ORIGINAL ARTICLE

Bacterial Contamination in Bottled Water and Drinking Water Distribution Network in Semnan, 2012

Mohammad Ali Zazouli[1],
Marjan Safarpour[2],
Amir Veisi[3],
Pouran Habibkhani[4]

[1] Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] MSc Student in Environmental Health, Faculty of Health, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran
[3] MSc Student in Statistics, Faculty of Mathematics, Statistics and Computer Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
[4] Water and Wastewater Company of Semnan, Semnan, Iran

(Received December 22 , 2013 ; Accepted February 23, 2013)

Abstract

Background and purpose: Heterotrophic plate count (HPC) is commonly used to assess the general microbiological quality of drinking water. HPC must be less than 500 colonies per milliliter in drinking water. The aim of this study was to compare the heterotrophic bacteria of bottled water and drinking water distribution system and their relationship with water quality parameters.

Materials and methods: In this study 21 samples of bottled water belonging to seven domestic brands and 15 samples of drinking water from water distribution system in Semnan were analyzed and compared for HPC. The Relationship between HPC with pH, temperature, turbidity and free residual chlorine were also determined in drinking water distribution system.

Results: The results showed that HPC was lower in bottled water compared with that of the tap water. HPC has increased when the temperature increased. In contrast, HPC has decreased when free residual chlorine increased. Turbidity and pH did not influence the HPC in drinking water distribution system.

Conclusion: The quality of all bottled water was consistent with the Iranian drinking water standards and also the standard levels proposed by World Health Organization. However, HPC was found more in some parts of distribution system where the residual chlorine was low.

Keywords: Heterotrophic Plate Count (HPC), bottled water, drinking water distribution system, microbial quality, free residual chlorine

J Mazand Univ Med Sci 2013; 23(Supple 1): 62-70 (Persian).

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و دوم ویژه نامه ۱ اسفند سال ۱۳۹۱ (۷۰-۶۲)

بررسی آلودگی باکتریایی در آب‌های بطری شده و مقایسه آن با آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری

محمد علی ززولی [۱]
مرجان صفرپور [۲]
امیر ویسی [۳]
پوران حبیب‌خانی [۴]

چکیده

سابقه و هدف: به طور معمول تعداد باکتری‌های هتروتروف برای ارزیابی کیفیت میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی استفاده می‌شود. تعداد باکتری‌های هتروتروف در آب‌های آشامیدنی باید کم‌تر از ۵۰۰ کلنی در میلی‌لیتر باشد. هدف از این مطالعه، بررسی آلودگی باکتریایی آب‌های بطری شده و مقایسه آن با آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری سمنان در سال ۹۱ و همچنین ارتباط آن با پارامترهای کیفی آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این بررسی ۲۱ نمونه از آب بطری شده متعلق به هفت مارک داخلی و ۱۵ نمونه آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر سمنان از نظر تعداد باکتری‌های هتروتروف بررسی و مقایسه شد. رابطه بین رشد باکتری‌های هتروترف با pH، دما، کدورت، کلر آزاد باقی مانده در سیستم توزیع آب آشامیدنی شهر سمنان نیز بررسی گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تعداد باکتری‌های هتروتروف در آب‌های بطری شده کمتر از آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر سمنان می‌باشد. تعداد باکتری‌های هتروتروف با افزایش دما بیشتر می‌شود. در مقابل با افزایش میزان کلر آزاد باقی‌مانده، HPC (heterophicplate count) کاهش می‌یابد. در ضمن میزان کدورت و pH تأثیری بر روی تعداد باکتری‌های هتروتروف نداشته است.

استنتاج: آب‌های بطری شده مورد مطالعه از نظر کیفیت میکروبی باکتری‌های هتروتروف مطابق با استاندارد ایران و WHO است در حالی که تعداد باکتری‌های هتروتروف ممکن است در بخش‌هایی از شبکه توزیع که میزان کلر باقیمانده کم است، قابل توجه باشد.

