مجله سلامت و بهداشت

دوره ششم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹٤، صفحات ۲۲۶ تا ۲۳۵

باکتری‌های هتروتروف در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل

مرتضی عالیقدری[۱]، طیبه صادقی[۱]*،پری باقری اردبیلیان[۱]، الهام ایران پور[۱]، شهلا خداوردی[۱]، عزیزه عالی پناه[۲]

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۲. آموزش وپرورش شهرستان سرعین، اردبیل، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰٤٥۳۳٥۲۰٤۷۷ فکس: ۳۳۷۲۱۷٥٥ ۰٤٥ ایمیل: t.sadeghin@arums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: باکتری‌های هتروتروف (شمارش بشقابی هتروتروف‌ها) و کلیفرم‌ها اغلب به عنوان شاخص‌های عملکرد فرآیندگندزدایی آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این پژوهش با هدف اندازه‌گیری شاخص HPC در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت.

روش کار: در این مطالعه توصیفی تحلیلی، تعداد ٤۲ نمونه به صورت تصادفی و تحت شرایط استاندارد از شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل تهیه و متغیرهای HPC، کلرآزاد باقیمانده، کدورت، pH و دما اندازه‌گیری شدند. آزمایش HPC با تکنیک پخش بشقابی و با استفاده از محیط کشت R2A آگار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج از طریق آمار توصیفی و آزمون آماری رگرسیون صورت گرفت.

یافته‌ها: در ۷۱/٤ درصد از نمونه‌ها، باکتری‌های هتروتروف مشاهده گردید. تعداد باکتری‌های هتروتروف در۹/۶ درصد از نمونه‌ها بیش از ٥۰۰ CFU/ml بود. میانگین شاخص HPC در نمونه‌های آب ۱٤۰/۰۲CFU/ml با انحراف معیار ۲۲۷/۲۲ و میانگین غلظت کلر آزاد باقیمانده ۰/۳۳ mg/l با انحراف معیار ۰/۳۲ تعیین گردید. غلظت کلرآزاد باقیمانده در ۲۱/٤ درصد از نمونه‌ها کمتر از ۰/۲ mg/l و در ۱۹ درصد از نمونه‌ها صفر بود. کدورت نمونه‌ها در محدوده ۳ NTU- ۰/۰٥ بود. رابطه بین متغیرها، HPC با کدورت و pH معنی‌دار مستقیم؛ و HPC با کلرآزاد باقیمانده و دما معنی‌دار معکوس بود.

نتیجه گیری: اندازه‌گیری HPC به صورت دوره‌ای در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر ا ردبیل به منظور شناسایی مناطق آلوده و تامین غلظت کلرآزاد باقیمانده در محدوده استاندارد ۰/۲-۰/۸ mg/l به عنوان یک متغیر مهم و تاثیرگذار در کنترل کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی ضروری است.

واژه های کلیدی: آب آشامیدنی، باکتری هتروتروف، HPC، اردبیل

دریافت: ۹۳/۲/٤ **پذیرش:** ۹۳/۶/۱٤

مقدمه

یکی از عوامل ایجادکننده بیماری‌های واگیر، آلودگی میکروبی آب آشامیدنی می‌باشد. کنترل بیماری‌های منتقله از راه آب از اهداف اصلی پروژه‌های آبرسانی می‌باشد؛ به طوری که سازمان جهانی بهداشت در تامین آب آشامیدنی، کنترل کیفیت میکروبی آن را در اولویت اول قرار داده است (۱). طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، از هر ۱۰ بیماری در دنیا، یک بیماری به دلیل آب ناسالم بوده و ۶ درصد مرگ و میرها در سراسر جهان از آب ناسالم ناشی می‌گردد (۲). آلودگی‌های میکروبی آب در نقاط مختلف پروژه‌های آبرسانی (منابع تامین کننده، شبکه توزیع و...) اتفاق می‌افتد. بررسی‌ها نشان داده است شبکه توزیع آب آشامیدنی به دلایل گوناگون می‌تواند عامل تنزل کیفیت آب باشد (۳).

