

تأثیر ماند آب در لوله‌ها و مخازن ساختمان‌های مسکونی بر کیفیت آب شرب (مطالعه موردی: مناطقی از شهر تهران)

شادی شهروزی^۱، محمدرضا جلیلی قاضی‌زاده^۲، پروین شاکری‌فرد^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران-سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه پیام‌نور، واحد تهران شمال، تهران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۳- مدرس، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران (نویسنده مسئول) ۷۳۹۳۲۴۷۴ (۰۲۱) pshakerifard@yahoo.com

(دریافت ۹۲/۱۰/۶ پذیرش ۹۳/۸/۱۸)

چکیده

کیفیت آب در شبکه‌های توزیع معمولاً به‌طور منظم مورد پایش قرار می‌گیرد اما بررسی کیفیت آب در لوله‌ها و مخازن داخل ساختمان‌ها به ندرت انجام می‌شود. در این مقاله، تغییرات کیفی آب آشامیدنی به‌علت راکد ماندن در لوله‌ها و مخازن داخل ساختمان‌های مسکونی، مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیق حاضر به‌منظور انجام آزمایش شمارش باکتری‌های هتروتروف، از ۲۵ ساختمان در شهر تهران که ۱۱ مورد از آنها دارای مخزن بودند، نمونه‌برداری شد. نتایج آزمایش‌ها، حاکی از افزایش قابل ملاحظه تعداد باکتری‌های موجود در آب درون لوله‌ها، به دنبال راکد ماندن در طول شب بود. بر اساس نتایج شمارش باکتری‌ها، اگر چه در اکثر موارد، راکد ماندن آب در مخازن، کاهش کیفیت آب را به‌همراه داشت، اما تعداد باکتری‌های موجود در آب مخازن، هنوز از حد استاندارد کمتر بودند.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های توزیع آب، پایش کیفی، ماند آب، شمارش باکتری‌های هتروتروفیک

۱- مقدمه

باعث تغییر خواص کیفی آب و مشخصات ظاهری آن نظیر مزه، بو و رنگ آب آشامیدنی شود [۸]. وجود باکتری‌های کلیفرم^۱ در شبکه‌های آبرسانی، به دما، نوع ماده‌گندزدا و میزان تجمع کربن آلی قابل جذب^۲ ارتباط داده شده است که همگی این پارامترها ممکن است طی توقف شبانه آب تغییر نمایند [۹ و ۱۰]. از سوی دیگر، امروزه در بسیاری از ساختمان‌ها به دلایل مختلف، از جمله حذف یا کمینه نمودن تأثیر نوسانات ساعتی مصرف، از مخازن داخلی استفاده می‌شود [۱۱]. مخازن داخل ساختمان‌ها شرایطی برای سکون و عدم گردش موقتی آب فراهم می‌آورند که ممکن است باعث تجمع باکتری‌ها و تغییر ویژگی‌های کیفی آب شود. بنابراین، بررسی تأثیر مخزن بر کیفیت آب ذخیره شده در آن، حائز اهمیت است.

در خصوص تأثیر شبکه‌های توزیع و توقف آب در لوله‌های داخلی بر خواص کیفی آن، مطالعاتی صورت گرفته است. کرنیز و همکاران دریافتند که در شبکه‌های توزیع آب شهری، جریان آب در لوله‌ها تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی غلظت باکتری‌های هتروتروفیک ندارد [۶]. پیر و همکاران، با شمارش باکتری‌های هتروتروفیک در نمونه‌هایی از آب خروجی شیرهای مصرف کننده

نیاز به آب سالم و بهداشتی برای مصارف خانگی، جزء لاینفک زندگی جوامع انسانی است. شبکه توزیع آب به‌عنوان آخرین بخش از یک سیستم آبرسانی شهری، باید بتواند آب تصفیه شده مورد نیاز را با کمیت و کیفیت مناسب در اختیار مصرف کننده قرار دهد. بخش نهایی یک سیستم آبرسانی، به شبکه داخلی ساختمان‌ها و محل‌های مصرف منتهی می‌شود. بنابراین، تأمین و حفظ کیفیت آب در داخل ساختمان‌ها نیز بسیار با اهمیت است. علی‌رغم اهمیت این موضوع، معمولاً تأثیر لوله‌کشی و تجهیزات داخلی ساختمان‌ها بر مشخصات کیفی آب مصرفی، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۱].