واژه های کلیدی: باکتری‌های هتروتروف، آب، بطری شده، کیفیت میکروبی، آب آشامیدنی شبکه توزیع، کلر آزاد باقی‌مانده

مقدمه

باکتری‌های هتروتروف، مجموعه‌ای از باکتری‌های هوازی- بی‌هوازی اختیاری است که به جز دو جنس آن (باسیلوس و میکروکوکوس) بقیه گرم منفی بوده و جنس‌های پروتئوس، انتروباکتر، آئروموناس، سیتروباکتر، سودوموناس، کلبسیلا، فلاووباکتریوم، سراتیا، موراکسسلا، آلکالی‌ژنز و آسینوباکتر را شامل می‌شوند(۱). امروزه متداول‌ترین روش برای سنجش کیفیت میکروبی آب آشامیدنی استفاده از آزمون وجود

مؤلف مسئول: مرجانه صفرپور قادی-ساری: خیابان معلم، ساختمان شماره ۲ دانشگاه علوم پزشکی مازندران، کمیته تحقیقات دانشجویی E-mail: m21_safarpour@yahoo.com
۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد آمار، دانشکده ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران
۴. کارشناس کنترل کیفی شرکت آب و فاضلاب استان سمنان، سمنان، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۱/۱۰/۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۱/۱۱/۲۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹۲/۱۲/۵

یا عدم وجود باکتری‌های گروه کلیفرم و کلیفرم مدفوعی می‌باشد. البته روش‌های مطمئن‌تری نیز برای این منظور وجود دارد که از طرف سازمان بهداشت جهانی نیز مورد تایید قرار گرفته است که یکی از آن‌ها آزمون شمارش بشقابی هتروتروفیک (HPC) می‌باشد. طبق تعریف WHO، HPC یا شمارش باکتری‌های هتروتروف شاخصی برای حضور تمام باکتری‌هایی در آب است که در دمای ۲۲ و ۳۷ درجه سانتی گراد در انکوباتور رشد می کنند(۲). شاخص HPC استانداردی است که برای پایش میکروبی کیفیت آب به طور وسیعی استفاده می‌شود(۳،۴). استاندارد HPC در آب آشامیدنی طبق نظر WHO حداکثر ۵۰۰ کلنی در میلی‌لیتر می‌باشد(۳). حداکثر مجاز HPC در آلمان، ایالات متحده امریکا و استرالیا به ترتیب ۱۰۰، ۵۰۰ و ۵۰۰ واحد است از نظر تئوری اگر غلظت کلر به اندازه کافی بالا باشد، رشد باکتریایی می‌تواند به طور مؤثری کنترل شود(۲). افت کیفیت آب آشامیدنی در حین ذخیره سازی و یا در شبکه‌های آبرسانی یکی از مشکلات اساسی امور آبرسانی می‌باشد و این یک حقیقت انکار ناپذیر است که شبکه توزیع آب آشامیدنی نقش حیاتی در تعیین کیفیت آب آشامیدنی نهایی دارد. عوامل میکروبی مولد سم و بیماری در آب آشامیدنی باعث ایجاد بیماری در مصرف کنندگان می‌شود(۵). خطرات ناشی از این عوامل بیماری‌زا شامل بیماری‌های گاستروانتریت ویروسی و باکتریایی، هپاتیت A و ژیاردیازیس می‌باشد(۶). جمعیت بالای میکروبی در شبکه توزیع نه تنها از لحاظ تأثیرگذاری بر سلامت مصرف کننده به ویژه در گروه‌های آسیب‌پذیر مورد توجه است بلکه تشخیص باکتری‌های شاخص کلیفرم را نیز با خطا مواجه می کند. از این جهت اندازه‌گیری و تعیین مقدار جمعیت میکروبی به عنوان شاخصی کارآمد در تأسیسات توزیع آب مورد توجه است و در روش‌های علمی جدید نیز بر آن تأکید شده است(۷). رشد باکتری‌ها در شبکه توزیع به شرایط فیزیکی، شیمیایی و بهره‌برداری بستگی دارد(۸). مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار شامل: کلر آزاد باقیمانده، حضور کربن آلی قابل جذب، درجه حرارت آب، pH آب، جنس لوله‌ها، وجود خوردگی و برش در فاصله بیوفیلم- مایع می‌باشد(۹). برخی از نویسندگان نیز به فاصله از تصفیه‌خانه، هدایت و کدورت آب نیز اشاره کرده‌اند(۱۰). مهم‌ترین مسئله‌ای که در فاصله بین تصفیه‌خانه و محل مصرف به خصوص در زمان ماند طولانی رخ می‌دهد، کاهش کیفیت آب به دلیل کاهش میزان غلظت کلر باقیمانده می‌باشد(۱۱).

