مجله سلامت و بهداشت اردبیل

دوره دوم، شماره اول، بهار ۱۳۹۰، صفحات ٤٠ تا ٤٨

بررسی کیفیت میکروبی و غلظت فلزات سنگین در ۱۵ مارک آب بطری‌شده تولیدی در ایران بین سال‌های ۸۹-۸۸

محمد باقر میران‌زاده[۱]، امیر حسام حسنی[۲]، لیلا ایرانشاهی[۳]، مجتبی احسانی فر[٤]، محسن حیدری[٥]

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان

۲. نویسنده مسئول: دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران. **E-mail:** Ahhassani@gmail.com

۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان

٤. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران

۵. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان

چکیده

زمینه و هدف: امروزه در اکثر کشورهای جهان و از جمله در ایران، استفاده از آب‌های بطری‌شده روند صعودی داشته است، به‌طوری‌که در ایران در حال حاضر بیش از ۱۰۰ مارک مختلف آب بطری‌شده تولید و توزیع می‌گردد. به همین دلیل به منظور حفظ سلامتی مصرف‌کنندگان، کنترل کیفیت میکروبی و شیمیایی چنین آب‌هایی دارای اهمیت زیادی است و هدف این مطالعه نیز بررسی کیفیت ۱۵ مارک آب بطری‌شده پرمصرف در ایران می‌باشد.

روش کار: این مطالعه بصورت مقطعی و توصیفی– تحلیلی، بر روی ۱۵ مارک آب بطری‌شده تولیدی در ایران در سال ۸۹-۱۳۸۸ انجام گرفت. در طول مدت تحقیق، در چهار فصل مختلف تعداد ۶۰ نمونه از آب‌های بطری‌شده ۱/۵ لیتری به صورت تصادفی از فروشگاه‌ها خریداری گردید و بر روی آن‌ها آزمایشات غلظت کلر باقیمانده، کیفیت میکروبی و سنجش غلظت فلزات سنگین با روش‌های استاندارد انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تحقیق نشان داد که باکتری‌های گروه کلیفرم و کلیفرم مدفوعی در هیچ‌یک از نمونه‌ها وجود نداشته است. از نظر غلظت فلزات سنگین، غلظت کروم، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و نقره در تمام نمونه ها به ترتیب در رنج‌های ۰/۲٤ تا ۲/۷۷، ۰/۱۵ تا ۶، ۰/۳۷ تا ۱۰/٤، ۰/۱۳ تا ۲/۰۱، ۰/۲٤ تا ۳/۲۱، ۰/۵۵ تا ۲/۰۳ و ۰/۱۲ تا ۱/۵۵ میکروگرم در لیتر برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: کیفیت میکروبی و غلظت فلزات سنگین در تمام نمونه‌های مورد آزمایش، مطابق با استاندارد ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست بوده و از این نظر خطری سلامت عمومی را تهدید نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: آب بطری‌شده، فلزات سنگین، کیفیت میکروبی، کلر باقیمانده

دریافت: ۹۰/۱/۱۷ **پذیرش:** ۹۰/۲/۲۱

مقدمه

امروزه در بسیاری از کشورها از آب‌های بطری‌شده به‌علت سهولت دسترسی، هزینه نسبتاً پایین، طعم بهتر و کم‌بودن میزان ناخالصی‌ها استفاده می‌شود [۱]. همچنین در مناطقی که آب آشامیدنی با کیفیت مناسب در دسترس نباشد و امکانات تصفیه آب نیز فراهم نباشد، امکان استفاده از آب‌های بطری‌شده انتخاب مناسبی است. به همین علت مصرف آب‌های بطری‌شده در نواحی مختلفی از جهان به دلیل تقاضای مردم برای آب سالم و گوارا و بهداشتی، رشد قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد [۲و۳]. آب آشامیدنی بسته‌بندی‌شده (بطری‌شده) آبی است که در ظروف مناسب، با یا بدون افزایش املاح معدنی بسته‌بندی شده و در اختیار مصرف‌کنندگان قرار داده می‌شود. منابع تولید آب بطری‌شده شامل آب‌های زیرزمینی مثل چشمه، چاه و قنات و یا آب‌های سطحی مثل رودخانه‌ها و آبگیرها می‌باشد [٤]. آب‌های بسته‌بندی‌شده ممکن است به‌طور طبیعی محتوی گازکربنیک بوده و یا به صورت مصنوعی به آن اضافه گردد [۳].