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تغییر مشخصه‌های کیفی آب در لوله‌کشی داخل ساختمان‌ها، تأثیر لوله‌های حامل جریان بر روی آب مورد انتقال است. به‌عنوان مثال بررسی‌های انجام شده در کشورهای اروپایی، بیانگر تجمع فلزات سنگین در شیرهای آب، پس از رکود شبانه بوده است [۲، ۳ و ۴]. در شبکه‌های توزیع، رشد باکتریایی توسط عواملی شامل پایین بودن مواد مغذی، میزان باقیمانده ماده‌گندزدا، دمای پایین و زمان‌های کوتاه ماند، کنترل و محدود می‌شود [۵، ۶ و ۷]. عدم جریان و راکد ماندن آب می‌تواند

¹ Coliform Bacteria

² Assimilable Organic Carbon (AOC)

دو منطقه شهری به این نتیجه رسیدند که عامل عمده رشد این باکتری‌ها در آب، سیستم‌های آبرسانی داخلی ساختمان‌ها و شیرهای آب بوده و منبع اصلی تأمین کننده آب و شبکه توزیع آب شهری، به مراتب تأثیر کمتری داشته‌اند [۱۲]. لانتشلاگر و همکاران، به منظور بررسی تغییرات کیفی آب تصفیه شده، در اثر راکد ماندن آب در طی ساعات عدم مصرف به هنگام شب، افزایش تعداد باکتری‌ها در نخستین آب خروجی ساختمان‌ها را نسبت به آب شبکه شهری نشان دادند [۱]. وانگا و همکاران در سال ۲۰۱۲، نشان دادند که تنها سه دقیقه جاری شدن و خروج آب از شیر، سبب می‌شود که آب خروجی از لوله‌کشی ساختمان‌ها، دارای کیفیتی مشابه آب شبکه آبرسانی شود [۱۳]. در مطالعه حاضر، با نمونه‌گیری از آب شرب ساختمان‌های واقع در نقاط مختلف شهر تهران و انجام آزمایش شمارش باکتری‌های هتروتروفیک، تأثیر توقف آب بر کیفیت آن در داخل لوله (پشت شیرها) و مخازن داخل ساختمان مورد بررسی قرار گرفت.

۲- آزمایش شمارش باکتری‌های هتروتروفیک

یکی از آزمایش‌های متداول تعریف شده به منظور بررسی مشخصات کیفی آب، آزمایش شمارش باکتری‌های هتروتروفیک است. به طور کلی این آزمایش به دو روش کشت سطحی^۱ و پور پلیت^۲ انجام می‌پذیرد. در روش کشت سطحی که در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفت، ۲۰ میلی‌لیتر نمونه از شیر آب سرد تهیه شد و ۰/۲ میلی‌لیتر از آن بر روی سطح محیط کشت جامد پلیت کانت آگار^۳، به طور یکنواخت پخش شد و پلیت‌ها در انکوباتور^۴ به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ درجه سلسیوس قرار داده شد [۱۴] و ۱۵. سپس، کولونی‌های رشد یافته در پلیت شمارش می‌شوند. لازم به ذکر است که از هر نمونه سه پلیت تهیه شد که نتایج حاصل میانگین آنها است.

اگر چه باکتری‌های هتروتروفیک، به تنهایی شاخص بیماری‌زایی نیستند و کیفیت آب، تنها با شمارش باکتری‌های هتروتروفیک، مشخص نمی‌شود، اما این آزمایش، یکی از شاخص‌های مطرح در ارزیابی کیفیت آب است که همراه با شاخص کلیفرم، به عنوان شاخص مکمل، در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵].

۳- مشخصات نمونه‌های مورد بررسی

تحقیق حاضر، در دو بخش اصلی به شرح زیر صورت گرفت:

بخش اول: بررسی تأثیر ماند شبانه آب در لوله‌های ساختمان بر کیفیت آن که در این بخش، از ۲۵ ساختمان مختلف، نمونه‌گیری شد.

بخش دوم: بررسی تأثیر ماند آب در مخازن داخل ساختمان بر کیفیت آن که در این بخش، از ۱۱ ساختمان دارای مخزن، نمونه‌گیری انجام شد.