هر چند که شاخص متداول در بررسی کیفیت میکروبی آب آشامیدنی، اندازه‌گیری باکتری‌های کلیفرم و کلیفرم گرما پای هستند، با این وجود

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

شمارش باکتری‌های هتروتروف به روش بشقابی[1]، نیز برای ارزیابی سیستم تصفیه و شبکه توزیع در بسیاری از موارد توصیه شده است (۵،٤). باکتری‌های هتروتروف در برگیرنده طیف وسیعی ازباکتری‌ها هستند که در آب، ذرات گرد و غبار، خاک و... تعداد زیادی از آنها یافت می‌شود (۶). به جز جنس‌های باسیلوس و میکروکوکوس بقیه گرم منفی بوده و جنس‌های پروتئوس، آنتروباکتر، آئرومونـاس، سیتروباکتر، سودوموناس، کلبسیلا، فلاووباکتریوم، سراتیا، موراکسلا و آلکالیژنز را شامل می‌شوند (۷). گونه سودوموناس عامل عفونت‌های پوستی و ریوی و آئرومونـاس عامل گاستروآنتریت فرصت طلب شناخته شده‌اند. جمعیت بالای میکروبی هتروتروف‌ها در آب، سلامت افراد دارای نقص سیستم ایمنی، کودکان، نوزادان، سالمندان و افرادی که دچار سوختگی شدید شده‌اند را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۸).

روشHPC به عنوان شاخصی کارآمد در تصفیه آب مورد توجه بوده و در بسیاری از منابع علمی، پایش آن درآب آشامیدنی به منظور حصول اطمینان از سلامت مصرف کنندگان مورد تاکید قرارگرفته است. در این روش، تعداد باکتری‌های هتروتروف زنده درآب اندازه‌گیری می‌شود (۹). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا حداکثر مجاز تعداد باکتری‌های هتروتروف را در شبکه توزیع آب آشامیدنی ۵۰۰ CFU/ml تعیین کرده است (۱۰). در آب‌های آشامیدنی، تعداد باکتری‌های HPC ممکن است کمتر از ۱ CFU تا بیش از $۱۰^{٤}$CFU در هر میلی لیترمتغیر باشد و عمدتاً متاثر از درجه حرارت، کلر باقیمانده و ماده آلی قابل جذب می‌باشد (۱۱). بالابودن تعداد آن در آب آشامیدنی بیانگر آلودگی است، گرچه افزایش ناگهانی تعداد کلنی‌ها ممکن است نشانه ورودآلودگی تازه به منابع آب باشد (۹). مطالعه انجام شده در شهر تبریز، حاکی از وجود بیش از حد مجاز باکتری‌های هتروتروف در آب آشامیدنی ۶ منطقه است (۱۲). همچنین در مطالعه مشابه در شهرستان سمنان، میزان HPC در ۹۹/۶۲ درصد از نمونه‌ها کمتر از حد مجاز گزارش شده است (۹). آلودگی ۳/۵ درصد نمونه‌ها درآب‌های آشامیدنی کشورآلمان به HPC (۱۳)، آلودگی ٤۵ درصد نمونه‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی شهر روهری[2] پاکستان به HPC (۱٤)، نمونه‌هایی از مطالعات انجام یافته در این خصوص می‌باشد.

تحقیقات نشان داده است که حضور باکتری‌های هتروتروف در تراکم بالا، تعیین آلودگی‌های مدفوعی و بیماری‌زایی را با مشکل مواجه می‌سازد (۱۵). تراکم زیاد ارگانیزم‌های هتروتروف بیش از ۱۰۰۰CFU/ml در نمونه‌های آب می‌تواند حساسیت آزمایش چند لوله‌ای و روش فیلتر غشایی را کاهش دهد (۷). از طرف دیگر باکتری‌هایی از قبیل لژیونلا و آئروموناس که بیماری‌زا هستند ممکن است در آب حضور داشته باشند و نبودن کلیفرم به معنی عدم حضور این میکروارگانیزم‌ها نیست. مطالعاتی نیز تداخل جمعیت بالای هتروتروف‌ها در آزمایش کلیفرم در کشت لاکتوز را نشان داده است (۱۲).