یکی از پارامترهای بسیار مهم در تولید و مصرف آب‌های بسته‌بندی‌شده همچون سایر آب‌های آشامیدنی، کنترل کیفیت شیمیایی و میکروبی آن‌هاست. یکی از موارد قابل توجه در این مورد، احتمال وجود آلودگی فلزات سنگین است که می‌تواند برای مصرف‌کنندگان بسیار مخاطره‌آمیز باشد [۳و۵]. در جدول تناوبی، به فلزات گروه ۳ تا ۱۶ در تناوب ٤ و بعد از آن فلزات سنگین می‌گویند [۶]. فلزات سنگین ترکیبات معدنی هستند که وزن مخصوص آن‌ها ٤ تا ۵ برابر وزن مخصوص آب و نیز اوربیتال D آن‌ها در حال پرشدن است. بسیاری از این عناصر نه تنها برای موجودات و انسان ضروری نیستند، بلکه دارای خاصیت بسیار سمی نیز هستند [۷و۸].

ارگانیسم‌های زنده به مقادیر بسیار کمی از بعضی فلزات سنگین برای رشد و بقا نیاز دارند که به اصطلاح به آن‌ها عناصر جزئی[1] گفته می‌شود. عناصر جزیی به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول عناصری مانند کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، سلنیوم و روی هستند که برای زندگی انسان ضروری می‌باشند، و گروه دوم عناصری که دارای خواص سمی بالقوه برای انسان هستند مثل نقره، آلومینیم، آرسنیک، کادمیوم، جیوه، سرب و نیکل [۸]. البته وجود عناصر غیرضروری و سمی در آب در مقادیر ناچیز، الزاماً نشان‌دهنده مخاطره‌آمیز بودن آب نیست. همان‌طور که عناصری مانند کبالت، کروم، آهن و سلنیوم که در مقادیر کم ضروری به‌شمار می‌روند، در غلظت‌های بالا سمی هستند. ورود و تجمع فلزات سنگین به بدن انسان و موجودات زنده می‌تواند باعث اختلالات عصبی، بهم‌خوردن تعادل هورمون‌ها، اختلالات تنفسی، آسیب به کبد، کلیه و مغز، آلرژی و آسم، کم‌خونی، اختلالات پوستی، ریزش مو، پوکی استخوان و در نهایت ایجاد سرطان شود [۳و۷].

طبق مطالعات اپیدمیولوژیک بین ابتلا به بیماری‌های قلبی، اختلالات کلیوی و انواع مختلف سرطان‌ها با فلزات سنگین موجود در آب ارتباط وجود داشته است [۹].

همچنین بر اساس مطالعات صورت‌گرفته، آلودگی آب‌های بطری‌شده می‌تواند از طریق آلوده‌بودن منابع تأمین آب و یا نشت از طریق ظروف بسته‌بندی ایجاد شود. علاوه بر این احتمال تراوش فلزات و ترکیبات آلی سمی از بطری‌های از جنس پلی اتیلن تری فتالات (PET)[2] به داخل آب وجود دارد. نگهداری آب‌های بسته‌بندی‌شده در دمای اتاق برای مدت طولانی، خطر نشت فلزات سنگین از دیواره بطری‌ها به داخل آب را افزایش می‌دهد [۱۰، ۱۱، ۱۲و۱۳].

1. Trace elements
2. Polyethylen triphetalat (PET)

بررسی‌های متعدد در مورد کیفیت میکروبی آب‌های بسته‌بندی‌شده نشان داده است که در انواع آب‌های معدنی بدون گاز، تعداد کل کلی‌فرم ها بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر بوده است. در آب‌های گازدار به دلیل pH پایین و اثرات ضد میکروبی گاز CO_2 به‌طور قابل توجهی تعداد میکروب‌ها کمتر است [۱۴]. فلور میکروبی طبیعی معمولاً شامل انواع سودوموناس، میکروکوکوس، اسینتوباکتر و ارتروباکتر است. سایر انواع باکتری‌ها از جمله اشریشیاکلی و کلی‌فرم‌های مدفوعی نیز ممکن است از طریق منشأ آب، آلودگی محیط اطراف، خطوط لوله، تجهیزات بهره‌برداری و ظروف بسته‌بندی به آب منتقل شوند [۱۵و۱۶]. اگرچه یکی از فرآیندهای تصفیه مشترک در کارخانجات تولید آب بطری‌شده، ضدعفونی نهایی آب قبل از پرکردن بطری است که در بهبود و سالم‌سازی کیفیت میکروبی آن بسیار مهم است، لیکن وجود هرگونه نقص در سیستم‌های ضدعفونی یا نامناسب‌بودن فرآیند ضدعفونی، در نهایت می‌تواند منجر به باقی‌ماندن آلودگی میکروبی در آب شود [۲و۱۷]. لذا با توجه به اهمیت کنترل کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بطری‌شده بر روی سلامت مصرف‌کنندگان این تحقیق در این زمینه انجام گرفت.