از طرف دیگر فروش آب معدنی‌های بطری شده در سراسر جهان در حال افزایش می‌باشد. نارضایتی از طعم و بوی آب آشامیدنی شبکه توزیع به علت مصرف کلر، نگرانی‌های زیاد مصرف کننده در مورد آب لوله‌کشی سبب افزایش مصرف آب معدنی شده است(۱۲). همچنین در مناطقی که آب آشامیدنی با کیفیت مناسب در دسترس نباشد و امکانات تصفیه آب نیز فراهم نباشد، امکان استفاده از آب‌های بطری شده انتخاب مناسبی است. به همین علت مصرف آب‌های بطری شده در نواحی مختلفی از جهان به دلیل تقاضای مردم برای آب سالم و گوارا و بهداشتی، رشد قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد(۱۳،۱۴). آب آشامیدنی بسته‌بندی شده (بطری شده) آبی است که در ظروف مناسب، با یا بدون افزایش املاح معدنی بسته بندی شده و در اختیار مصرف کنندگان قرار داده می‌شود. منابع تولید آب بطری شده شامل آب‌های زیرزمینی مثل چشمه، چاه و قنات و یا آب‌های سطحی مثل رودخانه‌ها و آبگیرها می‌باشد(۱۵). با این حال آب‌های معدنی طبیعی در محیط‌های استریل نیستند بلکه در اکوسیستم‌های پیچیده با میزان بالای تنوع فنوتیپی، ژنتیکی و باکتری‌های بومی قرار دارند(۱۶). از دیدگاه افکار عمومی آب‌های بطری شده به‌طور کامل مناسب برای نوشیدن در نظر گرفته می‌شود امّا آب‌های بطری شده می‌توانند به عوامل بیولوژیکی و شیمیایی آلوده

باشند(۱۷). در آب‌های بطری شده، فرآیند بطری‌سازی ممکن است به عنوان منبع آلودگی اضافی باشد(۱۸). به علاوه منبع معمول آلودگی آب‌های بطری شده، تجهیزات، بطری‌ها و قوطی‌ها، در معرض قرارگیری با هوا و تماس با انسان‌ها در طول فرآیند بطری شدن می‌باشند(۱۹). هرچند سطح کمی میکروبی در آب فرآوری شده اغلب به طور ذاتی پایین می‌باشد، آن‌ها می‌توانند به سرعت حاوی مقدار زیادی آلودگی در طول زمان نگهداری شوند(۲۰). این رشد سریع باکتری‌ها، بعد از بطری شدن، ممکن است ناشی از اکسیداسیون آب در طول فرآیند، افزایش سطح ایجاد شده توسط بطری، افزایش دما، افزایش مقدار مواد مغذی ناشی از بطری باشد(۲۱،۲۲). به علاوه آب بطری شده اغلب برای بیماران با ضعف سیستم ایمنی، برای تغذیه نوزادان و بازسازی غذاها به بازار عرضه می‌شود(۲۳). بنابراین، به علت این که هیچ فرآیند ضدعفونی یا استریلیزاسیون مجازی برای حذف میکرو ارگانیسم‌ها به صورت تجاری در آب‌های معدنی در دسترس نمی‌باشد، وجود چنین پاتوژن‌هایی ممکن است باعث نگرانی در بهداشت عمومی شود(۲۴). کیفیت آب اغلب مرتبط با میزان آلودگی باکتریایی آن می‌باشد. شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروفیک می‌تواند شاخصی از باکتری‌های سریع رشد کننده، مرتبط با نوع پاتوژن، همچنین یک نشانه‌ای از باکتری‌های شاخص که به آرامی رشد می‌کنند، باشد(۲۵). الکس و همکاران در مطالعه خود بیان داشتند که میزان HPC با کلر آزاد باقیمانده، دما، و میزان جذب اشعه ماورای بنفش رابطه معکوس دارد(۲۶). همچنین در مطالعه‌ایی که اخیراً توسط فالکونه دیاز انجام شد مشخص گردید که ممکن است تغییراتی در کیفیت آب در طول ذخیره‌سازی در آب معدنی‌های بطری شده ایجاد گردد به‌طوری‌که تعداد زیادی از نمونه‌های مورد مطالعه میزان باکتری هتروتروف بالاتر از حد مجاز داشتند(۲۷).

مطالعه‌ای مشابه در کشور برزیل نشان داد که کیفیت باکتریایی آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری در مقایسه با آب‌های معدنی آزمایش شده بسیار عالی بود و میزان باکتری‌های هتروتروف در آب‌های معدنی بسیار بالاتر از آب شبکه توزیع شهری بود(۲۸).

