت آب

مهرنوش ابطحی[۲،۱]، محمود علی محمدی[۵،۴،۳]، رضا سعیدی[۶،۱]، رامین نبی زاده[۷،۳]، معصومه عسکری[۳]، بابک محمودی[۳]، مریم غنی[*،۸]

۱- مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت محل کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۴- مرکز تحقیقات کیفیت آب، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۵- مرکز تحقیقات عدالت در سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۶- گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۷- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۸- دوره عالی بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

واژگان کلیدی: شاخص کیفیت آب، آب بطری شده، کیفیت میکروبی، کیفیت شیمیایی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
maryamghani1396@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده در ایران و محاسبه شاخص کیفیت آب (WQI) انجام گرفت.

روش بررسی: برندهای مختلف آب بطری شده (۴ نمونه از ۷۱ برند) به‌طور تصادفی از بازار جمع آوری شدند. مشخصات شیمیایی و میکروبی نمونه‌ها بررسی و تعیین گردید. در نهایت محاسبات مربوط به شاخص کیفیت آب (WQI) انجام شد و نمونه‌های آب بطری شده در طبقه بندی‌های بسیار خوب، خوب، ضعیف، خیلی ضعیف و نامناسب قرار گرفتند.

یافته‌ها: در هیچ کدام از نمونه‌ها غلظت فلزات سنگین از استانداردهای ایران و غلظت سولفات، کلرور و فلوراید از استانداردهای بین المللی فراتر نبود. در چند نمونه، غلظت نیتریت و نیترات از استاندارد بالاتر بود. در پارامترهای مختلف، بین ۸ تا ۸۹ درصد از نمونه‌ها دارای غلظتی بیش از مقدار درج شده برروی برچسب بودند که بر روی برچسب درج شده بود. تعداد ۵ گونه از باکتری‌های مختلف در ۱۵ نمونه آب یافت گردید. از نظر شاخص WQI، در حدود ۶۳ درصد از نمونه‌ها دارای کیفیت بسیار خوب بودند. همچنین ۳۴ و ۳ درصد از نمونه‌ها نیز به‌ترتیب در رده کیفی خوب و ضعیف قرار گرفتند. هیچ کدام از نمونه‌های آب بطری شده دارای کیفیت خیلی ضعیف و نامناسب نبودند.

نتیجه‌گیری: کیفیت آب‌های بطری شده تحت بررسی عموما مناسب بود اما با توجه به گستره وسیع آب‌های بطری شده در ایران براساس برند و فصل سال، ارزشیابی مستمر روش‌های تصفیه آب در شرکت‌ها و پایش مداوم کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده در تمام فصول سال پیشنهاد می‌شود.

Please cite this article as: Abtahi M, Alimohammadi M, Saeedi R, Nabizadeh R, Askari M, Mahmoudi B, et al. Evaluation of chemical and microbial quality of bottled water in Iran and calculation of water quality index. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(2):225-46.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

مقدمه

آب یکی از مهمترین و با ارزش‌ترین منبع طبیعی است که در نهایت تمام زندگی روی زمین به آن بستگی دارد. آب نقش اساسی را در توسعه بخش‌های مختلف اقتصاد از جمله کشاورزی، دامداری، جنگل داری، تولید برق صنعتی، شیلات و سایر فعالیت‌های انسان ایفا می‌کند (۱). با این حال، رشد مداوم جمعیت انسانی تقاضای آب را افزایش داده است و با برداشت بی رویه آب زیرزمینی، آلودگی آب‌های سطحی و اثرات تغییرات آب و هوایی، پایداری آب شیرین به‌طور قابل توجهی در معرض تهدید قرار گرفته است (۲). در نتیجه، بسیاری از کشورها با کمبود آب و کیفیت پایین آب روبرو هستند. مانند سایر کشورها در مناطق خشک و نیمه خشک، ایران نیز با کمبود آب روبرو است و منابع آب شیرین محدودی برای تامین نیازهای آب مردم محلی دارد. در بسیاری از مناطق این کشور، منابع اصلی تامین آب برای فعالیت‌های انسانی شامل آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، سدها، استخرها، چاه‌های حفر دستی و چشمه‌ها است (۳، ۴). کیفیت و کمیت این منابع آب بسته به موقعیت جغرافیایی و عوامل محیطی از جمله ترکیب شیمیایی سنگ‌های زیرین، ورودی‌های بارشی و تشکیل خاک متفاوت است (۵، ۶). این پیکره‌های آبی در نتیجه فعالیت‌های جوامع انسانی بیشتر تحت تاثیر قرار گرفته‌اند تا حدی که بعضی از منابع آب آشامیدنی انسان را غیرقابل استفاده کرده‌اند و در نتیجه جوامع انسانی برای دستیابی به منابع جدید آب به ویژه آب شرب به روش‌های دیگر تامین آب مانند تصفیه پیشرفته آب توسط دستگاه‌های تصفیه آب خانگی و یا مصرف آب بسته بندی شده روی آورده‌اند.

به هرحال استفاده از منابع آب جدید، بدون چالش نیست. مصرف چنین آب‌هایی با مشکلاتی همچون حذف بیش از حد مواد معدنی آب که بخشی از آنها از مواد مغذی ضروری بدن هستند و یا عدم حذف کافی آلاینده‌های آب همراه است. این مشکلات احتمالی در استفاده از منابع دیگر آب همچون آب‌های بطری شده، پایش کیفیت آنها را ضروری می‌سازد.

پایش کیفیت آب به طور سنتی با استفاده از آزمون‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی انجام می‌گیرد. اگرچه آزمون‌های کیفی آب، اغلب ساده و دقیق هستند اما نمی‌توانند اطلاعات کاملی از کیفیت آب ایجاد نمایند و بررسی کیفیت آب اغلب فقط برپایه چند پارامتر محدود صورت می‌گیرد. به منظور حل این مشکل از شاخص‌های متعددی استفاده شده است. شاخص کیفیت آب (WQI) یکی از پرکاربردترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب است که غلظت‌های پارامترهای کیفی آب را به صورت شاخصی قابل مقایسه تبدیل می‌نماید.

محاسبه این شاخص بر مبنای مقایسه هر پارامتر با میزان استاندارد آن و وزن دهی به پارامترها باتوجه به اهمیت و تاثیر آنها بر شاخص است. WQI از آن رو که از پارامترهای متنوعی استفاده می‌کند دارای مقبولیت خوبی است. یک روش WQI معمول سه مرحله را دنبال می‌کند که شامل (۱) انتخاب پارامترها، (۲) تعیین تابع کیفیت برای هر پارامتر و (۳) تجمیع آنها از طریق معادله ریاضی است. این شاخص یک عدد واحد را ارائه می‌دهد که کیفیت کلی آب را در یک مکان و زمان خاص براساس برخی از پارامترهای آب نشان می‌دهد. این شاخص مقایسه بین منابع آب مختلف و حتی مقایسه زمانی یک منبع آب را امکان پذیر می‌کند (۵). WQI یک مجموعه داده پیچیده را به اطلاعاتی که به راحتی قابل فهم و قابل استفاده هستند، ساده می‌کند. سیستم طبقه بندی کیفیت آب که در WQI استفاده می‌شود، نشان دهنده میزان مناسب بودن آب برای آشامیدن است. خروجی تک مقداری این شاخص که از چندین پارامتر به‌دست آمده است، اطلاعات مهمی در مورد کیفیت آب فراهم می‌کند که حتی توسط افراد غیرمتخصص نیز به راحتی قابل تفسیر است (۷). در یک کشور در حال توسعه مانند ایران که اطمینان از در دسترس بودن و مدیریت پایدار آب یکی از زمینه‌های چالش برانگیز توسعه است، استفاده از این شاخص می‌تواند اطلاعات ارزشمندی پیرامون کیفیت آب و نحوه

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

مدیریت منابع آبی در اختیار متخصصین، تصمیم گیران و ذی نفعان قرار دهد.

تاکنون مطالعات زیادی پیرامون بررسی کیفیت آب آشامیدنی در ایران انجام شده است. آب‌های بطری شده که در ایران تحت عنوان «آب معدنی» شناخته می‌شوند، در سال‌های گذشته با افزایش مصرف در نقاط مختلف کشور روبه رو شده‌اند.