روش کار

این تحقیق به‌صورت توصیفی- مقطعی در مورد بررسی کیفیت میکروبی و تعیین غلظت فلزات سنگین در آب‌های بطری‌شده تولیدی در ایران، در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان، با همکاری واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی در سال ۸۹-۸۸ انجام گرفت. برای نمونه‌گیری ابتدا فهرست کاملی از اطلاعات مربوط به آب‌های بطری‌شده تولیدی در ایران به همراه آدرس کارخانه و استان محل تولید، با استفاده از اطلاعات و آمار معاونت غذا و داروی وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی [۲۲] تهیه گردید. سپس از فهرست بیش از ۱۰۰ مارک آب بطری‌شده موجود در بازار ایران، با مشورت مشاورین آماری، تعداد ۱۵ مارک از آب‌های بطری‌شده به‌طور تصادفی از یازده استان کشور انتخاب گردید و از هر مارک در هر فصل یک نمونه‌ی ۱/۵ لیتری از فروشگاه‌های سطح شهرهای شیراز، تهران، اصفهان، قم، مشهد، خرم‌آباد و کاشان با تاریخ تولید متفاوت خریداری گردید. در مجموع در چهار فصل ۶۰ نمونه ۱/۵ لیتری از ۱۵ مارک انتخابی (در هر فصل ۱۵ نمونه) خریداری گردید. به‌منظور رعایت اخلاق در پژوهش، از ذکر نام آب‌های بطری‌شده در تحقیق خودداری گردید و نمونه‌ها به‌صورت اختصاری به‌صورت BW از BW_1 تا BW_{15} نامگذاری شدند. سنجش غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه ICP مدل Optima 2100 DV از نوع Sequential و آزمایشات میکروبی شامل تعیین تعداد باکتری گروه کلی‌فرم ها، کلی‌فرم مدفوعی و HPC[1] بود، که بر اساس دستورالعمل ارائه شده در آخرین چاپ کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب [۱۸] در آزمایشگاه شیمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان انجام گرفت. کنترل کیفیت آنالیز دستگاهی با استفاده از آنالیز روزانه محلول‌های استاندارد و آنالیز سه تکراری نمونه‌ها و محلول‌های شاهد انجام شد. دقت وحساسیت آنالیز دستگاهی نیز با استفاده از مواد رفرانس استاندارد تأیید شده مورد ارزیابی قرار گرفت، که نتایج آن در جدول شماره ۱ ارائه شده است. در این آب‌ها درصد خطای نسبی یا RE[2] کمتر از ٪۵± برای تمام عناصر آنالیز شده بود که در حد قابل قبول قرار داشت. انحراف معیار نسبی یا RSD[3] نیز بین ۱/۱۴ تا ۲/۶۸ درصد محاسبه گردید.

1. Heterotrophic Plate Count
2. Relative Error
3. Relative Standard Deviation

برای کالیبره‌کردن مجدد دستگاه نیز بعد از آنالیز ۱۲ نمونه آب، یک نمونه استاندارد مورد آنالیز قرار می‌گرفت، که در این بین اگر انحراف غلظت نمونه اصلی و نمونه استاندارد بیشتر از ۱۰درصد بود، در این صورت دستگاه مجدداً کالیبره می‌گردید. در انتها نتایج با استفاده از نرم افزار Excel و آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) تجزیه و تحلیل و مقادیر با استاندراد ملی ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید.