در هر ساختمان نمونه‌گیری‌ها از شیر آب سرد، در سه لوله آزمایش استریل انجام و نمونه‌ها به شرح زیر نام‌گذاری شدند:

نمونه الف- در ابتدای صبح و قبل از برداشت آب توسط ساکنان، از اولین آب خروجی بلافاصله پس از باز شدن شیر، نمونه‌گیری انجام گرفت.

نمونه ب- از آب خروجی شیر نمونه الف پس از باز بودن شیر آب به مدت ۵ دقیقه برداشت شد. در ساختمان‌های فاقد مخزن، این نمونه، آب شبکه شهری و در ساختمان‌های دارای مخزن، آب خروجی از مخزن فرض می‌شود.

نمونه ج- این نمونه که فقط برای ساختمان‌های دارای مخزن تعریف می‌شود نمونه آب شبکه شهری است و از شیر واقع در پارکینگ یا حیاط که مستقیماً به شبکه شهری متصل است، پس از خروج آب به مدت چند دقیقه، برداشت می‌شود.

۴- بررسی و تحلیل نتایج

آزمایش شمارش باکتری هتروتروفیک بر روی تمام نمونه‌ها مطابق دستورالعمل ذکر شده در بخش قبل، انجام پذیرفت. در ایران استاندارد انجمن حفاظت محیط زیست آمریکا که حداکثر تعداد مجاز باکتری‌های هتروتروفیک را ۵۰۰ کولونی در ۱ میلی‌لیتر ($500 \text{ CFU}^5 \text{ ml}^{-1}$) ذکر می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۶].

۴-۱- تأثیر توقف آب در لوله‌ها و مخازن داخل ساختمان بر تعداد باکتری‌ها

جنس لوله‌ها در ساختمان‌های مورد بررسی عمدتاً از نوع گالوانیزه و در تعداد بسیار معدودی، لوله‌هایی با پایه پلاستیک نظیر پلی‌اتیلن بودند. در جدول ۱ اطلاعات ساختمان‌های مورد بررسی و تعداد باکتری‌های شمارش شده در شرایط مختلف برای ساختمان‌های با و بدون مخزن نشان داده شده است.

⁵ CFU : Colony Forming Units

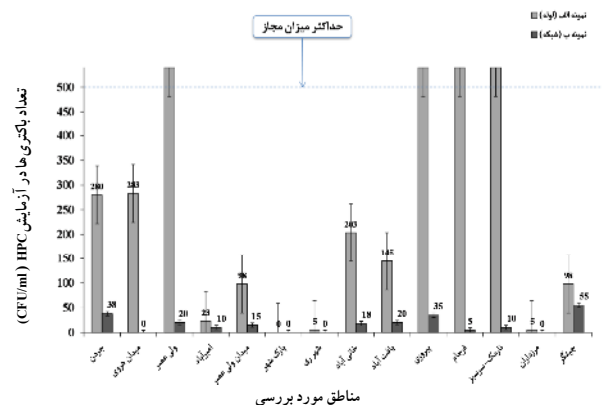
¹ Spread Plate
² Pour Plate
³ Plate Count Agar
⁴ Incubator

جدول ۱- مشخصات و نتایج شمارش باکتری‌های هتروتروفیک ($CFU\ ml^{-1}$) برای ساختمان‌های فاقد مخزن (ردیف‌های ۱۴-۱) و دارای مخزن (ردیف‌های ۲۵-۱۵)