در یک مطالعه، Mohebbi و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی در مناطق شهری ایران و نیز محاسبه شاخص WQI اصلاح شده پرداختند (۵). مطالعات دیگری نیز بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی و محاسبه شاخص WQI در مناطق مختلفی همچون شیراز، کردستان، شمال شرق کشور و... انجام شده است (۱۱-۸). در مطالعه‌ای توسط Abtahi و همکاران (۲۰۱۶) سهم آب آشامیدنی در مصرف عناصر غذایی در جوامع شهری ایران در سال ۲۰۱۴ تعیین شده است و یک شاخص کیفیت تغذیه‌ای آب آشامیدنی نوآورانه (DWNQI) برای ارزیابی وضعیت کلی معرفی شده است (۱۲). مطالعه‌ای دیگر نیز به منظور دستیابی به یک شاخص کیفیت آب آشامیدنی (DWQI) کارآمد برای ارزیابی کیفیت آب منابع آشامیدنی در جوامع روستایی استان خوزستان در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ انجام شده است (۱۳). همچنین مطالعاتی بر روی آب‌های بسته بندی انجام شده است از جمله مطالعه Miranzadeh و همکاران که کیفیت میکروبی و فلزات سنگین موجود در ۱۵ برند آب بطری شده موجود در بازار را ارزیابی کرده‌اند (۱۴). مطالعات فوق که بر روی کیفیت آب‌های آشامیدنی در ایران از جمله آب‌های بطری شده انجام شده‌اند، نشان می‌دهند که تاکنون مطالعات نسبتا زیادی بر روی کیفیت آب آشامیدنی در ایران انجام شده است. اما مطالعات انجام شده بر روی آب‌های بطری شده، جامعیت لازم را نداشته‌اند و تعداد معدودی از برندهای آب را بررسی کرده‌اند. در نتیجه انجام یک مطالعه بر روی تعداد بیشتری از برندهای آب بطری شده در ایران لازم به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به این که ارزیابی و پایش کیفی آب یک فرایند پیوسته و مداوم است و نتایج تحقیقات قبلی را نمی‌توان به کیفیت فعلی آب‌های بطری شده تعمیم داد، لزوم انجام یک مطالعه جامع بر روی برندهای فعلی آب بطری شده امری ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

- طراحی مطالعه و نمونه برداری

این مطالعه، یک مطالعه توصیفی مقطعی است که بر روی برندهای آب‌های بطری شده در سطح کل کشور ایران در سال ۱۳۹۹ انجام شد. در انتخاب نمونه‌ها تلاش بر این بود که از برندهایی استفاده شود که کارخانه تولید کننده و در واقع نقطه استحصال و منبع و مظهر آب در نقاط مختلف کشور پراکنده باشد و ضمنا جزء برندهای پرمصرف و معتبر به شمار آیند. با بررسی سابقه حضور هر یک از برندهای آب بطری شده در بازار مصرف و نیز مراجعه به فروشگاه‌های مواد غذایی در مناطق گوناگون، نمونه‌ها به طور تصادفی انتخاب شدند. از هر یک از برندهای مختلف آب بطری شده عرضه شده در کشور ۴ عدد تهیه گردید.

مشخصات کیفیت شیمیایی و میکروبی نمونه‌ها شامل آنیون-کاتیون‌ها، فلزات سنگین، pH، قلیائیت، سختی کل (TH)، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، شمارش پلیت باکتری‌های هتروتروف (HPC) و سودوموناس آئروژینوزا بررسی و تعیین گردید. کلیه آنالیزها طبق روش های ذکر شده در کتاب روش‌های استاندارد (۱۵) انجام گرفتند.

- آنالیزهای شیمیایی

اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب بطری شده توسط دستگاه پلاسمای جفت شده القائی-طیف سنجی نشر اتمی (ICP-OES) انجام شد. قبل از تزریق به دستگاه، نمونه‌های آب به آماده‌سازی خاصی نیاز نداشتند. نمونه‌ها توسط یک نبولایزر به داخل پلاسمای آرگون پاشیده شدند. در داخل دستگاه، نمونه‌ها در دمای بالا تبدیل به ذرات اتمی شده و میزان نشر ایجاد شده توسط دستگاه اندازه گیری شد.

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

جهت آنالیز آنیون‌ها و کاتیون‌ها، نمونه‌ها به دستگاه یون کروماتوگرافی (IC) تزریق شدند. دستگاه IC مورد استفاده در این مطالعه، مدل Metrohm ۸۵۰ بود. حلال آنیونی در آن بیکربنات سدیم و حلال کاتیونی اسید نیتریک بود. اندازه گیری قلیائیت براساس روش تیتراسیون اسید سولفوریک تا رسیدن به محدوده pH ۴/۵-۴/۳ و اندازه گیری کل جامدات محلول، از روش شماره ۵۷-۲ استاندارد متد (۱۵) صورت گرفت.

- *آنالیزهای میکروبی*

آنالیز میکروبی نمونه‌ها براساس روش شماره ۹۲۱۵ استاندارد متد (۱۵) برای شمارش HPC انجام گرفت. به این منظور ۱۰۰ mL نمونه از صافی ۰/۴۵ میکرون عبور و صافی بر روی محیط کشت R_2A آگار قرار داده شد. پلیت‌ها به مدت ۴۸ h در دمای ۳۵°C قرار گرفتند.

شناسایی سودوموناس آئروژینوزا طی دو مرحله احتمالی و تاییدی انجام پذیرفت. در مرحله احتمالی ۲۰۰ mL نمونه از صافی ۰/۴۵ میکرون عبور داده شد. صافی‌ها بر روی محیط کشت M-PA آگار قرار گرفتند. انکوباسیون به مدت ۷۲ h در دمای ۴۱/۵±۰/۵ °C صورت گرفت. پلیت‌هایی که در آنها رشد کلنی مشاهده شد وارد مرحله تاییدی شدند. در مرحله تاییدی حضور یا عدم حضور سودوموناس آئروژینوزا با استفاده از روش واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) مشخص شد.

آزمایش PCR شامل استخراج DNA کامل، حجم واکنش PCR ۵۰ µL با استفاده از Master mix و برای هر واکنش ۵۰ DNA ng ژنومی ۰/۲ µm از پرایمر OPRL به همراه Master mix مورد استفاده قرار گرفت. در آزمایش PCR، پرایمر مورد استفاده OPRL با دمای آنیلینگ ۵۷/۵ °C و توالی نوکلئوتیدی ATG GAAATGCTGAAATTCGGCCTTCTTCA GCTCGACGCGACG بود. پس از اتمام واکنش PCR، تست‌های بیوشیمیایی از قبیل اکسیداز و کاتالاز و همچنین رنگ آمیزی گرم بر روی کلیه نمونه‌های مثبت در مرحله احتمالی، انجام شدند.

- *محاسبه شاخص WQI*

در این مطالعه، بعد از تعیین مقادیر کیفی شیمیایی و میکروبی، نمونه‌ها با استفاده از شاخص WQI با یکدیگر مقایسه شدند. WQI ابزاری است که به وسیله آن داده‌های کیفیت آب برای گزارش دهی به مردم به صورت ساده به کار می‌رود.

اساسا WQI با مقایسه داده‌های کیفیت آب با «دستورالعمل‌های کیفیت آب آشامیدنی کانادا» محاسبه می‌شود. در این روش، با مقایسه غلظت پارامترهای کیفی آب با استاندارد و تاثیر اهمیت هر پارامتر بر سلامت جامعه با وزن دهی، مقدار خصوصیات کیفی آب به یک داده کمی (نمره یا امتیاز) تبدیل می‌شود که می‌تواند وضعیت کلی کیفیت آب را به صورت عدد شاخص ملموس برای عموم جامعه تبدیل نماید. ضمن اینکه نتایج شاخص کیفیت آب برای سیاستگذاران نیز بسیار مفید خواهد بود. شاخص محاسبه شده نمره‌ای بین ۰ تا ۱۰۰ را نتیجه می‌دهد و هرچه امتیاز بالاتر باشد نشان‌دهنده کیفیت بالاتر آب است. همچنین نمرات در یکی از پنج دسته‌بندی بسیار خوب، خوب، ضعیف، بسیار ضعیف و نامناسب می‌تواند راهنمای مؤثری در تصمیم گیری سریع مصرف کننده باشد. کلیه پارامترهای مربوط به آب توسط ده متخصص (این افراد از استادان و دانشجویان مهندسی بهداشت محیط بودند) مطالعه و نمره دهی شد.