جمعیت بالای هتروتروف‌ها در شبکه توزیع آب آشامیدنی علاوه بر مسائل زیبایی‌شناختی (ایجاد طعم و بو، رنگ و تولید بیوفیلم)، از نظر اقتصادی (خورندگی و تولید رسوب) مورد توجه هستند. برخی از هتروتروف‌ها به عنوان بیماری‌زا و گروهی دیگر با عنوان فرصت طلب مطرح می‌شوند (۱۶،۱۲). بررسی‌ها نشان داده است کنترل HPC همراه با سایر اطلاعات می‌تواند برای اعتباربخشی و تایید کارآیی پروسه‌های تصفیه آب از قبیل فیلتراسیون و گندزدایی به کار گرفته شود. در شبکه توزیع نیز HPC می‌تواند قضاوت‌هایی در مورد وضعیت شبکه آبرسانی از نظر حضور مواد آلی، کاهش میزان باقیمانده گندزدا، در دسترس بودن مواد غذایی،

[1] Heterotrophic Plate Count (HPC)

[2] Rohri

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

ماندگی و افت فشار در شبکه را ارائه نماید (۱۷،۶). تکنیک‌های مختلفی (ریختن بشقابی، پخش بشقابی و فیلترغشایی) جهت شناسایی واندازه‌گیری باکتری‌های هتروتروف درآب ارائه شده است. روش کشت، ترکیب محیط کشت، دمای کشت و زمان نهفتگی از پارامترهای مهم در کشت این باکتری‌ها محسوب می‌گردد. روش HPC معمولاً در ارتباط با متغیرهایی از قبیل کدورت، کلرآزاد باقیمانده، pH و دما در آب، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۱٤). از آنجایی که روشHPC در زمره آزمایش‌های معمول کنترل کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی نمی‌باشد و داده‌هایی در این زمینه برای شهر اردبیل منتشر نشده بود، لذا این پژوهش با هدف اندازه‌گیری HPC در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت.

روش کار

در این مطالعه توصیفی تحلیلی، نمونه‌ها با روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای از جامعه آماری (آب آشامیدنی در شبکه توزیع شهر اردبیل) انتخاب گردید. بر اساس نقشه شبکه آبرسانی (۱۸)، شهر اردبیل به ۳ منطقه (خوشه) تقسیم‌بندی گردیده و از داخل هر خوشه ۱٤ نمونه (جمعاً ٤۲ نمونه) طوری انتخاب گردید که کل خوشه‌ها را پوشش دهد. روش نمونه‌برداری از آب مطابق با استاندارد شماره ٤۲۰۸ سازمان ملی استاندارد ایران صورت گرفت (۱۹). HPC به عنوان متغیر وابسته و کلرآزاد باقیمانده، pH، دما و کدورت، متغیرهای مستقل تحقیق بودند. جهت برداشت نمونه‌ها از ظروف شیشه‌ای استریل حاوی تیوسولفات سدیم ۳٪ استفاده شد. نمونه‌ها از مکان‌های مختلف (مغازه، منزل، پارک و...) برداشته شده و در مجاورت یخ به آزمایشگاه میکروبیولوژی محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل منتقل گردید. متغیرهای دما و کلر آزاد باقیمانده در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری و آنالیز سایر متغیرها مطابق با روش‌های استاندارد ارائه شده توسط APHA برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت (٤). به منظور شمارش بشقابی هتروتروف‌ها از روش ریختن بشقابی[1] و محیط کشت R2A آگار استفاده گردید. زمان انکوباسیون ۷۲ ساعت و دمای انکوباسیون ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای تمام نمونه‌ها یکسان در نظر گرفته شد (۱٤). تجزیه و تحلیل نتایج اولیه از طریق آمار توصیفی و ارتباط بین متغیرها از روش آزمون آماری رگرسیون با استفاده از نرم افزار SPSS -16 انجام گرفت.