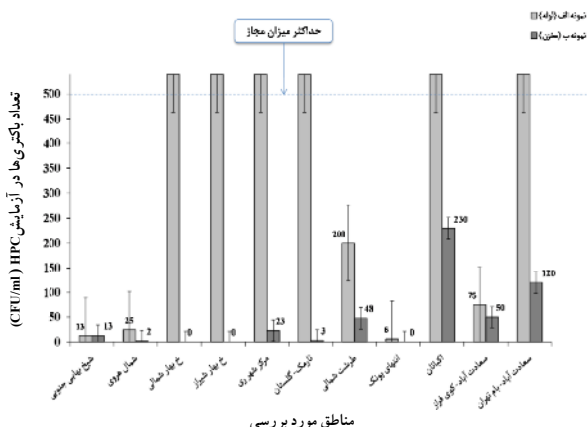
ردیف	تاریخ آزمایش	نشانی حدودی ساختمان‌ها (دارای مخزن)	تعداد باکتری هتروتروف در نمونه‌ها			ردیف	تاریخ آزمایش	نشانی حدودی ساختمان‌ها (فاقد مخزن)	تعداد باکتری هتروتروف در نمونه‌ها	
			الف	ب	ج				الف	ب
۱	۹۱/۱۰	ولی عصر	×	۲۰	۱۵	۹۲/۳	سعادت‌آباد-کوی فراز	۷۵	۵۰	۲۵
۲	۹۱/۱۰	شهر ری	×	۵	۱۶	۹۲/۳	خ بهار شمالی	×	۰	۵۳
۳	۹۱/۱۰	جردن	×	۲۸۰	۱۷	۹۲/۳	خ بهار شیراز	×	۰	۸
۴	۹۱/۱۰	مرزداران	×	۵	۱۸	۹۲/۳	طرشت شمالی	۲۰۰	۴۸	۱۸
۵	۹۱/۱۰	پیروزی	×	۳۵	۱۹	۹۲/۳	شیخ بهایی جنوبی	۱۳	۱۳	۳۰
۶	۹۱/۱۰	فرجام	×	۵	۲۰	۹۲/۳	مرکز شهر ری	×	۲۳	۱۸
۷	۹۱/۱۰	نارمک- سرسبز	×	۱۰	۲۱	۹۲/۳	شهرک اکباتان	×	۲۳۰	۱۳
۸	۹۲/۲	میدان هروی	×	۲۸۳	۲۲	۹۲/۴	نارمک- گلستان	×	۳	۱۷۸
۹	۹۲/۲	خانی‌آباد	×	۲۰۳	۲۳	۹۲/۴	سعادت‌آباد- بام تهران	×	۱۲۰	۳
۱۰	۹۲/۲	امیرآباد	×	۲۳	۲۴	۹۲/۶	شمال هروی	×	۲	۰
۱۱	۹۲/۲	میدان ولی عصر	×	۹۸	۲۵	۹۲/۶	انتهای پونک	×	۰	۰
۱۲	۹۲/۲	یافت‌آباد	×	۱۴۵	×	× (بیش از ۵۰۰ کولونی در یک میلی‌لیتر)				
۱۳	۹۲/۲	پارک شهر	×	۰	×	×	×	×	×	×
۱۴	۹۲/۲	چیتگر	×	۹۸	×	×	×	×	×	×

ماندن آن در طول شب باشد. چن و همکاران نیز در تحقیق خود نشان داده بودند که باکتری‌های هتروتروفیک در طی زمان سکون آب به‌دلایلی از جمله آزادسازی مواد مغذی نظیر فسفر از دیواره لوله و کاهش کلر باقیمانده آب در طی دوره ماند تکثیر می‌شوند [۱۷].

برای بررسی تاثیر مخزن بر کیفیت آب در شکل ۲، مقایسه نتایج شمارش باکتری‌های نمونه‌های الف و ب برای ساختمان‌های دارای مخزن، نمایش داده شده است.



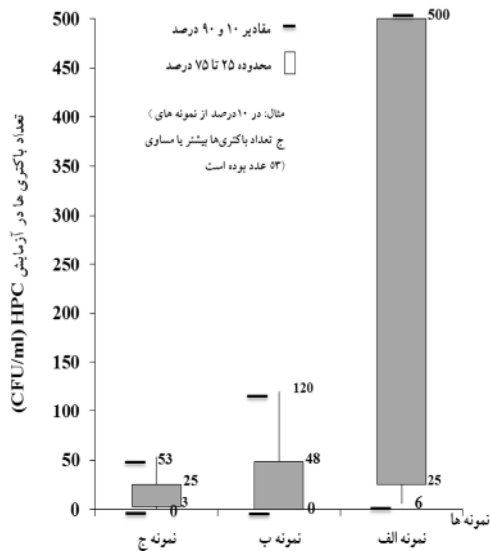
شکل ۱- مقایسه نتایج شمارش باکتری‌های هتروتروفیک ($CFU\ ml^{-1}$) برای نمونه‌های الف و ب در ساختمان‌های فاقد مخزن



شکل ۲- مقایسه نتایج شمارش باکتری‌های هتروتروفیک ($CFU\ ml^{-1}$) برای نمونه‌های الف و ب در ساختمان‌های دارای مخزن