جدول ۱. آنالیز دقت و حساسیت محلول استاندارد استفاده شده در تعیین غلظت نمونه‌ها

نام عنصر	غلظت استاندارد (میکروگرم در لیتر)	غلظت اندازه‌گیری شده (n=4) (میکروگرم در لیتر)		*RSD%	حد تشخیص دستگاه (میکروگرم در لیتر)	**RE%
		میانگین	انحراف معیار			
Ag	۱۰	۹/۶۷	۰/۱٤	۱/٤۷	۰/۰۸	-۳/٤
Ni	۱۰۰	۹۹/٤۵	۲/۶۷	۲/۶۸	۰/۰۹	-۰/۵۵
Cr	۱۰۰	۹۸/۵۰	۱/۷۳	۱/۷۵	۰/۰۸	-۱/۵۲
Cd	۱۰	۱۰/۱۰	۰/۱۸	۱/۷۸	۰/۰۵	۰/۹۹
Zn	۱۰۰	۱۰۰/۳۰	۱/۹۷	۱/۹۶	۰/۰۹	۰/۳
W	۱۰۰	۹۹/۸۵	۱/۸۷	۱/۸۷	۰/۰۹	-۰/۱۵
Pb	۱۰	۱۰/۵۰	۰/۱۲	۱/۱٤	۰/۰۵	٤/۷۶

* Relative Standard Deviation
** Relative Error

یافته‌ها

نتایج مربوط به اندازه‌گیری غلظت کلرباقیمانده و تعیین تعداد باکتری‌های گروه کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی و باکتری‌های هتروتروف (HPC) در جدول شماره ۲ ارائه شده و نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از نمونه‌ها کلر باقیمانده وجود نداشته است و نتایج آزمایش باکتری‌های کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی نیز تماماً منفی و تنها در یک مورد آزمایش شمارش باکتری های هتروتروف (HPC) مثبت بوده است.

در جدول شماره ۳ میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و نقره در ۱۵ مارک آب بسته‌بندی شده تولیدی در ایران ذکر شده است. همانطوری که در جدول مشخص است، بیشترین غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده مربوط به سرب به میزان ۱/۹ ± ۸/۵ میکروگرم در لیتر در آب بسته‌بندی‌شده مارک BW_6 و کمترین غلظت مربوط به نقره به میزان ۰/۲۹ ± ۰/٤۱ میکروگرم در لیتر در آب بسته‌بندی شده BW_{10} بوده است. غلظت کادمیوم در چهار مارک BW4 و BW_{11} و BW_{13} و BW_{14}، سرب در سه مارک BW_4، BW_{12} و BW_{13}، نیکل در سه مارک BW_3 و BW_8 و BW_{12}، مس در دو مارک BW_5 و BW_7، نقره در سه مارک BW_3 و BW_8 و BW_{13}، روی در مارک BW_{12} و کروم در مارک BW_{15} کمتر از حد تشخیص دستگاه بوده است.

جدول ۲. نتایج آزمایشات کیفیت میکروبی و کلرباقیمانده بر روی ۱۵ مارک آب بطری شده تولیدی ایران

تعداد مارک آب	تعداد نمونه‌ها	میزان کلر باقیمانده		کل کلی‌فرم		کلی‌فرم مدفوعی		باکتری‌های هتروتروف	
		صفر	دارد	منفی	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت
۱۵	۶۰	۶۰	۰	۶۰	۰	۶۰	۰	۵۹	۱

جدول۳. نتایج غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده بر روی نمونه‌های ۱۵ مارک آب بطری شده تولیدی در ایران (برحسب میکروگرم در لیتر)