تجزیه و تحلیل چند متغیره با استفاده از شاخص DWQI به منظور طبقه بندی آب‌های بطری شده تحت مطالعه در دو مرحله به شرح زیر انجام شد: (۱) انتخاب پارامترهای ورودی به شاخص و وزن‌دهی آنها: درخصوص آب آشامیدنی خصوصیات کیفی آب در دو دسته خصوصیات بهداشتی آب آشامیدنی و خصوصیات زیباشناختی و گوارایی قرار می‌گیرند. این دو دسته ممکن است به طور جداگانه و زیر مجموعه شاخص کیفیت بهداشتی آب (Health Water Quality Index (HWQI)) و شاخص مقبولیت کیفیت آب

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

(Acceptability Water Quality Index (AWQI)) مورد بررسی قرار بگیرند و یا تحت یک شاخص کلی با شاخص کیفیت آب آشامیدنی (Drinking Water Quality Index (DWQI)) محاسبه شوند. انتخاب پارامترهای ورودی به شاخص با کمک کارشناسان و متخصصان حوزه آب آشامیدنی صورت گرفت و شامل پارامترهای کلراید (Cl)، نیترات (NO_3)، نیتریت (NO_2)، TDS، EC، فلوراید (F)، سولفات (SO_4)، بیکربنات (HCO_3)، فسفات (PO_4)، pH، سدیم (Na)، کلسیم (Ca)، منیزیوم (Mg)، پتاسیم (K) و TH بود. (۲) تخصیص ضریب وزنی برای خصوصیات کیفی ورودی: در این مرحله برای تخصیص ضریب وزنی برای خصوصیات کیفی آب از یک فرایند آنالیز سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد و براساس نظرات کارشناسان و متخصصان کیفیت آب به هر کدام از پارامترهای ورودی شاخص ضریب وزنی اختصاص یافت. ضریب وزنی با توجه به این حقیقت که ترکیبات سرطان‌زا و کیفیت میکروبی در مقایسه با خصوصیات مقبولیت آب تاثیر بیشتری بر وضعیت کلی کیفیت آب آشامیدنی دارند و براساس تفاوت در میزان تاثیر بهداشتی هر پارامتر در نظر گرفته شد. انتخاب آنیون و کاتیون ورودی به شاخص و وزن‌دهی آنها با توجه به معیارهای مختلف از جمله سهم آب در دریافت ماده، میزان جذب ماده دریافت شده از طریق آب، محدودیت دریافت ماده از طریق خوراک و دریافت نظر کارشناسی متخصصین کیفیت آب و تغذیه انجام شد.

به منظور انجام فرایند آنالیز سلسله مراتبی، فرم جمع آوری داده (ضمائم) براساس مقایسه زوج (Two-Pair Comparison) و به روش AHP بین معیارها و زیر معیارها ایجاد شد و نمره‌دهی بین اعداد ۱ تا ۹ به معنای شدت اهمیت معیارها توسط متخصصین انجام گرفت. فرم جمع آوری داده مذکور ابتدا به ده نفر متخصص در زمینه آب داده شد. متخصصین براساس تجارب و مطالعات خود در زمینه کیفیت آب، به آنیون‌ها و کاتیون‌های درون فهرست امتیاز دادند و آنیون‌ها و کاتیون‌هایی که از نظر آنها اهمیت بیشتری داشتند انتخاب شدند. سپس از نمرات داده شده به آنیون‌ها و کاتیون‌ها میانگین گیری شد. مرحله بعد از مقایسه زوجی پارامترها، محاسبه وزن عوامل است. برای محاسبه وزن عوامل ابتدا اعداد متعلق به هر ستون با یکدیگر جمع شده، سپس هر عضو ماتریس به جمع عوامل تقسیم شد که حاصل آن به وجود آمدن اعداد به صورت نرمال بود. در آخر میانگین هر ردیف محاسبه شد که عدد به‌دست آمده معرف وزن هر عامل بود. (۳) در مرحله سوم شاخص کیفیت آب محاسبه شد.

WQI -

WQI یک روش ساده و مختصر برای نشان دادن کیفیت آب است که به مدیریت بهتر مسائل کیفیت آب کمک می‌کند و اثربخشی اقدامات حفاظتی را بهبود می‌بخشد. در این مطالعه این شاخص براساس پارامترهای NO_3، Cl، Na، pH، PO_4، HCO_3، SO_4، F، TDS، EC، NO_2، K، Mg، Ca و TH محاسبه شده است که وزن آنها بسته به اهمیت آنها در تعیین کیفیت آب، بین ۱ تا ۵ تعیین شده که براساس معادله ۱ محاسبه شد.

(۱)

$$q = C/S \times 100$$

در این معادله C غلظت هریک از عناصر در نمونه‌های گرفته شده است و S میزان استاندارد تعریف شده برای هر کدام است. در ادامه با توجه به معادله ۲ شاخص SI محاسبه شد.

(۲)

$$SIi = W \times q$$

در این معادله SI شاخص محاسبه شده و W میزان وزنی که به هر پارامتر داده شده و q رتبه بندی کیفیت است. در نهایت با توجه به معادله ۳ میزان شاخص کیفیت آب محاسبه شد.

(۳)

$$WQI = \Sigma SIi$$

رابطه فاکتورهای وزنی و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و رهنمود WHO در جدول ۱ نشان داده شده است.

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

جدول ۱- رابطه فاکتورهای وزنی و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و رهنمود WHO (۱۶)

شماره	پارامتر	فاکتور وزنی	رهنمود WHO
۱	K	۲	۱۲ mg/L
۲	Na	۳	۲۰۰ mg/L
۳	Mg	۲	۵۰ mg/L
٤	Ca	۳	۷۵ mg/L
۵	PO_4	۱	۰/۵ mg/L
٦	HCO_3	۲	۵۰۰ mg/L
۷	NO_3	۵	٤۵ mg/L
۸	NO_2	۵	۳ mg/L
۹	SO_4	٤	۲۵۰ mg/L
۱۰	Cl	۳	۲۵۰ mg/L
۱۱	F	٤	۱/۵ mg/L
۱۲	TH	۳	۲۵۰ mg/L as $CaCO_3$
۱۳	EC	۳	۳۵۷ µs/cm
۱٤	TDS	۵	۲۵۰ mg/L
۱۵	pH	۳	٦/۵–۸/۵

در این مرحله با استفاده از وزن‌های داده شده به هر پارامتر، شاخص WQI محاسبه گردید. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار Excel استفاده شد.

جدول ۲- آمار توصیفی ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های آب بطری شده در ایران

شاخص / مقادیر	pH	EC (µs/cm)	TDS (mg/L)	TH (mg/L as $CaCO_3$)
میانگین	۷/۵٦	۳۵۸/٦۷	۱۷۹/٤۰	۱۳۹/۲۵
میانه	۷/٦	۳٤۳	۱۷۲	۱۳۵
انحراف معیار	۰/۳۹	۱۵۲/۷۱	۷٦/۳۵	٦۲/۹٤
کمینه	٦/۵٤	۱۰۰/٦۰	۵۰/٤۰	۳٤/۵٦
بیشینه	۸/۲۳	۹۰۳	٤۵۲	۲۹۵/۰۲

سلامت و محیط زیست دوره چهاردهم/ شماره دوم/ تابستان ۱۴۰۰
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

یافته‌ها

- ویژگی‌های شیمیایی

جهت آگاهی از برخی مشخصات مهم نمونه‌های مورد آزمایش، پارامترهایی از قبیل pH، TDS، EC، TH و قلیائیت در همه نمونه‌ها اندازه گیری شدند. نتایج حاصل از آنالیز آمار توصیفی در جدول ۲ ارائه شده است.

- فلزات سنگین

آماره‌های توصیفی مربوط به غلظت فلزات سنگین در آب‌های بطری شده در جدول ۳ ارائه شده است. در مورد برخی از فلزات، نکته قابل توجه این است که مقدار آنها در نمونه پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه ICP-OES بوده است، بنابراین در کلیه محاسبات غلظت این فلزات ۵۰ درصد حد پایین تشخیص دستگاه در نظر گرفته شد.