به منظور مقایسه نموداری، نتایج شمارش باکتری‌های نمونه‌های الف و ب برای ساختمان‌های فاقد مخزن در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های الف، برای تمام آزمایش‌ها بیشتر از نمونه‌های ب است. از آنجایی که حداکثر تعداد مجاز باکتری‌ها در یک میلی‌لیتر نمونه آب، $CFU\ ml^{-1}$ ۵۰۰ است، در این نمودار و محاسبات بعدی، در مواردی که تعداد باکتری‌ها بیشتر از $CFU\ ml^{-1}$ ۵۰۰ بوده است، تعداد باکتری عدد ۵۰۰ ثبت شد. افزایش تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های الف نسبت به نمونه‌های ب، می‌تواند عمدتاً به علت راکد

نمونه‌های اخذ شده از ساختمان‌های دارای مخزن، برای نمونه‌های الف، ب و ج نشان داده شده است.



شکل ۳- توزیع نمونه‌های الف، ب و ج ساختمان‌های دارای مخزن بر حسب تعداد باکتری‌های هتروتروفیک ($CFU ml^{-1}$)

بر اساس نتایج شکل ۳، در ۱۰ درصد از نمونه‌های ج، ب، و الف تعداد باکتری‌ها به ترتیب بیشتر یا مساوی با ۵۳، ۱۲۰ و ۵۰۰ بوده است.

چنین به نظر می‌رسد که این افزایش تعداد باکتری‌ها، می‌تواند در اثر توقف و کاهش کیفیت آب در دو بخش مانند در مخزن و سپس مانند شبانه آب در لوله‌ها باشد. بررسی نتایج، همچنین نشان داد که کاهش کیفیت آب در لوله‌ها در ساختمان‌های دارای مخزن بیش از ساختمان‌های فاقد مخزن بوده که باعث شده است تا در بیش از نیمی از ساختمان‌های دارای مخزن، این تعداد به حد بالاتر از حداکثر میزان مجاز ($500 CFU ml^{-1}$) برسد.

توجه به این نکته ضروری است که آب موجود در مخازن، در ساعت‌ها یا حتی روزهای قبل، از آب شبکه شهری وارد مخزن شده است و از آنجایی که مشخصات آب شبکه شهری ممکن است به علت تغییر پارامترهایی نظیر کیفیت آب خام، نحوه بهره‌برداری از تصفیه‌خانه و غیره در ساعت‌ها و روزهای مختلف یکسان نباشد، لذا نتایج مقایسه نمونه ج با دیگر نمونه‌ها، یک ارزیابی کلی بوده و مقایسه آنها به صورت مورد به مورد ممکن است به علت قرار گرفتن تحت تأثیر مشخصه‌های خارج از کنترل، لزوماً قابل قضاوت نباشد. با توجه به نتایج شکل ۲، مشاهده می‌شود در کلیه ۱۱ نمونه مورد بررسی، آب مخزن از نظر تعداد باکتری‌های هتروتروفیک در حد استاندارد بوده و مانند آب در مخازن، کیفیت آن را بیش از حد قابل قبول کاهش نداده است.

بر اساس نتایج شکل ۲، برای ساختمان‌های دارای مخزن نیز، تعداد باکتری‌ها در نمونه الف غالباً بیشتر از نمونه‌های ب است. حداقل نسبت افزایش تعداد متوسط باکتری‌ها در نمونه الف به نمونه ب برای ساختمان‌های فاقد مخزن، دارای مخزن و برای تمامی نمونه‌های مورد مطالعه به ترتیب $13/9$ ، $6/8$ و 9 برابر است. به عبارت دیگر متوسط تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های الف و ب در منزلی که دارای مخزن می‌باشند، بیشتر از منزلی است که مخزن ندارند که نشان دهنده تأثیر مخزن بر افزایش تعداد باکتری‌ها است. در مطالعه انجام شده توسط لانتشلاگر و همکاران در سال ۲۰۱۰، بر روی آب شبکه فاقد کلر، افزایش تعداد باکتری‌های هتروتروف به دلیل رشد گونه‌های غیر قابل کشت در طول زمان ماند با مقیسه نمونه الف به نمونه ب، بین ۴ تا ۵۸۰ برابر گزارش شده است و در ۶۰ درصد نمونه‌های الف افزایش مشاهده شد [۱]. در حالی که در این مطالعه با وجود حضور کلر برای نمونه‌های ساختمان‌های فاقد و دارای مخزن به ترتیب ۲۹ و ۵۵ درصد افزایش مشاهده شد و در مجموع در ۴۰ درصد نمونه‌ها تعداد باکتری‌های نمونه الف بیش از حد مجاز بود (شکل‌های ۱ و ۲).