دو برادران و همکاران در مطالعه خود بر روی آب آشامیدنی شبکه توزیع اصفهان اظهار داشتند که در دما و کدورت بالاتر و pH پایین‌تر، میزان موارد مثبت باکتری‌های آئروموناس و HPC افزایش می‌یابد و با افزایش کلر آزاد باقیمانده و اکسیژن محلول موارد مثبت باکتری‌های آئروموناس و HPC کاهش می‌یابد(۲۹). به علت نقش مهم کیفیت آب بر سلامت بشر و نیز تأثیر مستقیمی که پارامترهای کیفی آب بر بقای کلیفرم‌ها و سایر عوامل بیماری‌زا در آب دارد، و با توجه به اهمیت زیاد فاکتورهای تأثیرگذار در تأمین آب آشامیدنی سالم این تحقیق جهت مقایسه بین کیفیت میکروبی آب شبکه توزیع و آب‌های بطری شده و همچنین پارامترهای مؤثر در تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه توزیع شهر سمنان در سال ۹۱ صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت توصیفی- تحلیلی در مورد بررسی کیفیت میکروبی آب‌های بطری شده تولیدی در ایران و آب آشامیدنی شبکه توزیع شهر سمنان و همچنین پارامترهای مؤثر در تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه توزیع، در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان سمنان، با همکاری دانشکده بهداشت ساری در سال ۹۱ انجام گرفت. برای نمونه‌گیری، از میان مارک‌های آب معدنی موجود در سطح استان سمنان، تعداد ۷ مارک به طور تصادفی انتخاب گردید، از هر مارک سه بطری به عنوان نمونه بررسی شدند و تمام آب‌های بطری شده دارای تاریخ انقضاء بوده‌اند. آزمایش میکروبی شامل تعیین تعداد باکتری‌های هتروتروف (HPC) مطابق با روش‌های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب در آزمایشگاه آب و

فاضلاب استان سمنان انجام گردید(۳۰). و این مراحل ۳ بار تکرار گردید. برای بررسی آب آشامیدنی شبکه توزیع، ابتدا پس از تهیه نقشه شبکه توزیع آب شهر سمنان و دریافت اطلاعات از آبفای شهرستان سمنان، با توجه به تعداد نقاط کلرزنی، مکان‌های نمونه‌برداری مشخص شد. در شهر سمنان در تأسیسات شماره ۱و۲و۳ کلرزنی انجام می‌شود با در نظر گرفتن فاصله از محل کلرزنی در هر ایستگاه ۴ نقطه (ایستگاه کلرزنی، در فاصله نزدیک، متوسط و دورترین مکان نسبت به محل کلرزنی) نمونه‌برداری انجام شد. آزمایش‌های مربوط به کلرآزاد باقیمانده، کلر ترکیبی، دما، کدورت و pH در محل نمونه‌برداری و به روش‌های زیر انجام شد و برای انجام آزمایش HPC نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و آزمایش به شرح زیر صورت گرفت:

نمونه‌برداری: در شمارش بشقابی هتروتروفیک از ظروف نمونه برداری شیشه‌ای حاوی تیوسولفات سدیم (برای از بین بردن کلر) که از قبل در آون در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت استریل شده بود استفاده شد و در مکان نمونه برداری شیر را کاملاً باز کرده و اجازه می دهیم تا ۳-۲ دقیقه آب با سرعت یا برای یک زمان کافی جهت تمیز شدن خط لوله خارج شود. سپس شعله را در اطراف شیر قرار داده تا استریل شود، شیر را باز کرده و ظرف نمونه‌برداری را در کنار شعله از آب پر کرده و در کلمن‌های حاوی کیسه‌های یخ به آزمایشگاه انتقال داده شد و نمونه‌ها فوراً بعد از انجام نمونه‌برداری مورد آزمایش میکروبی قرار گرفتند.

اندازه گیری HPC: در این آزمایش از محیط کشت R_2 آگار استفاده شد، محیط کشت را همان‌طور که روی بر چسب بطری آن نوشته شده بود، آماده‌سازی شد. میزان ۱/۶۲۰۹ گرم از محیط کشت را وزن کرده و به آن مقدار ۱۰۵ سی سی آب مقطر اضافه شد (برای ۷ پلیت) به وسیله حرارت و هم زدن به صورت مداوم محیط کشت را کاملاً حل نموده، این محیط کشت را در اتوکلاو ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده و بعد از استریل شدن به میزان ۱۵ سی‌سی در پلیت‌های پلاستیکی استریل پخش شد. اجازه داده شد که محیط کشت خنک شود این محیط کشت در دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت دو هفته قابل نگهداری است. برای انجام آزمایش از بین دو روش مخلوط کردن با محیط کشت و روش پخش گسترده، به علت مزایای روش پخش بر روی محیط از این روش استفاده شد. در روش پخش گسترده ۰/۵-۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه را برداشته و به وسیله پیپتی که قبلاً در آون ۱۸۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت استریل شده بود، روی محیط کشت ریخته شده سپس با چرخاندن پلیت به صورت ۸، نمونه را بر روی سطح محیط کشت پخش نموده آنگاه به مدت ۷ روز در انکوباتور ۲۸ درجه سانتی گراد نگهداری می‌شود، بعد از این مدت کلنی‌ها توسط کلنی کانتر شمارش شدند(۳۱).