جدول ۳- آمار توصیفی فلزات سنگین (بر حسب ppb) نمونه‌های آب بطری شده در ایران

فلزات سنگین	حداکثرمجازاستاندارد آب بطری شده ایران (ppb) (۱۷)	حد تشخیص ppb	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه
نقره (Ag)	–	۰/۳۳	۲/۹۹	۳/۰٤	۰/٤۹	۱/۸۵	۳/۸۵
آلومینیم (Al)	۲۰۰	<۰/۰٤۳	۳/۵۷	۰/۳۲	۷/۳۲	۰/۰۲	۳٦/۷۸
آرسنیک (As)	۱۰	<۱	۰/۵۹	۰/۵۹	۰	۰/۵۹	۰/۵۹
بور (B)	۲٤۰۰	<۱/۳۷۰	۱۳۳/۸	٤۹/۳۸	۱۷٤/٦	۰/٦۹	۱۰۵۰/۸
باریم (Ba)	۷۰۰	<۰/۰۹۸	۲۰/٤٤	۱٤/۵۹	۲٤/٦۱	۰/۰۵	۱۷۳/۳٤
بریلیم (Be)	–	<۰/۰٤۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
کادمیم (Cd)	۳	<۰/۰٤۹	۰/۰۲	۰/۰۲	۰	۰/۰۲	۰/۰۲
کبالت (Co)		<۰/۰٤۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰/۰۵
کروم (Cr)	۵۰	<۰/۰۹٦	۰/۷٦	۰/۰۵	۱/۷۰	۰/۰۵	۱۲/٤
مس (Cu)	۱۰۰۰	<۰/۳۰٦	۳/۲۸	۱/۸۳	۷/۷۱	۰/۱۵	۵۷/۹۹
آهن (Fe)	۳۰۰	<۰/۱٦۰	۰/۳۱	۰/۰۸	۱/۱۸	۰/۰۸	۸/۹۷
جیوه (Hg)	٦	<۱	۰/۱۸	۰/۱۸	۰	۰/۱۸	۰/۱۸
لیتیم (Li)		<۰/۰۰٤	۰/٦٦	۰	۱/۲٦	۰	۵/۹
منگنز (Mn)	٤۰۰	<۰/۰٦٦	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰/۰۵
مولیبدن (Mo)	۷۰	<۱/٦٦٦	۱/۰۲	۱	۰/۱٤	۱	۲/۲۰
نیکل (Ni)	۷۰	<۰/۲۸٦	۰/٤۹	۰/۱٤	۱/٦۸	۰/۱٤	۹/۷۸
سرب (Pb)	۱۰	<۲/۱٦٦	۱/۷۱	۱	۱/۱٤	۱	٦
قلع (Sn)	–	<۰/۱٦۱	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱
استرانسیم (Sr)	–	<۰/۰۱۰	۱۳۵/۹۲	۱۱۸/۸۹	۹۲/۵۱	۱/۳٤	٤٤۰/۵۹
تالیم (Ti)	–	<۱/۱٤۷	۰/۵۲	۰/۵	۰/۱۸	۰/۵	۲
وانادیم (V)	۱۰۰	<۰/۰٦٤	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۰۳	۷
روی (Zn)	۳۰۰۰	<۱	۱۵/۵۵	٦	۳۸/۰۱	۰/۱٤	۳۰۷

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

- آنیون‌ها و کاتیون‌ها

نتایج اندازه گیری مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌های موجود در نمونه‌های آب بطری شده در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین مجموع غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها به ترتیب ۳/۶۳ و ۳/۶۱ بر حسب mg/L بود، تمامی نمونه‌های آب‌ها از نظر اختلاف درصد کاتیون‌ها و آنیون‌ها در وضعیت قابل قبول بودند.

جدول ۴- آمار توصیفی غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها (بر حسب mg/L) در نمونه‌های آب بطری شده در ایران

یون‌ها	حداکثر مجاز استاندارد آب بطری شده در ایران(mg/L) (۱۷)	میانگین±انحراف معیار (mg/L)	میانه (mg/L)
HCO_3	–	۱۶۰/۷ ± ۶۸/۵	۱۶۱/۰۴
F	۱/۵	۰/۷ ± ۰/۲	۰/۲۳
Cl	۲۵۰	۱۴/۵ ± ۱۶/۱	۸/۹۷
NO_3	۵۰	۱۰/۶ ± ۹/۹	۷/۶۱
SO_4	۲۵۰	۱۹/۱ ± ۱۸/۱	۱۴/۶۸
NO_2	۰/۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۶	۰/۰۱
PO_4	–	۰/۰۱ ± ۰/۰۳	۰/۰۱
Na	۲۰۰	۲۳ ± ۲۵/۹	۱۶/۰۵
K	–	۰/۹۶ ± ۱/۱	۰/۶۱۷
Mg	–	۸/۳ ± ۴/۲	۶/۸۶
Ca	–	۳۷/۸ ± ۱۸/۲	۳۶/۹۲
آمونیوم (NH_4)	–	۰/۰۱ ± ۰/۰۳	۰/۰۰۳

- مقایسه مقادیر واقعی با مقادیر درج شده روی برچسب

مقادیر پارامترهای درج شده بر روی برچسب بطری‌های آب با مقادیر به‌دست آمده از آنالیزهای انجام شده در این مطالعه مقایسه گردید و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. در میان پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شده، اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر گزارش شده در برچسب از ۸ درصد برای HCO_3 تا ۸۹ درصد برای K متفاوت بود. همچنین غلظت‌های اندازه گیری شده بین ۴ تا ۷۰ درصد بالاتر از مقادیر درج شده بر روی برچسب‌ها بودند.

سلامت و محیط زیست دوره چهاردهم/ شماره دوم/ تابستان ۱۴۰۰
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با برچسب بطری

پارامتر	درصد نمونه‌های مطابق با برچسب	درصد نمونه‌های با مقدار بیشتر ازبرچسب	درصد نمونه‌های بدون ذکر غلظت بر روی برچسب
Na	۷۳/۳۳	۲۶/۶۷	۱۰
K	۱۶/۴۶	۸۳/۵۴	۲۱
Mg	۲۹/۱۷	۷۰/۸۳	٤
Ca	۵٤/۱۷	٤۵/۸۳	٤
HCO_3	۹۲/۰۰	۸/۰۰	۷۰
F	٦۸/۱۸	۳۱/۸۲	۳٤
Cl	٤۳/۰٤	۵٦/۹٦	۲۱
NO_3	۸۳/۷۲	۱٦/۲۸	۱٤
SO_4	٤٤/۷٤	۵۵/۲٦	۲٤
TDS	۵۵/۱۰	٤٤/۹۰	۵۱
TH	٦۸/۰۹	۳۱/۹۱	۵۳

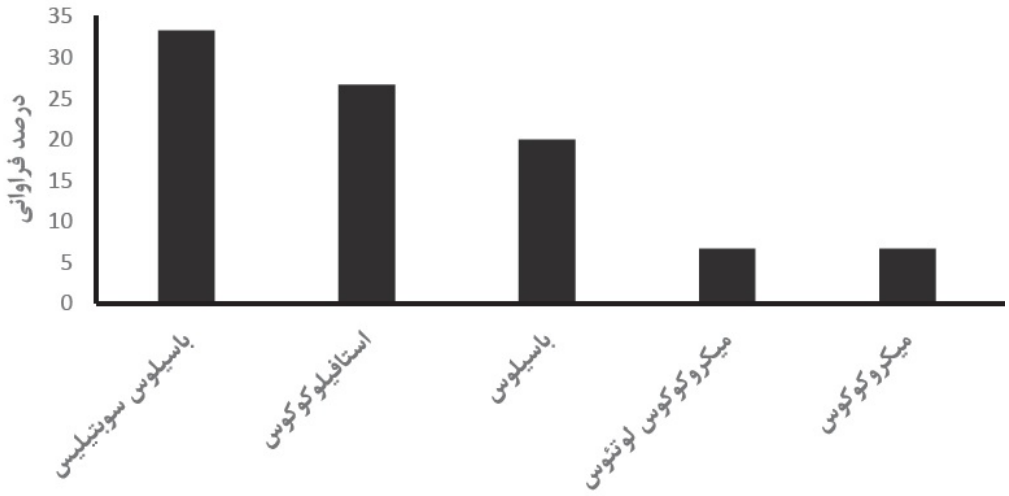
- وضعیت میکروبی

آزمایش HPC بر روی نمونه‌های آب بطری شده انجام شد. تعداد ۴۸ نمونه از کل نمونه‌ها مثبت اعلام گردید. از این ۴۸ نمونه، تعداد ۳۳ نمونه (۶۹ درصد) دارای تعداد باکتری‌های هتروتروف (CFU/100 mL) بسیار بالایی بودند و به عنوان نمونه‌های TNTC (بیشتر از حد قابل شمار) در نظر گرفته شدند. میانگین و انحراف معیار کلنی‌ها در مابقی نمونه‌ها (۱۵ نمونه) برابر با ۱۲۰/۷ و ۹۷/۵ بر حسب CFU/100 mL بود.