ردیف	مارک	نوع فلز						
		کروم	کادمیوم	سرب	نیکل	مس	روی	نقره
۱	BW1	۰/۹۵ ± ۰/۱	۱/۶۲ ± ۰/۹	۵/۱۲ ± ۰/٤۳	۰/۸۷ ± ۰/۲	۱/۷۵ ±۰/۲۸	۱ ± ۰/۱۹	۰/۵ ± ۰/۲۷
۲	BW2	۱/۵۵ ± ۰/٤۷	۱/۰۵ ± ۰/۶۹	۲/۱ ± ۰/۱۶	۰/۸۲ ± ۰/٤	۱/۱ ± ۰/۲	۰/۹ ± ۰/۱۱	۰/٤۵ ± ۰/۲۱
۳	BW3	۱/۵ ± ۰/۲	۱/۷۵ ± ۰/۸۱	۲ ± ۰/٤	N.D	۲/۵ ± ۰/۷۱	۱/۷۵ ± ۰/۲۸	N.D
٤	BW4	۲/۳ ± ۰/٤۷	N.D	N.D	۰/۵ ± ۰/۱۳	۰/۶۵ ±۰ /٤۱	۰/۹٤ ± ۰/۱۱	۰/۸ ± ۰/۱
۵	BW5	۱/۶ ± ۰/٤۸	۱/۷۵ ± ۰/۵٤	۱/۱ ±۰/۲	۰/۷۵± ۰/۲۷	N.D	۰/۹۵ ± ۰/۱۹	۰/۸۵ ± ۰/۱۷
۶	BW6	۲/۰۲ ± ۰/۱	۱/۹۲ ± ۰/۲۹	۸/۵ ± ۱/۹	۰/۵ ± ۰/۳۷	۱/٤۵ ± ۱/۰۳	۰/۷۶ ± ۰/٤	۱/٤۵ ± ۰/۱۰
۷	BW7	۰/۵۱ ± ۰/۲۷	۰/٤۵ ± ۰/۳۶	۰/۹۵ ± ۰/۱	۱/۵ ±۰/۵۱	N.D	۱/۳۲ ± ۰/۵۱	۰/۸۹ ± ۰/۱۱
۸	BW8	۰/۹ ± ۰/۱۳	۱/۳۱ ± ۰/۵۸	۵ ± ۲/۲	N.D	۲/۱ ±۰/۳۵	۱/٤۷ ± ۰/۵	N.D
۹	BW9	۰/۸۵ ± ۰/۳۱	۲/۲۵ ± ۱/۲	۷/۱ ± ۱/٤	۱/۱ ± ۰/٤۵	۱/۷۸ ± ۰/٤	۰/۹۲ ± ۰/۶۲	۰/۵ ± ۱۲
۱۰	BW10	۲/۱ ± ۰/۳٤	٤/۷۵ ± ۱/۲۵	۱/۲۵ ± ۰/۹۵	۱/۳ ± ۰/۶۱	۲/۳۲ ± ۰/۶۹	۱/۳۲ ± ۰/۵۷	۰/٤۱ ± ۰/۲۹
۱۱	BW11	۰/۷۵ ± ۰/٤۲	N.D	۰/۶ ± ۰/۱	۱ ±۰/۶۹	۲/٤ ± ۰/۵	۱/۲۵ ± ۰/٤	۱/۲۰ ± ۰/۰۸
۱۲	BW12	۰/۶۱ ± ۰/۱۳	۱/۲۵ ± ۰/۵	N.D	N.D	۱/۸ ±۰/۹	N.D	۰/۷۵ ± ۰/۲۲
۱۳	BW13	۰/۷۶ ± ۰/۳۵	N.D	N.D	۰/۷۵ ±۰/۳	۰/۸۶ ± ۰/۳۱	۰/۶ ± ۰/۰۵	N.D
۱٤	BW14	۱/۱ ± ۰/٤	N.D	۰/٤۷ ± ۰/۱	۰/۸۲ ± ۰/۱	۰/۹۲ ± ۰/٤۱	۱/۱ ± ۰/۳۱	۰/۸۱ ± ۰/۱۳
۱۵	BW15	N.D	۰/٤۵ ± ۰/۳	۰/۵۲ ± ۰/۱۵	۰/۸۹ ± ۰/۲۵	۰/۷۳ ± ۰/۱۱	۰/۹ ± ۰/۲۷	۰/۵۹ ± ۰/۱٤

* ND: Not Detectable (غیر قابل تشخیص)

بحث

نتایج آزمایشات شمارش باکتری‌های گروه کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی که به‌عنوان میکروارگانیسم‌های شاخص کیفیت میکروبی آب آشامیدنی مطرح می‌باشند، در تمام نمونه‌های مورد بررسی در هر ۱۵ مارک آب بطری‌شده در چهار دوره منفی بود. یعنی وجود هیچ‌گونه باکتری کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی به اثبات نرسید و تعداد آن‌ها صفر بود، که این نتایج با استاندارد های ملی ایران [۵] و نیز رهنمودهای WHO[1] و USEPA[2] مطابقت دارد، ولی در مورد HPC در یک مورد نتایج مثبت بوده ولی مقدار آن فراتر از حد استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ($HPC \leq 500$ $^{3}CFU/ml$) نبوده است [۱۱و۱۷]. نتایج حاصل از این تحقیق در مورد کیفیت میکروبی آب‌های بطری‌شده، با نتایج سایر تحقیقات انجام‌شده توسط یاری و همکاران در شهر قم، فروزان و همکاران در شهر ارومیه و زندوکیلی و همکاران در سایر شهرهای ایران مطابقت داشته است [۱۹و۲۰]. علت عدم وجود آلودگی میکروبی در آب‌های بطری‌شده این است که در مراحل تولید این آب‌ها، حداقل فرآیند تصفیه انجام‌شده قبل از بسته‌بندی کردن آب، ضدعفونی آن با کلر و یا اشعه ماوراءِ بنفش و سایر ترکیبات ضدعفونی‌کننده متداول است، که نتیجه آن عدم وجود آلودگی میکروبی در محصول نهایی است [۲۰]. البته در این تحقیق همان‌طور که در جدول شماره ۲ آمده است، کلرباقیمانده در هیچکدام از نمونه‌ها وجود نداشته است که می‌تواند دلایلی همچون عدم استفاده از کلر در ضدعفونی آب‌ها و یا طولانی‌بودن فاصله زمانی تولید تا مصرف این آب‌ها باشد [۱۱و۱۷]. مطالعه Franco و همکاران در کشور برزیل در هر سه نوع آب بسته‌بندی‌شده مورد آزمایش وجود