اندازه‌گیری pH : برای اندازه‌گیری pH، از دستگاه دیجیتال سنجش، با نام pH متر Calimatic ۷۶۶ مارک Knick استفاده شد(۳۱).

- اندازه‌گیری کدورت: در اندازه‌گیری کدورت از کدورت‌سنج دیجیتال نفلومتریک با نام HACH p ۲۱۰۰ استفاده شد(۳۱).
- اندازه گیری کلر: برای اندازه‌گیری میزان کلر آزاد باقی‌مانده و کلر ترکیبی از روش DPD استفاده شد(۳۲).

در انتها نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS16 تجزیه و تحلیل و مقادیر با استاندارد ملی ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید.

یافته‌ها

نتایج مربوط به اندازه‌گیری تعداد باکتری‌های هتروتروف در آب‌های بطری شده (میانگین و انحراف معیار) در جدول شماره ۱ آمده است. به منظور رعایت اخلاق در پژوهش، از ذکر نام آب های بطری شده در تحقیق خودداری گردید و نام مارک آب معدنی‌ها

به‌صورت اختصاری با حروف لاتین از A تا G نام گذاری شدند. همچنین نتایج مربوط به اندازه‌گیری، تعداد باکتری‌های هتروتروف در آب آشامیدنی شبکه توزیع و مقادیر pH، دما، کدورت، کلر آزاد باقی‌مانده در فصل تابستان در جدول شماره ۲ آمده است.

بحث

نتایج نشان داد که از بین هفت نمونه آب بطری شده مورد نظر تعداد سه نمونه از لحاظ HPC مثبت بوده و در چهار نمونه دیگر تعداد باکتری‌های هتروتروف صفر بوده است. امّا در موارد مثبت شده هم مقدار آن فراتر از حد استاندارد کیفیت آب آشامیدنی نبوده است(۳۰،۳۱). نتایج حاصل از این تحقیق در مورد کیفیت میکروبی آب‌های بطری شده، با نتایج سایر تحقیقات انجام شده توسط یاری و همکاران در شهر قم، فروزان و همکاران در شهر ارومیه و زند وکیلی و همکاران در سایر شهرهای ایران مطابقت داشته است(۳۲،۳۳). به نظر می‌رسد که علت عدم وجود آلودگی میکروبی در آب‌های بطری شده ناشی از انجام حداقل فرآیند تصفیه در مراحل تولید و بسته‌بندی و گندزدایی به روش مؤثر و مناسب می‌باشد(۳۴). امّا با نتایج غلامرضا جاهد خانیکی و همکارانش متفاوت بوده، آن‌ها مشاهده کردند که میانگین HPC نمونه‌های سنجش شده $۲/۰۷ \times ۱۰^{۲}$ تا $۳/۱۴ \times ۱۰^{۲}$ میکروارگانیسم در میلی‌لیتر می‌باشد که رفع این آلودگی‌ها نیازمند بهبود سیستم‌های نظارتی در تولید آب‌های معدنی می‌باشد(۳۴). در ارتباط با پارامترهای مؤثر بر تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه توزیع گیبس و همکارانش گزارش دادند که بعد از کلرزنی شدید، کاهش زیادی در تعداد باکتری‌ها رخ می‌دهد در حالی که رشد مجدد بعد از کاهش سریع

جدول شماره ۱: نتایج آزمایشات کیفیت میکروبی بر روی۷ مارک آب معدنی بطری شده تولیدی ایران

ردیف	مارک	میزان HPC نمونه اول(cfu/ml)	میزان HPC نمونه دوم(cfu/ml)	میزان HPC نمونه سوم(cfu/ml)	میانگین	σ
۱	A	۰	۰	۰	۰	۰
۲	B	۳۰۰	۲۲۰	۳۵۰	۲۹۰	۵۳/۵۴
۳	C	۰	۰	۰	۰	۰
۴	D	۰	۰	۰	۰	۰
۵	E	۰	۱	۲	۱	۰/۸۱۶
۶	F	۰	۰	۰	۰	۰
۷	G	۰	۳	۰	۱	۱/۴۱