۱۵ نمونه از آب‌های بطری شده وارد مرحله آزمایش‌های بیوشیمیایی شدند، که در آنها تعداد ۵ گونه از باکتری‌های مختلف یافت گردید، این گونه‌ها شامل: باسیلوس سوبتیلیس (۳۳/۳ درصد)، استافیلوکوکوس (۲۶/۷ درصد)، باسیلوس (۲۰ درصد)، میکروکوکوس لوتئوس (۶/۷ درصد)، میکروکوکوس (۶/۷ درصد) بودند (نمودار ۱). همچنین، ۷۱ برند موجود در این مطالعه، از نظر رشد سودوموناس آئروژینوزا منفی بودند. در هیچ یک از برندها کلی فرم کل و مدفوعی مشاهده نشد.

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID



نمودار ۱- میزان فراوانی گونه‌های مختلف باکتری در نمونه‌های وارد شده به آزمایش‌های تاییدی

- شاخص *WQI*

شاخص WQI با استفاده از غلظت پارامترهای مختلف نمونه‌ها محاسبه گردید. نتایج مربوطه در جدول ۶ نشان داده شده است. مطابق این جدول، در حدود ۶۳ درصد از نمونه‌ها (تعداد ۴۵ نمونه) دارای کیفیت بسیار خوب (WQI<۵۰) بودند، یعنی برای سلامت انسان خوب بودند. همچنین ۳۴ درصد از نمونه‌ها (۲۴ نمونه) نیز در رده کیفی خوب قرار گرفتند، به این معنی که برای مصرف مناسب بودند. حدود ۳ درصد از نمونه‌ها (۲ نمونه) در رده کیفی ضعیف جای گرفتند و شرایط خوبی برای مصرف نداشتند. هیچ کدام از نمونه‌های آب بطری شده دارای کیفیت خیلی ضعیف و نامناسب نبودند، به عبارتی تمام نمونه‌ها دارای عدد شاخص WQI زیر ۲۰۰ (در مقیاس صفر تا بیش از ۳۰۰) بودند.

جدول ۶- تعداد و درصد کیفیت نمونه‌های بطری آب طبق طبقه بندی شاخص WQI

مقدار شاخص کیفیت آب	توصیفات	طبقه بندی	تعداد نمونه‌ها	درصد
<۵۰	خوب برای سلامت انسان	بسیار خوب	٤٥	٦٣/٣٨
۵۰-۱۰۰	مناسب برای مصرف	خوب	٢٤	٣٣/٨٠
۱۰۰-۲۰۰	آب در شرایط خوبی نیست	ضعیف	٢	٢/٨٢
۲۰۰-۳۰۰	نیاز به توجه قبل از مصرف	خیلی ضعیف	٠	٠/٠٠
>۳۰۰	نیاز به توجه زیاد	نامناسب	٠	٠/٠٠

سلامت و محیط زیست دوره چهاردهم/ شماره دوم/ تابستان ۱۴۰۰
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

بحث

کشور ایران در سال‌های اخیر با بحران جدی در زمینه کمیت و کیفیت آب روبه رو شده است، وجـود خشـکسالـی‌های پی در پی به همراه مدیریت ناصحیح منابع آب و نیز رشد روزافزون آلودگی‌های محیطی، باعث ایجاد مشکلات زیادی در زمینه کیفیت آب شده است (۳، ۱۸)، در این مطالعه به منظور بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده موجود در بازار ایران، ۷۱ برند آب بطری شده به عنوان نمونه انتخاب و وارد مطالعه شدند. این نمونه‌ها از نظر پارامترهای مختلف شیمیایی و میکروبی مورد آنالیز و ارزشیابی قرار گرفتند. در نهایت، شاخص WQI برای هر نمونه محاسبه گردید.

نتایج این مطالعه نشان داد در هیچ یک از نمونه‌ها غلظت فلزات سنگین از محدوده استانداردهای ایران فراتر نبوده است. این امر می‌تواند ناشی از استفاده از فرایند اسمزمعکوس در تولید بسیاری از آب‌های بطری شده در ایران باشد که در حذف فلزات سنگین و سایر مواد معدنی از آب بسیار کارآمد است. غلظت SO_4، Cl و F در کلیه نمونه‌های این تحقیق در محدوده مجاز استانداردهای بین المللی آب‌های بطری شده قرار داشت. غلظت NO_3 در یک نمونه (۱/۴ درصد کل نمونه‌ها) از ۵۰ mg/L بیشتر بود. از میان کل نمونه‌ها، ۱۴ درصد آب معدنی طبیعی بودند. از میان نمونه‌های آب معدنی طبیعی، غلظت NO_3 در ۳ نمونه (۴/۲ درصد کل نمونه‌ها) از حد مجاز استاندارد آب‌های معدنی طبیعی فراتر بودند. مقدار NO_2 در ۱۰ درصد نمونه‌های آب‌های آشامیدنی بسته بندی شده و آب‌های معدنی طبیعی از حد مجاز استاندارد بیشتر بود. اگرچه تعداد برندهایی که غلظت NO_3 و NO_2 در آنها از استاندارد فراتر رفته کم بود، اما با توجه به اهمیت بهداشتی آنها، این مسئله توجه بیشتر به بحث پایش مداوم کیفیت آب‌های بطری شده را گوشزد می‌کند.

در ۷۱ برند مورد بررسی، اختلاف‌های زیادی بین مقادیر ذکر شده بر روی برچسب و مقادیر اندازه گیری شده مشاهده شد. میانگین درصد موارد بدون اختلاف در حدود ۴±۷/۵ درصد بود، بنابراین در همه آب‌های بطری شده این اختلاف به صورت مثبت و منفی مشاهده گردید. بیشترین میزان اختلاف در یون NO_3 مشاهده شد که در ۷۱ درصد موارد، مقدار برچسب از مقادیر به‌دست آمده در این مطالعه کمتر بود. این مطلب می‌تواند نمایانگر این باشد که اطلاعات موجود برروی برچسب بطری، مربوط به سال یا فصل‌های گذشته بوده است که ممکن است به دلیل هزینه مربوط به انجام آزمایشات و نداشتن امکانات کافی باشد (۱۹). از سوی دیگر تغییرات فصلی اثر مهمی بر کیفیت آب دارد که برخی تولیدکنندگان نسبت به آن بی توجه هستند (۲۰). گاهی نیز این امر به منظور فروش بیشتر و بازاریابی موفق تر صورت می‌گیرد. بنابراین لازم است نظارت و پایش مستمری از اماکن تهیه و تولید آب بطری شده به عمل آید و اطلاعات مربوط به کیفیت واقعی آب و برچسب بطری‌ها با هم مطابقت داشته باشند.

تاکنون چند مطالعه در ایران پیرامون بررسی کیفیت آب‌های بطری شده انجام شده است. نتایج این مطالعات از برخی جهات مشابه مطالعه حاضر و از برخی جهات دیگر با آن تفاوت دارد. در یک مطالعه در شهر گناباد، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۹ برند آب بطری شده برخلاف مطالعه حاضر به خوبی با موارد ذکر شده در برچسب‌ها مطابقت داشت (۲۱). در مطالعه‌ای در شهر گرگان بر روی ۹ برند آب بطری شده، میانگین غلظت NO_3، F، Fe و pH نمونه‌ها به ترتیب ۱۲/۲، ۰/۳۳، ۰/۶۴ و ۶/۸۹ بر حسب mg/L بود، فقط پارامترهای فیزیکوشیمیایی pH و Fe به طور قابل توجهی بالاتر از مقادیر استاندارد بودند، و میانگین غلظت‌های عوامل شیمیایی به طور قابل توجهی پایین‌تر از مقادیر استاندارد بودند ($p <$۰/۰۵) (۲۲). اما در مطالعه حاضر برخی نمونه‌ها غلظت NO_3 بالاتر از حد استاندارد آب‌های بطری شده ایران را داشتند. در یک مطالعه که بر روی ۱۷ برند آب بطری شده در ایران انجام شد، نتایج نشان دادند که مقادیر واقعی اندازه گیری شده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با مقادیر برچسب بطری‌ها داشتند، اما بین مقادیر Mg و pH و مقدار برچسب سازنده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p >$۰/۰۵)، علاوه بر این، مقادیر pH و Ca به طور قابل توجهی بالاتر از مقادیر پیشنهادی استاندارد ملی ایران و MCL های بین المللی بودند ($p <$۰/۰۵) (۲۳).