1. Word Health Organization
2. U.S. Environmental Protection Agency
3. Colony Forming Unit

کریپتوسپوریدیوم گزارش شده است [۲۰]. علاوه بر این در مطالعه انجام گرفته توسط Oyedeji و همکاران بر روی کیفیت میکروبی آب‌های بسته‌بندی‌شده کشور نیجریه، در یکی از ۱۶ مارک آب بطری‌شده مورد آزمایش وجود آلودگی به کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی مشاهده شده است که علت آن می‌تواند نقص در سیستم ضدعفونی نهایی آب در کارخانه یا عدم بسته‌بندی مناسب باشد [۱۳].

جدول ٤. حداکثر غلظت مجاز بعضی عناصر شیمیایی در آب‌های آشامیدنی معدنی و بسته بندی شده و شبکه توزیع آبرسانی (بر حسب میکروگرم بر لیتر)

ردیف	عنصر	استاندارد ملی ایران			استاندارد سازمان جهانی بهداشت	استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست امریکا
		آب معدنی طبیعی	آب بطری شده	آب شبکه توزیع		
۱	نقره	-	-	-	۱۰	۱۰
۲	کادمیوم	۳	۳	۱۰	۳	۵
۳	کروم	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۱۰۰
٤	مس	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰
۵	روی	-	۳۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۵۰۰۰
۶	سرب	۱۰	۵	۱۰۰	۱۰	۱۵
۷	نیکل	۲۰	۲۰	-	۲۰	۱۰۰

□ ردیف هایی که با خط تیره مشخص شده، استانداردی برای آن‌ها اعلام نشده است.

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۳، غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، روی و نقره در هر چهار دوره آزمایشات از حداکثر غلظت مجاز تعیین‌شده توسط استاندارد ملی ایران، پایین‌تر بوده است [٤]. همچنین غلظت فلزات سنگین فوق‌الذکر مطابق با حداکثر غلظت مجاز رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست بوده است. در جدول شماره ٤ استاندارد حداکثر غلظت مجاز بعضی از عناصر شیمیایی و فلزات سنگین در انواع آب‌های آشامیدنی ارائه شده است [۱۱و۱۷].

اگر چه غلظت فلزات سنگین در تمام مارک‌ها فراتر از حد استاندارد آب آشامیدنی نبوده است، لیکن غلظت آن‌ها در مارک‌های مختلف با همدیگر متفاوت بوده که علت آن متفاوت‌بودن منابع تأمین آب همچون چشمه، قنات و چاه و همچنین اختلاف در فرآیندهای تصفیه می‌باشد [۱۳]. کروم در تمام مارک‌ها بجز مارک BW_{15} وجود داشت، بطوری‌که در مارک BW_4 حداکثر آن به میزان ۰/٤۷±۲/۳ و حداقل آن در مارک BW_7 برابر ۰/۲۷ ± ۰/۵۱ میکروگرم در لیتر بود. در مورد کادمیوم نیز حداکثر غلظت مربوط به مارک BW_{10} به میزان ۱/۲۵ ±٤/۷۵ و کمترین آن مربوط به مارک BW_7 به میزان ۰/۳۶±۰/٤۵ میکروگرم در لیتر بوده است. حداکثر مطلق فلزات سنگین در آب‌های بطری‌شده مورد آزمایش، مربوط به فلز سرب و در مارک BW_6 به میزان ۱/۹ ±۸/۵ و حداقل مطلق مربوط به نقره و به میزان ۰/۲۹ ± ۰/٤۱ میکروگرم در لیتر بوده است.