یافته ها

در جدول ۱ مناطق نمونه‌برداری و نتایج آنالیز متغیرها نشان داده شده است. همچنین در جدول ۲ خلاصه نتایج داده‌ها با استفاده از پارامترهای آمار توصیفی (محدوده، میانگین و انحراف معیار) ارائه شده است.

از مجموع نمونه‌های مورد آزمایش (٤۲ نمونه)، در ۷۱/٤ درصد نمونه‌ها (۳۰ منطقه)، باکتری‌های هتروتروف شناسایی شد. ۲۸/۶ درصد نمونه‌ها در ۱۲ منطقه (علی آباد، شریعتی، حسینیه، شهرک کوثر، دانشگاه علوم پزشکی، میدان بسیج، خیابان عطایی، میدان ارتش، میدان خیرین مدرسه‌ساز، فاز یک سبلان، خیابان کشاورز، بعثت) فاقد باکتری‌های هتروتروف بودند. تعداد باکتری‌های هتروتروف در ۹/۶ درصد از نمونه‌ها (٤ منطقه) بیش از ۵۰۰CFU/ml بود. تراکم باکتری‌های هتروتروف در آب آشامیدنی این مناطق (فرهنگیان، سه راه نیار، میدان وحدت و انتهای خیابان وحدت) بین ۵٤۰-۹۰۰CFU/ml اندازه‌گیری شد. در ۶۱/۸ درصد نمونه‌ها (۲۶ منطقه) این تعداد بین ۲-۵۰۰CFU/ml بود.

[1] Pour-Plate Technique

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۱. نتایج آنالیز متغیرها در نمونه‌های تهیه شده از مناطق مختلف شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۱

نمونه	منطقه نمونه برداری	HPC (CFU/ml)	کلرآزاد باقیمانده (mg/l)	pH	درجه حرارت (°C)	کدورت (NTU)
۱	میدان قدس	۳۵	۰	۶/۹	۱۱	۰/۲
۲	ججین	۲	۰/۵	۷/۶	۱۲	۰/۳
۳	علی آباد	۰	۰/٤	۷/۷	۱۲	۰/۳
٤	والی	۹۵	۰/۱	۷/۶	۱۲	۰/۳
۵	ایستگاه سرعین	۱۰	۰/۵	۷/۵	۱۲	۰/٤۱
۶	شریعتی	۰	۰/۵	۷/۶	۱۰	۰/٤۲
۷	سه راه دانش	۱۶۰	۰	۶/۹	۱۰	۰/۷۸
۸	حافظ	٤۵	۰/۱	۷/۸	۱۲	۱/۸
۹	بازار	۱۰۰	۰	۶/۸	۱۵	۰/۶
۱۰	تازه میدان	۵۲	۰	۷/۷	۱۱	۰/۷
۱۱	میدان جهاد	۲۰	۰/۲	۶/۸	۱۳	۱/۱
۱۲	بهار آباد	۱۰	۰/۲	۷/۶	۱۲	۰/۳
۱۳	باکری	٤۰	۰/۱	۷/۹	۱۲	۰/٤
۱٤	فلسطین	۱۱	۰	۷/۶	۱۱	۰/٤
۱۵	باغمیشه	۲۶	۰/٤	۷/۵	۱۱	۰/۳
۱۶	سعدی	۷	۰/٤	۷/۷	۱۰	۰/۵
۱۷	شهرک اداری فاز ۳	۳۰۰	۰/۱	۷/۸	۱۱	۰/۵
۱۸	شهرک اداری فاز ۱	۷	۰/۲	۷/۲	۱۲	۰/۳
۱۹	شهرک اداری فاز ۲	۲۰۱	۰	۷/۲	۱۱	۱/۱
۲۰	فرهنگیان	۸۰۰	۰	۷/۹	۱۲	۳
۲۱	حسینیه	۰	۰/٤	۷/۷	۱۲	۰/۲
۲۲	میدان قیام	۲٤۰	۰/۱	۷/٤	۱۲	۰/۸
۲۳	عالی قاپو	۱۳۰	۰/۱	۷	۱۲	۱/۱
۲٤	زینال	۸۰	۰/۲	۷	۱۱	۰/۷
۲۵	دروازه مشگین	٤۰۰	۰/۲	۷/۸	۱۱	۰/۶
۲۶	میدان جهاد	۵۰۰	۰	۷/۷	۱۰	۱
۲۷	شهرک وصال	۳۵۰	۰/۱	۷/۶	۱۰	۰/۵
۲۸	شهرک زرناس	۸۰	۰/۵	۷/۶	۱۱	۰/۷
۲۹	سه راه نیار	۹۰۰	۰/۵	۷/۶	۱۲	۱/۱
۳۰	میدان توحید	۱۰۰	۰/۱	۷/۶	۱۱	۰/۹
۳۱	میدان وحدت	۶۲۰	۰/۲	۷/۷	۱۲	۰/۹
۳۲	شهرک کوثر	۰	۰/۹	۷/۷	۸	۰/٤
۳۳	انتهای خیابان وحدت	۵٤۰	۰/۱	۷/۷	۱۲	۰/۵
۳٤	دادگستری	۲۰	۰/۲	۷/۷	۱۵	۰/۶
۳۵	دانشگاه علوم پزشکی	۰	۰/۸	۷/۵	۱۳	۰/۱
۳۶	میدان بسیج	۰	۰/۹	۷/٤	۱٤	۰/۰۸
۳۷	خیابان عطایی	۰	۰/۷	۷/۳	۱۵	۰/۰۶
۳۸	میدان ارتش	۰	۱	۷/٤	۱۵	۰/۰۵
۳۹	میدان خیرین مدرسه‌ساز	۰	۱/۱	۷/۵	۱٤	۰/۰۵
٤۰	سبلان فاز ۱	۰	۰/۶	۷/٤	۱۳	۰/۱
٤۱	خیاابان کشاورز	۰	۰/۷	۷/۵	۱۲	۰/۲
٤۲	بعثت	۰	۰/۹	۷/۶	۱۲	۰/۱