در یک مطالعه که بر روی منابع آب زیرزمینی کشور انجام شد، پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب از جمله

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

Fe، Mg، NO_3، TH، Pb، Mn، کلیفرم مدفوعی، As، Cd، Cr، Cu و ... بین ۰/۱ تا ۷۲ درصد نسبت به استانداردهای ملی بالاتر بودند (۵). در مطالعه‌ای که توسط Abtahi و همکاران (۲۰۱۶) انجام گرفت، سهم آب آشامیدنی در مصرف عناصر غذایی در جوامع شهری ایران در سال ۲۰۱۴ تعیین شد و یک شاخص کیفیت تغذیه‌ای آب آشامیدنی نوآورانه (DWNQI) برای ارزیابی وضعیت کلی معرفی گردید. درصد آب آشامیدنی در مقدار توصیه شده رژیم غذایی(Ca(RDA، C1، فسفر (P)، Mg و Na در سطح کشور ۹/۹، ۷/۱، ۲۰/۵، ۱۸/۵ و ۸/۸ درصد بود که به طور قابل توجهی بالاتر از سایر مواد معدنی بود. میانگین نمره ملی DWNQI برابر با ۷۱/۵ بود (توصیف خوب) (۱۲). Shahbazi و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی کیفیت آب در نواحی مشهد پرداختند. نتایج آنها نشان داد که برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب خارج از محدوده توصیه شده توسط سازمان جهانی بهداشت بودند. همچنین بیش از ۵۰ درصد از نمونه‌ها هم در فصل تابستان و هم بهار دارای خاصیت خورندگی بودند (۲۴). در مطالعه‌ای که بر روی آب آشامیدنی مناطقی از استان کردستان انجام شد، غلظت NO_3 در آب آشامیدنی ۱۴/۳۲ mg/L ± ۳۶/۰۶ بود (۹). در یک مطالعه بر روی آب‌های زیرزمینی در شمال شرق کشور، نتایج تجزیه و تحلیل محدوده غلظت زیر را نشان داد:

pH (۷/۶-۸)، EC (۱۷۷۵۵-۷۲۴ µs/cm)، TH ($CaCO_3$)، Cl (۱۳۵۰-۶۰ mg/L as)، TDS (۸۰۰۰- ۴۵۶ mg/L)، HCO_3 (۵۳- ۳۴۴۳/۵ mg/L)، NO_3 (≤۱ mg/L)، SO_4 (۱۱/۴۰۰-۲۶ mg/L)، Ca (۱۴۴۰ - ۹۸ mg/L)، Mg (۴۶۰-۶ mg/L)، Na (۲/۷-۱۹۲ mg/L)، K (۲۰/۴۷-۹۲mg/L) و (۶/۸-۳/۲۱ mg/L) (۱۱).

در مطالعه حاضر، ۵ گونه مختلف باکتری در نمونه‌های آب بطری شده یافت گردید. در هیچ کدام از نمونه‌ها، سودوموناس آئروژینوزا یافت نشد. باکتری‌های HPC در ۳۵ درصد نمونه‌های این تحقیق (۲۵ برند مختلف) تشکیل تعداد بسیار زیادی کلنی در سطح محیط کشت دادند. به گونه‌ای که به دلیل تراکم زیاد این باکتری‌ها، شمارش آنها عملا غیر ممکن بود. در چنین حالتی با توجه به روش گزارش نتایج HPC طبق کتاب استاندارد متد نتیجه به صورت ۲۰۰۰< بر حجم نمونه گزارش شد (۱۵). بر این اساس در ۳۵ درصد نمونه‌های تحت مطالعه بیش از ۲۰ CFU/mL وجود داشته است. استاندارد میکروبی آب آشامیدنی بسته بندی شده بیشینه مجاز میکروارگانیسم‌های قابل کشت در دمای ۳۶±۲ °C، ۲۰ CFU/mL است. لیکن میکروارگانیسم‌های قابل کشت تنها در زمان بسته بندی و یا بیشینه ۱۲ h پس از بسته بندی (در صورت نگهداری در دمای ۵ °C) می‌توانند ملاك عمل قرار گیرند. بنابراین با توجه به عدم وجود این شرایط در نمونه‌های مطالعه حاضر، این استاندارد نمی‌تواند به عنوان معیار، مورد بررسی قرار گیرد. Miranzadeh و همکاران در بررسی ۱۵ برند مختلف آب بطری شده در ایران به این نتیجه رسیدند که تنها در یک نمونه رشد باکتری مشاهده شد ولی مقدار آن فراتر از حد استاندارد نبود (۱۴). در مطالعه شهر گناباد، همه نمونه‌ها فاقد شاخص‌های بیماری زا (کلی فرم، کلی فرم مدفوع، استرپتوکوک مدفوع و کلستریدیوم پرفرینژنس) بودند. تابش غیرمستقیم آفتاب باعث افزایش باکتری‌های HPC شده بود. در همه نمونه‌ها، جدا از محل نگهداری، تعداد باکتری‌های HPC و بیماری زا پس از بطری سازی روند افزایشی را نشان دادند (۱۹). در سال ۲۰۰۶ Jeena و همکاران به ارزیابی خطر باکتری‌های HPC در ۳۰ برند مختلف آب بطری شده هندوستان پرداختند و مشخص شد که حدود ۴۰ درصد نمونه‌ها از حد مجاز تعیین شده در استاندارد هند (۱۰۰ CFU/ mL) بیشتر بودند (۲۵).

تاکنون مطالعات جامع زیادی پیرامون کیفیت آب‌های بطری شده و محاسبه شاخص WQI این آب‌ها در ایران انجام نشده است، هرچند شاخص WQI مربوط به آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور بررسی شده است. در مطالعه Mohebbi و همکاران (۲۰۱۳) بر روی آب‌های زیرزمینی در مناطق شهری ایران، وضعیت کلی کیفیت آب در منابع آب زیرزمینی خوب توصیف شد. با توجه به مقدار DWQI اصلاح شده، حدود ۹۵ درصد از آب‌های زیرزمینی در وضعیت خوبی قرار داشتند، همچنین در ۳ و ۲ درصد از آب‌های زیرزمینی، کیفیت آب به ترتیب قابل قبول و مرزی تعیین شد. بالاترین مقادیر WQI