جدول شماره ۲: میانگین غلظت پارامترهای مورد مطالعه در نقاط نمونه‌برداری در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر سمنان در تابستان ۹۱

ردیف	مکان نمونه‌برداری	فاصله تا مخزن	دما (°c)	pH	کدورت (NTU)	کلر (ppm)			HPC (Cfu/ml)
						آزاد	ترکیبی	کل	
۱	تأسیسات شماره ۱ مخزن۱	خود مخزن	۲۸	۷/۵	۰/۳۲	۱	۰	۱	۰
۲	تأسیسات شماره ۱ مخزن ۲	خود مخزن	۲۸	۷/۶	۰/۳۵	۰/۸۵	۰/۰۵	۰/۹	۰
۳	آب و فاضلاب شهرستان	نزدیک	۲۸	۷/۶۶	۰/۲۳	۰/۵	۰/۱	۰/۶	۵۰
۴	خیابان باهنر	متوسط	۲۵	۷/۷۹	۰/۲۲	۰/۶	۰/۱	۰/۷	>۵۰۰
۵	رکن آباد	دور	۲۵	۷/۶۶	۰/۳۳	۰/۶	۰/۲	۰/۸	۱۰۰
۶	تأسیسات شماره۲ مخزن۱	خود مخزن	۲۵	۷/۶۴	۰/۴	۱	۰	۱	۰
۷	تأسیسات شماره ۲ مخزن۲	خود مخزن	۲۵	۷/۵	۰/۳	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۳
۸	شهرک تعاون	نزدیک	۳۰	۷/۶۴	۰/۲۷	۰/۵	۰/۱	۰/۶	>۵۰۰
۹	شهرک اندیشه	متوسط	۲۳	۷/۸۴	۰/۴۳	۰	۰	۰	>۵۰۰
۱۰	دانشگاه دولتی	دور	۲۵	۷/۷۴	۰/۴۵	۰/۵	۰/۱	۰/۶	>۵۰۰
۱۱	تأسیسات شماره۳ مخزن۱	خود مخزن	۲۵	۷/۸	۰/۳۱	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۳
۱۲	تأسیسات شماره۳ مخزن۲	خود مخزن	۲۵	۷/۸	۰/۲	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۲۰۰
۱۳	شهرک روزیه	نزدیک	۲۸	۷/۷۹	۰/۳۷	۰	۰	۰	>۵۰۰
۱۴	شهرک گلستان	متوسط	۲۸	۷/۷۳	۰/۲۸	۰/۶	۰/۲	۰/۸	۳۰
۱۵	شهرک جانبازان	دور	۲۲	۷/۷۶	۰/۲۸	۰/۸	۰/۱	۰/۹	۲۰۰

کلر باقیمانده در شبکه اتفاق می‌افتد که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشته است(۳۵). دو برادران و همکاران مشاهده کردند که در دما و کدورت بالاتر و pH پایین‌تر میزان موارد مثبت باکتری‌های آئروموناس و HPC افزایش می‌یابد و با افزایش کلر آزاد باقیمانده و اکسیژن محلول موارد مثبت باکتری‌های آئروموناس و HPC کاهش می‌یابد و در مقادیر بالاتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر کلر باقیمانده آزاد هیچ گونه مورد مثبتی از آئروموناس دیده نشد(۲۹). امّا در این مطالعه کدورت و pH بر روی میزان HPC تأثیری نداشته است. الکس و همکاران در مطالعه خود بیان داشتند که میزان HPC با کلر آزاد باقیمانده، دما، و میزان جذب اشعه ماورای بنفش رابطه معکوس دارد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی داشته است(۲۶). در مطالعه فالکونه دیاز که بر روی کیفیت میکروبی آب‌های معدنی مارک داخلی کشور برزیل انجام شد، مشخص گردید که در تعداد بالایی از نمونه‌های مورد مطالعه ایشان میزان باکتری هتروتروف بالاتر از حد مجاز بوده است که در مقایسه با مطالعه انجام شده در این تحقیق می‌توان متوجه شد که کیفیت میکروبی آب‌های معدنی بطری شده مارک داخلی ایران بسیار بالاتر از کشور برزیل و کاملاً مطابق با استانداردها می‌باشد(۲۷).