لذا می‌توان این طور نتیجه گرفت که راکد شدن آب در شبکه داخل ساختمان در طول شب، می‌تواند تعداد باکتری‌های هتروتروفیک را به بیشتر از حد مجاز نیز افزایش دهد. این افزایش را می‌توان به رشد پلانکتونیک^۱ (باکتری‌های آزاد موجود در شبکه که بعد از مراحل تصفیه باقی مانده‌اند) و جدایی باکتری‌های بیوفیلم در طول زمان ماند نسبت داد. بنابراین توصیه می‌شود که در ابتدای صبح، از آب خروجی از شیر منازل بلافاصله پس از باز کردن شیر، برای آشامیدن استفاده نشود. با باز گذاشتن شیر به مدت چند دقیقه، کیفیت آب خروجی به نحوه قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. از آنجا که ساختمان‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر، به‌طور تصادفی و از منابع تأمین کننده آب متفاوت انتخاب شدند و به لحاظ دما، جنس و قطر لوله‌ها، جنس و حجم مخازن داخلی (در ساختمان‌های دارای مخزن) و میزان مواد مغذی با یکدیگر متفاوت هستند، بنابراین تفاوت‌ها در تعداد باکتری‌ها در نمونه‌های الف قابل انتظار است.

در جدول ۱ نتایج شمارش تعداد باکتری نمونه‌های ج (آب شهری برای ساختمان‌های دارای مخزن) نیز نشان داده شده است. مقایسه نتایج متوسط تعداد باکتری‌های الف و ج می‌تواند مجموع تأثیر راکد ماندن آب در مخزن و لوله‌های داخل ساختمان را نشان دهد.

در شکل ۳ توزیع باکتری‌های هتروتروف ($CFU ml^{-1}$) در

¹ Planktonic

۵- نتیجه‌گیری

باکتری‌های هتروتروفیک موجود در آب شبکه شهر در ابتدای ورود به منازل مورد مطالعه، در محدوده استاندارد بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که توقف آب در مخازن و لوله‌های داخل ساختمان می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب شرب شبکه داخلی داشته باشد لذا تهیه یک دستورالعمل اجرایی، برای پایش دوره‌ای کیفیت آب شرب درون ساختمان‌ها پیشنهاد می‌شود. نظر به اهمیت موضوع کیفیت آب شرب و عوامل زیاد مؤثر در کیفیت آب نقاط انتهایی مصرف، مطالعات گسترده‌تری برای تعیین نقش عوامل مختلف مؤثر بر کیفیت آب مانند اثر جنس لوله‌ها و بیوفیلم پیشنهاد می‌شود.

۶- قدردانی

آزمایش‌های این تحقیق در آزمایشگاه میکروبیولوژی پردیس فنی مهندسی شهید عباسپور دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است. از آقایان احمد مکاری و ایمان گودرزی که در انجام این آزمایش‌ها همکاری مؤثری داشته‌اند و همچنین از همکاری آزمایشگاه مرجع شرکت آب و فاضلاب استان تهران قدردانی می‌شود.

نتایج نمونه‌های مورد مطالعه در این تحقیق نشان داد که توقف شبانه آب در لوله‌های داخل ساختمان‌ها می‌تواند تعداد باکتری‌های هتروتروفیک را به مقدار بیش از حد مجاز افزایش دهد. البته در این نمونه‌ها پس از باز نمودن شیر و جاری شدن آب به مدت پنج دقیقه، کیفیت آب به میزان قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یافت. لذا بر اساس این نتایج می‌توان پیشنهاد نمود که در ساعات اولیه بامداد، یا زمان عدم برداشت از شیرهای آب برای مدت طولانی نظیر مسافرت، از مصرف آب آشامیدنی در دقایق اول خروجی آب از شیرها، اجتناب شود. برای جلوگیری از اتلاف می‌توان از این آب برای مصارف غیرآشامیدنی مانند آبیاری گلخانه‌ها استفاده کرد.