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

در استان‌های جنوبی و شرقی و نیز استان قم و خراسان شمالی یافت شد (۵). در مطالعه Badeenejad و همکاران (۲۰۲۰) بر روی آب‌های زیرزمینی شیراز، مقادیر WQI محاسبه شده از ۴۰/۰۱ تا ۱۱۷/۳۸ بود. به طور کلی، ۵/۷ درصد از سایت‌های آب زیرزمینی نمونه برداری شده کیفیت آب بسیار خوبی داشتند، در حالی‌که ۶۵/۷ درصد خوب بودند و ۲۸/۶ درصد از نمونه‌ها کیفیت آب ضعیف را نشان دادند (۸). در مطالعه‌ای که بر روی آب آشامیدنی مناطقی از استان کردستان انجام شد، نتایج WQI نشان داد که به ترتیب ۶۱/۶۶، ۳۱/۶۶ و ۶/۶۶ درصد نمونه‌ها در گروه کیفیت عالی، خوب و ضعیف قرار داشتند (۹). در یک مطالعه که در مناطق شمال شرقی کشور انجام شد، مقادیر WQI برای همه نمونه‌ها کمتر از ۱۰۰ (حداکثر مقدار مجاز) و مناسب برای نوشیدن بود. با این حال، کیفیت آب از شمال غربی به سمت جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه کاهش یافته بود (۱۰). مطالعه‌ای دیگر در شمال شرق کشور از ارزیابی WQI نشان داد که ۷۰/۰۶ درصد از آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در طبقه آب عالی، ۸/۲۱ درصد خوب، ۷/۰۲ درصد متوسط، ۵/۲۹ درصد ضعیف، ۳/۶۳ درصد بسیار ضعیف و ۵/۷۹ درصد باقیمانده براساس طبقه بندی WQI در طبقه آب بسیار ضعیف طبقه بندی شده است (۱۱). بررسی کیفیت آب‌های بطری شده در کشور عربستان در سال ۲۰۲۰ با استفاده از شاخص WQI نشان داد که اینگونه آب‌ها دارای TH و F بالاتر از حد استاندارد بودند (۲۶). همچنین نتایج بررسی ۱۳۳ برند آب بطری شده ۱۱۴/۴-۱۱/۹ قرارداشت این گونه آب‌ها در رده عالی تا ضعیف طبقه بندی شدند (۲۷). این تفاوت در کیفیت آب‌ها در مناطق مختلف می‌تواند به دلایلی از جمله کیفیت خاک، آلوده شدن آب‌ها، برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی و ... باشد (۲۸).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ۷۱ برند آب بطری شده موجود در سراسر کشور نمونه برداری شد و از نظر کیفیت شیمیایی و میکروبی تحت آنالیزهای مختلف قرار گرفت. در نهایت، مقدار شاخص WQI هر کدام از نمونه‌ها با استفاده از معادلات مربوطه محاسبه گردید. نتایج نشان دادند که کیفیت آب‌های بطری شده از نظر غلظت فلزات سنگین و بسیاری از یون‌ها، استانداردهای ملی کشور را تامین می‌کند. اما در چند نمونه غلظت های بالای NO_2 و NO_3 مشاهده شد. نتایج بررسی شاخص WQI نشان داد که هیچ کدام از برندها در رده خیلی ضعیف و نامناسب قرار نداشتند. غیر از ۲ نمونه آب، بقیه برندها در رده بسیار خوب و خوب قرار گرفتند. با این حال، در موارد زیادی، مقادیر پارامترهای اندازه گیری شده در این مطالعه از مقادیر درج شده بر روی برچسب بطری‌ها بالاتر بود. به طور کلی این مطالعه نشان داد که اکثر قریب به اتفاق برندهای آب بطری شده موجود در بازار ایران از کیفیت خوبی برای آشامیدن برخوردار هستند، اما موارد محدودی نیز وجود دارند که نیازمند توجه بیشتر شرکت‌های سازنده و سازمان های مسئول هستند. به همین دلیل، ارزشیابی مستمر روش‌های تصفیه آب در این شرکت‌ها و پایش مداوم کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده در تمام فصول سال پیشنهاد می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند.کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1398.036 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "ارزیابی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری شده در ایران با استفاده از شاخص WQI" در مقطع MPH در سال ۱۳۹۸ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی اجرا شده است.

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

ضمائم

فرم جمع آوری داده

توضیحات: پارامتری که از نظر جنابعالی اهمیت بیشتری دارد و درجه ارجحیت آن را با تیک زدن مشخص کنید.

مقایسه زوجی معیارهای مقایسه پارامترهای کیفیت آب

ردیف	خصوصیات گروه اول	خصوصیات گروه دوم	اثر بهداشتی	اثر مقبولیت	درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	فیزیکی	شیمیایی											
۲	فیزیکی	میکروبی											
۳	شیمیایی	میکروبی											

مقایسه زوجی پارامترهای بهداشتی کیفیت آب بر اساس میزان اثر بهداشتی

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	آرسنیک		کادمیوم										
۲	آرسنیک		سرب										
۳	آرسنیک		سیانید										
٤	آرسنیک		جیوه										
٥	آرسنیک		نیکل										
٦	آرسنیک		کروم										
۷	آرسنیک		بر										
۸	آرسنیک		باریم										
۹	آرسنیک		نقره										

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

ادامه مقایسه زوجی پارامترهای بهداشتی کیفیت آب بر اساس میزان اثر بهداشتی

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱۰	آرسنیک		نیترات										
۱۱	آرسنیک		نیتریت										
۱۲	آرسنیک		فلوراید										
۱۳	کادمیوم		سرب										
۱٤	کادمیوم		سیانید										
۱٥	کادمیوم		جیوه										
۱٦	کادمیوم		نیکل										
۱۷	کادمیوم		کروم										
۱۸	کادمیوم		بر										
۱۹	کادمیوم		باریم										
۲۰	کادمیوم		نقره										
۲۱	کادمیوم		نیترات										
۲۲	کادمیوم		نیتریت										
۲۳	کادمیوم		فلوراید										
۲٤	سرب		سیانید										
۲٥	سرب		جیوه										
۲٦	سرب		نیکل										
۲۷	سرب		کروم										
۲۸	سرب		بر										
۲۹	سرب		باریم										
۳۰	سرب		نقره										
۳۱	سرب		نیترات										
۳۲	سرب		نیتریت										

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

ادامه مقایسه زوجی پارامترهای بهداشتی کیفیت آب بر اساس میزان اثر بهداشتی

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۳۳	سرب		فلوراید										
۳٤	سیانید		جیوه										
۳٥	سیانید		نیکل										
۳٦	سیانید		کروم										
۳۷	سیانید		بر										
۳۸	سیانید		باریم										
۳۹	سیانید		نقره										
٤۰	سیانید		نیترات										
٤۱	سیانید		نیتریت										
٤۲	سیانید		فلوراید										
٤۳	جیوه		نیکل										
٤٤	جیوه		کروم										
٤٥	جیوه		بر										
٤٦	جیوه		باریم										
٤۷	جیوه		نقره										
٤۸	جیوه		نیترات										
٤۹	جیوه		نیتریت										
٥۰	جیوه		فلوراید										
٥۱	نیکل		کروم										
٥۲	نیکل		بر										
٥۳	نیکل		باریم										
٥٤	نیکل		نقره										
٥٥	نیکل		نیترات										

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

ادامه مقایسه زوجی پارامترهای بهداشتی کیفیت آب بر اساس میزان اثر بهداشتی

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
٥٦	نیکل		نیتریت										
٥٧	نیکل		فلوراید										
٥٨	کروم		بر										
٥٩	کروم		باریم										
٦٠	کروم		نقره										
٦١	کروم		نیترات										
٦٢	کروم		نیتریت										
٦٣	کروم		فلوراید										
٦٤	بر		باریم										
٦٥	بر		نقره										
٦٦	بر		نیترات										
٦٧	بر		نیتریت										
٦٨	بر		فلوراید										
٦٩	باریم		نقره										
۷۰	باریم		نیترات										
۷۱	باریم		نیتریت										
۷۲	باریم		فلوراید										
۷۳	نقره		نیترات										
۷٤	نقره		نیتریت										
۷٥	نقره		فلوراید										
۷٦	نیترات		نیتریت										
۷۷	نیترات		فلوراید										
۷۸	نیترات		فلوراید										

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

مقایسه زوجی پارامترهای مقبولیت کیفیت آب بر اساس میزان اثر مقبولیت

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	سختی		TDS										
۲	سختی		سدیم										
۳	سختی		پتاسیم										
٤	سختی		منیزیم										
٥	سختی		کلسیم										
٦	سختی		pH										
۷	TDS		سدیم										
۸	TDS		پتاسیم										
۹	TDS		منیزیم										
۱۰	TDS		کلسیم										
۱۱	TDS		pH										
۱۲	سدیم		پتاسیم										
۱۳	سدیم		منیزیم										
۱٤	سدیم		کلسیم										
۱٥	سدیم		pH										
۱٦	پتاسیم		منیزیم										
۱۷	پتاسیم		کلسیم										
۱۸	پتاسیم		pH										
۱۹	منیزیم		کلسیم										
۲۰	منیزیم		pH										
۲۱	کلسیم		pH										

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

مقایسه زوجی پارامترهای میکروبی آب بر اساس میزان اثرات بهداشتی

ردیف	پارامتر اول		پارامتر دوم		درجه ارجحیت								
					۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹
۱	کل کلیفرم	کلیفرم مدفوعی											
۲	کل کلیفرم	پسودوموناس											
۳	کلیفرم مدفوعی	پسودوموناس											
۳	هتروتوفیک پلیت کانت	کلیفرم مدفوعی											
٤	هتروتوفیک پلیت کانت	پسودوموناس											
٥	هتروتوفیک پلیت کانت	کل کلیفرم											

www.SID.ir
[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

References

1. Özdemir 1. Bouslah S, Lakhdar D, Larbi H. Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. Journal of Water and Land Development. 2017;35:221-28.

2. Parry M, Parry ML, Canziani O, Palutikof J, Van der Linden P, Hanson C. Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC. UK: Cambridge University Press; 2007.