در مطالعه انجام‌گرفته توسط Eva و همکاران در کشور کانادا، بر روی ٤۰ مارک آب بطری‌شده داخلی و وارداتی، غلظت سرب بطور متوسط ۵ میکروگرم در لیتر گزارش شده است که از غلظت سرب نمونه‌های مورد بررسی در ایران بالاتر بوده ولی از حداکثر غلظت مجاز WHO فراتر نبوده است [۱]. در بررسی کیفیت آب‌های بطری‌شده در شهر قم در سال ۱۳۸۵ توسط یاری و همکاران کیفیت شیمیایی تمام نمونه‌ها در حد قابل قبول بوده و تنها در یکی از نمونه‌ها غلظت منیزیم بالاتر از حد استاندارد بوده است. بالا بودن غلظت منیزیم باعث ایجاد سختی در آب می‌شود و خطر بهداشتی ندارد و ضمناً منیزیم در گروه فلزات سنگین قرار ندارد [۱۵]. مطالعه انجام‌گرفته توسط

فروزان و همکاران بر روی آب‌های بسته‌بندی‌شده موجود در بازار استان آذربایجان غربی غلظت فلزات سرب و کادمیوم در حد استاندارد بوده است [۱۹]. مطالعه قادری‌پور و همکاران بر روی غلظت فلزات با مقادیر کم موجود در آب‌های بطری‌شده موجود در شهر تهران، غلظت آن‌ها در حد مطلوب گزارش شده است [۲۳]. مطالعه انجام‌گرفته در کشور مصر در بیش از ۵ مارک آب‌های بسته‌بندی‌شده، غلظت پارامترهای شیمیایی از قبیل جامدات محلول و سختی بالاتر از حد استاندارد بوده است [۲٤]. جامدات محلول و سختی در گروه فلزات سنگین قرار ندارند و بالا بودن غلظت آن‌ها خطر بهداشتی برای مصرف‌کننده به همراه ندارد. در مطالعه انجام‌گرفته در کشور کرواسی غلظت فلزات سنگین و عناصر با مقادیر کم در تمام نمونه‌ها در حد استاندارد گزارش شده است [۲۵].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین کروم، کادمیوم، نقره، نیکل، مس، روی و سرب در این تحقیق، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که غلظت این فلزات در آب‌های بطری‌شده مورد بررسی فراتر از حد استانداردهای ملی و بین‌المللی نبوده و آشامیدن این آب‌ها خطری برای مصرف‌کننده در پی نخواهد داشت. با این‌حال انجام بررسی‌های کامل‌تر در این مورد در آینده توصیه می‌گردد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کاشان بواسطه تأمین هزینه‌های این طرح تحقیقاتی اعلام می‌نماید.

منابع

1. Eva P, Survey of bottled water available in Manitaba, Canada; environmental health perspective 2000; 108(9): 6- 863.
2. Salvato. J, Environmental Engineering Sanitation. 5ed. john wilely and sons, Washington DC; 2003.
3. WHO, Guideline values for drinking water quality. 3rd ed.: 2004; World Health Organization Geneva.
4. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Water – Packaged (bottled) drinking waters - Specifications]. ISIRI. Standard No. 6694, 1st Revision; 2003.
5. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Specifications for Drinking Water]. ISIRI. Standard No. 1053, 5th ed; 2003.
6. Berlin M. et al., Handbook of the Toxicology of Metals, V.2, 2nd ed. London, Elsevier Science Publishers B.V. 1985; 376-405.
7. Sanaii Gh. [Industrial toxicology]. V.1, 7th ed. Tehran, Tehran University Press 2007; 49-121.
8. Massaro, Edward J; Handbook of Human Toxicology, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, CRC Press, Boca Raton, 1997; New York.
9. Arve misuned, et al, Variation of 66 elements in European bottled mineral waters; The Science of total Environment, 1999; Volume 243-244, pp 21-41.
10. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Code of Hygienic Practice for Packaged Drinking Water]. ISIRI. Standard No. 6305, 1st Revision; 2003.
11. EPA, Drinking water standards. Washington DC: Office of Drinking Water, US Environmental Protection Agency, 2003.
12. Sholyk w, et al, lead in Bottled water: Contamination from Glass and Comparison with pristine Groundwater. Environ science Technol, 2007; 41(10):13-35.
13. Oyedeji, P. O. Olutiola and M. A. Moninuola, Microbial quality of packaged drinking water brands marketed in lbadan metropolis and lle-lfe city in South Western Nigeria, African Journal of Microbiology Research 2010; 4(1): 96 -102.
14. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Natural mineral water - Specifications]. ISIRI. Standard No. 2441, Amendment no.1, 2010.