متوسط تعداد باکتری‌های هتروتروفیک در نمونه‌های برداشت شده از مخازن، بیشتر از متوسط تعداد باکتری‌های موجود در آب شهری بود. علی‌رغم این افزایش، تعداد باکتری‌های موجود در تمامی نمونه‌ها، کمتر از حد استاندارد بود که نشان‌دهنده کیفیت قابل قبول آب مخازن برای نمونه‌های مورد مطالعه است. اگرچه هدف اصلی این تحقیق، بررسی کیفیت آب شبکه شهر تهران نبود اما در شرایط و برای نمونه‌های مورد مطالعه، تعداد

۷- مراجع

1. Lautenschlager, K., Boon, N., Wang, Y., Egli, T., and Hammes, F. (2010). "Overnight stagnation of drinking water in household taps induces microbial growth and changes in community composition." *J. Water Research*, 44(17), 4868-4877.
2. Haider, T., Haider, M., Wruss, W., Sommer, R., and Kundi, M. (2002). "Lead in drinking water of vienna in comparison to other european countries and accordance with recent Guidelines." *Int. J. Hygiene and Environmental Health*, 205(5), 399-403.
3. Zietz, B. P., de Vergara, J. D. and Dunkelberg, H. (2003). "Copper Concentrations in tap water and possible effects on infant's health-results of a study in lower saxony, Germany." *J. Environmental Research*, 92(2), 129-138.
4. Zietz, B. P., Lass, J. and Suchenwirth, R. (2007). "Assessment and management of tap water lead contamination in lower saxony, Germany." *Int. J. Environmental Health Research*, 17(6), 407-418.
5. Servais, P., Billen, G., Laurent, P., Levi, Y., and Randon, G. (1992). "Studies of BDOC and bacterial dynamics in the drinking water distribution system of the Northern Parisian suburbs." *J. of Water Sciences*, 5, 69-89.
6. Kerneys, A., Nakache, F., Deguin, A., and Feinberg, M. (1995). "The effects of water residence time on the biological quality in a distribution network." *J. Water Research*, 29(7), 1719-1727.
7. Niquette, P., Servais, P., and Savoie, R. (2000). "Impacts of pipe materials on densities of fixed bacterial biomass in a drinking water distribution system." *J. Water Research*, 34(6), 1952-1956.
8. Mallevialle, J., and Suffet, I. (1987). "Identification and treatment of tastes and odors in drinking water." *AWWA Research Foundation*, Denver, CO, USA.
9. LeChevallier, M. W., Welch, N. J. and Smith, D. B. (1996). "Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water." *J. Applied and Environmental Microbiology*, 62(7), 2201-2211.

10. World Health Organization (WHO). (2006). *Guidelines for drinking - water quality*, 3rd Ed. WHOC, Geneva, Switzerland.
11. Jalili Ghazizadeh, M. R., Moloudzadeh, N., and Salehi, S. (1999). "Methods of peak consumption reduction in water distribution networks." *National Congress of Civil Engineering*, Tehran University, Tehran. (In Persian)
12. Pepper, I. L., Rusin, P., Quintanar, D. R., Haney, C., Josephson, K. L., and Gerba, C. P. (2004). "Tracking the concentration of heterotrophic plate count bacteria from the source to the consumer's tap." *Int. J. Food Microbiology*, 92(3), 289-295.
13. Wanga, W., Edwardsa, M., Falkinham, J. O., and Prudena, A. (2012). "Molecular survey of the occurrence of *Legionella spp.*, *Mycobacterium spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Amoeba Hosts* in Two chloraminated drinking water distribution Systems." *J. Applied and Environmental Microbiology*, 78(17), 6285-6294.
14. Iran Industrial Investigation Standard Organization. (1999). *Water-culturable micro-organisms count*, Standard No. 8-5271, Tehran, Iran. (In Persian)
15. Country Water and Wastewater Co. (2005). *Instruction for heterotrophic plate count bacteria in water*, 1st Ed., Utilization Department, Iran, (In Persian).
16. Bartram, J., Cotruvo, J., Exner, M., Fricker, C., and Glasmacher, A. (2003). *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety*, IWA Publishing on Behalf of World Health Organization (WHO), London, UK.
17. Chen, L., Jia, R. B., and Li, L. (2013). "Bacterial community of iron tubercles from a drinking water distribution system and its occurrence in stagnant tap Water." *J. Environmental Sciences: Processes and Impacts*, 7, 1332-1340.