3. Moghaddam VK, Changani F, Mohammadi A, Hadei M, Ashabi R, Majd LE, et al. Sustainable development of water resources based on wastewater reuse and upgrading of treatment plants: a review in the Middle East. Desalination and Water Treatment. 2017;65:463-73.

4. Saatsaz M. A historical investigation on water resources management in Iran. Environment, Development and Sustainability. 2020;22(3):1749-85.

5. Mohebbi MR, Saeedi R, Montazeri A, Vaghefi KA, Labbafi S, Oktaie S, et al, Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI). Ecological Indicators. 2013;30:28-34.

6. Gholikandi GB, Haddadi S, Dehghanifard E, Tashayouie HR, Assessment of surface water resources quality in Tehran province, Iran. Desalination and Water Treatment, 2012;37(1-3):8-20.

7. Akter T, Jhohura FT, Akter F, Chowdhury TR, Mistry SK, Dey D, et al. Water Quality Index for measuring drinking water quality in rural Bangladesh: a cross-sectional study. Journal of Health, Population and Nutrition. 2016;35(1):1-12.

8. Badeenezhad A, Tabatabaee HR, Nikbakht H-A, Radfard M, Abbasnia A, Baghapour MA, et al. Estimation of the groundwater quality index and investigation of the affecting factors their changes in Shiraz drinking groundwater, Iran. Groundwater for Sustainable Development. 2020;11:100435.

9. Soleimani H, Nasri O, Ghoochani M, Azhdarpoor A, Dehghani M, Radfard M, et al. Groundwater quality evaluation and risk assessment of nitrate using monte carlo simulation and sensitivity analysis in rural areas of Divandarreh County, Kurdistan province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020:1-19.

10. Mousazadeh H, Mahmudy-Gharaie MH, Mosaedi A, Harami RM. Hydrochemical assessment of surface and ground waters used for drinking and irrigation in Kardeh Dam Basin (NE Iran). Environmental Geochemistry and Health. 2019;41(3):1235-50.

11. Abedinpour M, Nabavi SN. Assessment of groundwater quality using GIS at north-east of Iran. Desalination and Water Treatment. 2018;118:126-34.

12. Abtahi M, Yaghmaeian K, Mohebbi MR, Koulivand A, Rafiee M, Jahangiri-rad M, et al. An innovative drinking water nutritional quality index (DWNQI) for assessing drinking water contribution to intakes of dietary elements: a national and sub-national study in Iran. Ecological Indicators. 2016;60:367-76.

13. Abtahi M, Golchinpour N, Yaghmaeian K, Rafiee M, Jahangiri-rad M, Keyani A, et al. A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran. Ecological Indicators. 2015;53:283-91.

14. Miranzadeh M, Hassani A, Iranshahi L, Ehsanifar M, Heidari M. Study of microbial quality and heavy metal determination in 15 brands of Iranian bottled drinking water during 2009-2010. Journal of Health. 2011;2(1):40-48 (in Persian).

15. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

Archive of SID

ed. Washington DC: American Public Health Association; 2017.

16. WHO, FAO. Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2004.

17. Institute of Standards & Industrial Research of Iran (ISIRI). Water – Packaged (bottled) drinking waters - Specifications, ISIRI No, 6694. Tehran: Institute of Standards & Industrial Research of Iran; 2020 (in Persian).

18. Nabizadehb R, Hadeib M, Zareif A, Asgharib FB, Mohammadic AA. Northwest of Iran as an endemic area in terms of fluoride contamination: a case study on the correlation of fluoride concentration with physicochemical characteristics of groundwater sources in Showt. Desalination and Water Treatment. 2019;155:183-89.

19. Nienie AB, Sivalingam P, Laffite A, Ngelinkoto P, Otamonga J-P, Matand A, et al. Seasonal variability of water quality by physicochemical indexes and traceable metals in suburban area in Kikwit, Democratic Republic of the Congo. International Soil and Water Conservation Research. 2017;5(2):158-65.

20. Kumpel E, Cock-Esteb A, Duret M, de Waal D, Khush R. Seasonal variation in drinking and domestic water sources and quality in Port Harcourt, Nigeria. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 2017;96(2):437-45.

21. Shams M, Qasemi M, Afsharnia M, Mohammadzadeh A, Zarei A. Chemical and microbial quality of bottled drinking water in Gonabad city, Iran: Effect of time and storage conditions on microbial quality of bottled waters. MethodsX. 2019;6:273-77.

22. Sadeghi M, Raeisi M, Ghahrechi M, Rezaie N, Pahlevanzadehe B. Chemical quality of the leading bottled water brands distributed in Gorgan, Iran. Journal of Human Environment and Health Promotion. 2019;5(2):66-71.

23. Samadi M, Rahmani A, Sedehi M, Sonboli N. Evaluation of chemical quality in 17 brands of Iranian bottled drinking waters. Journal of Research in Health Sciences. 2009;9(2):25-31.

24. Shahbazi H, Mosaferi M, Firuzi P, Aslani H. Spatio-temporal variation of WQI, scaling and corrosion indices, and principal component analysis in rural areas of Marand, Iran. Groundwater for Sustainable Development. 2020;11:100480.

25. Jeena M, Deepa P, Rahiman KM, Shanthi R, Hatha A. Risk assessment of heterotrophic bacteria from bottled drinking water sold in Indian markets. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2006;209(2):191-96.

26. Ahmed AT. Water quality index analysis for portable and bottled waters. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua. 2020;69(5):453-68.

27. Al-Shanona RA, Al-Assaf AY, Al-Saffawi AY. Assessment of the health safety of bottled drinking water in Iraqi local markets using the WQI model. AIP Conference Proceedings; 2019 September 25–29; Baghdad, Iraq.

28. Shafavi F, Sobhan Ardakani S. Groundwater quality assessment using MI and PoS indices in Razan Watershed, Hamedan, Iran. Environment and Water Engineering. 2020;6(3):257-72 (in Persian).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]

www.SID.ir

Archive of SID

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Evaluation of chemical and microbial quality of bottled water in Iran and calculation of water quality index

Mehrnoosh Abtahi[1,2], Mahmood Alimohammadi[3,4,5], Reza Saeedi[1,6], Ramin Nabizadeh[3,7], Masoomeh Askari[3], Babak Mahmoudi[3], Maryam Ghani[8,*]

1- Workplace Health Promotion Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4- Center for Water Quality Research (CWQR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5- Health Equity Research Center (HERC), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
6- Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
7- Center for Air Pollution Research (CAPR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
8- Department of MPH, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 04 August 2021
Revised: 18 September 2021
Accepted: 21 September 2021
Published: 22 September 2021

Keywords: Water quality index, Bottled water, Microbial quality, Chemical quality

***Corresponding Author:**
maryamghani1396@gmail.com

ABSTRACT

Background and Objective: The aim of this study was to evaluate the chemical and microbial quality of bottled water in Iran and to calculate the water quality index (WQI).

Materials and Methods: Different brands of bottled water (4 samples from 71 brands) were randomly collected from the market. Chemical and microbial characteristics of the samples were examined and determined. Finally, the calculations related to the WQI index were performed and the water samples were classified as excellent, good, poor, very poor and unsuitable.

Results: None of the samples exhibited concentration of heavy metals beyond Iranian water standards, and the concentration of sulfate (SO_4), chloride (Cl) and fluoride (F) did not exceed international standards. However, in some samples, nitrite (NO_2) and nitrate (NO_3) concentrations were higher than recommended standards. With Regard to other water quality parameters, 8% to 89% of the samples exhibited concentration higher than the values provided on the water bottle label. 5 species of different bacteria were found in 15 water samples. According to the WQI index, about 63% of the samples were of excellent quality. Also, the water quality of 34% and 3% of the samples fell in good and poor quality categories, respectively. None of the bottled water samples was of very poor quality.

Conclusion: The quality of bottled water investigated in this study was generally suitable, but due to the wide range of bottled water in Iran based on brand and seasons, continuous evaluation of water treatment methods in companies and careful monitoring of chemical and microbial quality of bottled water in all seasons is recommended.

Please cite this article as: Abtahi M, Alimohammadi M, Saeedi R, Nabizadeh R, Askari M, Mahmoudi B, et al. Evaluation of chemical and microbial quality of bottled water in Iran and calculation of water quality index. Iranian Journal of Health and Environment. 2021;14(2):225-46.

Copyright © 2021 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

www.SID.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2021-12-28]