در مطالعه‌ی مشابه دیگر در کشور برزیل نشان داده شده است که کیفیت آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری در مقایسه با آب معدنی‌های آزمایش شده از لحاظ باکتریایی بسیار بهتر بوده است و میزان باکتری‌های هتروتروف در آب معدنی‌ها بسیار بالاتر از آب شبکه توزیع بود(۲۸)، با نتایج این مطالعه همخوانی نداشته است، چرا که در مقایسه‌ای که بین کیفیت میکروبی آب‌های معدنی بطری شده و آب آشامیدنی شبکه توزیع انجام شد، مشخص گردید که تعداد باکتری‌های هتروتروف در آب معدنی‌های مورد بررسی مطابق با استاندارد است در حالی که تعداد باکتری‌های هتروتروف ممکن است در بخش‌هایی از شبکه توزیع که کلر باقیمانده کم است، قابل توجه باشد. تعداد اندکی از باکتری‌ها که از فرآیند تصفیه در امان مانده‌اند و یا باکتری‌هایی که از قبل در شبکه وجود دارند، تحت شرایط مناسب رشد و تکثیر می‌یابند. عواملی از قبیل گندزداهای بکار رفته و تراکم باقیمانده آن‌ها در شبکه، مقاومت میکروارگانیسم‌ها به گندزداها، نوع و غلظت مواد قابل تجزیه بیولوژیک در آب تصفیه شده آشامیدنی، جنس لوله‌ها در شبکه و دمای آب باعث افزایش رشد بایوفیلم و در نتیجه افزایش تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه با وجود مقادیر بالای کلر می‌شود(۳۶). حفظ کلر باقیمانده نمی‌تواند به کلی مانع وجود باکتری‌ها شود. حتی در حضور غلظت‌های مناسب کلر باقیمانده، وجود باکتری‌ها گزارش شده است(۳۷). بنابراین کنترل HPC در شبکه توزیع تنها با مدیریت شبکه آبرسانی و کنترل عوامل مستعد کننده رشد باکتری‌های هتروتروف مقدور خواهد بود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله تشکر و قدردانی خود را از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران به خاطر تأمین اعتبارات لازم جهت اجرای طرح تحقیقاتی فوق اعلام می‌دارند.

References

1. American Water Work Association, Waterborne Pathogens. Vol: 48. AWWA Manual. Michigan: American Water Work Association; 1999.
2. Bartram J, Cotruvo J, Exner M, Fricker C, Glasmacher A. Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPC for water quality and the human health. 1st ed. London: NSF, WHO, IWA Publishing; 2003.

3. WHO. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2008.
4. Lu W, Zhang XJ. Factors affecting bacterial growth in drinking water distribution system. Biomed Environ Sci 2005; 18(2): 137-140.
5. Ndiongue S, Huck PM, Slawson RM. Effects of temperature and biodegradable organic matter on control of biofilms by free chlorine in a model drinking water distribution system. Water Res 2005; 39(6): 953-964.
6. Lioyd BJ, Bartram J. Surveillance solutions to microbiological problems in water quality control in developing countries. Water Science & Technology 1991; 24(2): 61-75.
7. World Health Organization. Drinking water quality guidelines training package. Geneva; WHO, 2002.
8. World Health Organization. Guidelines for recreational-water environment swimming pools space and similar recreational-water environment, Final Draft For Consultation. Geneva; WHO, 2002.
9. Zhang W, DiGiano FA. Comparison of bacterial regrowth in distribution systems using free chlorine and chloramine: a statistical study of causative factors. Water Res 2002; 36(6): 1469-1482.
10. Ndiongue S, Huck PM, Slawson RM. Effects of temperature and biodegradable organic matter on control of biofilms by free chlorine in a model drinking water distribution system. Water Research 2005; 39(6): 953-964.
11. Carter JT, Rice EW, Buchberger SG, Lee Y. Relationships between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system. Water Research 2000; 34(5): 1459-1502.
12. Varga L. Bacteriological quality of bottled natural mineral waters commercialized in Hungary. Food Control 2011; 22(3-4): 591-595.
13. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy J. Environmental Engineering Sanitation. 5th ed. Washington: John Wiley; 2003.
14. WHO. Guideline for drinking water quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization; 2004.
15. Institute of standards and industrial research of Iran. Water-Packaged (Bottled) Drinking Waters-Specifications. Standard No: 6694, 2001. Available at: www.isiri.org. Accessed September 2, 2012.
16. Rosenberg FA. The microbiology of bottled water. Clinical Microbiology Newsletter 2003; 25(6): 41-44.
17. Armas AB, Sutherland JP. A survey of the microbiological quality of bottled water sold in the UK and changes occurring during storage. Int J Food Microbiol 1999; 48(1): 59-65.
18. Davies-colley RJ, Bell RG, Donnison AM. Sunlight inactivation of Enterococci and fecal coliforms in sewage effluent diluted in sea water. Appl Environ Microb 1994; 60(6): 2049-2058.
19. Warburton D, Harrison B, Crawford C, Foster R, Fox C, Gour L, et al. A further review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada: 1992-1997 survey results. Int J Food Microbiol 1998; 39(3): 221-226.
20. Stickler DJ. The microbiology of bottled natural mineral water. J Roy Soc Hygiene 1989; 109(4); 118-124.
21. Warburton DW, Bowen B, Konkle A. The Survival and Recovery of Pseudomonas aeruginosa Aad its Effect Upon Salmonellae