15. Yari AR, Izanlu H, Mahmoudian MH, Kord I, and Khoshru Z. [A survey on physical, chemical, and microbiological quality of bottled water in Ghom during 2007]. 10th National Congress on Environmental Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran, 2008.
16. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Detection and enumeration of coliform organisms in water by multiple tube method]. ISIRI. Standard No. 3759, 1st ed, 1996.
17. World Health Organization, Heterotrophic plate count measurement in drinking water safety management, WHO Public Health, Expert Report, Geneva, Switzerland, 2002.
18. AWWA. WPCE. APHA, "Standard method for the examination of water and wastewater", 20th Ed, Washington DC, 2005.
19. Foruzan et al. [A survey on Nitrite, Nitrate, and heavy metal concentrations in bottled waters in Azarbaijan Gharbi supermarkets]. 18th congress on Food Industry, Mashad, Iran, 2007.
20. Zand Vakili F, Docheshmeh M, and Daneshmand K. [A survey on physical, chemical, and microbiological quality of bottled (packaged) water in Iran]. 8th National Congress on Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran, 2006.
21. Franco R. M. B. and Cantusio Neto, Occurrence of Cryptosporidial Oocysts and Giardia Cysts in Bottled Mineral Water Commercialized in the City of Campinas. Oswaldo Cyuz, 2002; 97: 205–207.
22. Ministry of Health and Medical Education. [A reference for food manufacturing industries]. Food and Drug Organization, Tehran, Iran, 2010; pp58-59.
23. Ghadepoori M, Khaniki GR, Nazmara S. [Determination of trace elements in bottled water in Tehran]. 12th National Congress on Environmental Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran, 2010.
24. Mahmoud A. saleh, et al, Evaluation of chemical bottled drinking water from Egypt; Journal of food composition and analysis, 2001; 14(2):127-152.
25. Zeljka Fiket, et al, Determination of Arsenic and Other Trace Elements in Bottled Waters by High Resolution Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry; Croatica Chemica Acta, 2007; CCACAA 80 (1): 91-100.

Study of Microbial Quality and Heavy Metal Determination in 15 Brands of Iranian Bottled Drinking Water During 2009-2010

Miranzadeh M. B[1], Hassani A. H[2], Iranshahi L[3], Ehsanifar M[4], Heidari M[5]

1. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
2. *Corresponding Author:* Associate Professor, Department of Environmental Engineering, Sciences and Researches Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran. *Email:* Ahhassanigmail.com
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
4. M.Sc Student of Environmental Engineering, Sciences and Researches Branch, Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran
5. Ph.D Student of Environmental Health Engineering, Environment Researches Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

ABSTRACT

Background and objectives: Nowadays, demand for bottled water consumption is growing in most countries especially in Iran. Over 100 different brands of bottled water are produced and distributed in Iran. In order to protect consumer health, the microbial and chemical quality monitoring of such water has great importance. This study aimed to survey the quality of 15 high consumed brands of bottled water in Iran.
Methods: This research is a descriptive-analytical and cross- sectional study which carried out on 15 brands of bottled water during 2009-2010. As a whole 60 samples (1.5 liter) were purchased randomly from supermarkets during four seasons. Samples were analyzed to determine residual chlorine, microbial quality and heavy metal concentrations according to standard methods.
Results: No total and fecal Coliform were found in all samples. Concentration of chromium, cadmium, lead, nickel, copper, zinc, and silver in all examined samples ranged from 0.24 to 2.77, 0.15 to 6.00, 0.37 to 10.4, 0.13 to 2.01, 0.24 to 3.21, 0.55 to 2.03, and 0.12 to 1.55 $\mu g l^{-1}$, respectively.
Conclusion: Microbial quality and heavy metal concentration in all studied brands were in compliance with Iranian and US EPA standards, and WHO guidelines, so there is no public health concerns regarding consumption of bottled water.
Keywords: Bottled water, Heavy metals, Microbial quality, and Residual chlorine.