In Water: Methodology to Test Bottled Water In Canada. Can J Microbiol 1994; 40(12): 987-992.

22. Warburton DW. Microbiology for screening bottled water for the presence of indicator and pathogenic bacteria. Food Microbiology 2000; 17(1): 3-12.
23. Warburton DW. A review of the microbiological quality of bottled water sold in Canada. Part 2. The need for more stringent standards and regulations. Can J Microbiol 1993; 39(2): 158-168.
24. Rosenberg FA, Hernandez Duquino H. Antibiotic resistance of pseudomonas from German mineral waters. Toxicity Assessment 1989; 4(3): 28l-294.
25. Kokkinakis EN, Fragkiadakis GA, Kokkinaki AN. Monitoring microbiological quality of bottled water as suggested by HACCP methodology. Food Control 2008; 19(10): 957-961.
26. Francisque A, Rodriguez MJ, Miranda-Moreno LF, Sadiq R, Proulx F. Modeling of heterotrophic bacteria counts in a water disstribution system. Water Res 2009; 43(4): 1075-1087.
27. Falcone-Dias MF, Filho AF. Quantitative variations in heterotrophic plate count and in the presence of indicator microorganisms in bottled mineral water. Food Control 2013; 31(1): 90-96.
28. Zamberlan Da Silva ME, Santana RG, Guilhermetti M, Filho IC, Endo EH, Ueda-Nakamura T, et al. Comparison of the bacteriological quality of tap water and bottled mineral water. Int J Environ Health 2008; 211(5-6): 504-509.
29. Dobaradaran S, Bina B, Nasr Isfahani B. The effect of some physical and chemical parameters on regrowth of aeromonas bacterium and heterotrophic bacteria in Isfahan drinking water system. Water and Wastewater 2006; 57(17): 8-13 (Persian).
30. EPA, Drinking Water Standards. Washington DC: Office Of Drinking Water, US Environmental Protection Agency, 2003. Available at: www.epa.gov/safewater. Accessed September 2, 2012.
31. APHA, AWWA, AEF. Standards methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association/ American Water Works Association/Water Environmental Federation, 2006.
32. Foruzan SH, Babi I, Rahimi A. A survey on nitrite, nitrate, and heavy metal concentrations in bottled waters in azarbaijan gharbi supermarkets. 18th Congress On Food Industry, 2008, Oct, 14-17; Mashad, Iran. (Persian).
33. Zand Vakili F, Docheshmeh M, Daneshmand Irani K. Chemical and microbiological quality of bottled mineral water in Iran. 8th National Congress On Environmental Health. 2005; Nov, 8-10; University Of Medical Sciences Tehran. Tehran, Iran. (Persian).
34. Jahed Khaniki GR, Zarei A, Kamkar A, Fazlzadeh Davil M, Ghaderpouri M, Zarei A. Bacteriological evaluation of bottled water from domestic brands in Tehran Markets, Iran. World Applied Sciences Jornal 2010; 8(3): 247-278 (Persian).
35. Gibbs RA, Scutt JE, Croll BT. Microbiological and Trihalomethane responses to booster chlorination. Water and Environmental Journal 1990; 4(2): 131-139.
36. Momba MNB, Kfir R, Venter SN, Cloete TE. An overview of biofilm formation in distribution systems and its impact on the

deterioration of water quality. Water SA 2000; 26(1): 59-66.

37. Momba MNB, Cloete TE, Venter SN, Kfir R. Evaluation of the impact of disinfection processes on the formation of biofilms in potable surface water distribution systems. Water Science and Technology 1998; 38(8-9): 283-289.