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۲. نتایج آنالیز آماری (توصیفی) داده ها در نمونه‌های برداشت شده از شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۱

متغیر	حداقل	حد اکثر	میانگین	انحراف معیار
HPC (CFU/ml)	۰	۹۰۰	۱٤۰/۰۲	۲۲۷/۲۲
کلرآزاد باقیمانده (mg/l)	۰	۱/۱۰	۰/۳۳	۰/۳۲
pH	۶/۸۰	۷/۹	۷/٤۹	۰/۲۹
درجه حرارت (°C)	۸	۱۵	۱۱/۸۳	۱/۵۳
کدورت (NTU)	۰/۰۵	۳/۰۰	۰/۵۸	۰/۵٤

غلظت کلرآزاد باقیمانده در ۸ منطقه (۱۹٪) صفر بود. در ۹ منطقه (۲۱/٤٪) غلظت این پارامتر کمتر از ۰/۲mg/l و در ۵ منطقه (۱۱/۹٪) بیشتر از ۰/۸mg/l تعیین گردید. در ۲۰ منطقه (٤۷/۷٪) غلظت کلرآزاد باقیمانده ۰/۸ mg/l-۰/۲ اندازه‌گیری شد. pH نمونه‌ها در محدوده ۷/۹-۶/۸ (با میانگین ۷/٤۹)، درجه حرارت آب در محدوده ۱۵- ۸ درجه سانتی‌گراد (با میانگین $^{\circ C}$ ۱۱/۸۳) و کدورت آب در محدوده ۳NTU- ۰/۰۵ (با میانگین ۰/۵۸ NTU) اندازه‌گیری شد. در جدول ۳ ارتباط بین متغیر HPC با سایرمتغیرها، با استفاده از تکنیک آماری (آزمون همبستگی پیرسون) نشان داده شده است.

جدول۳. ضریب همبستگی پیرسون در مورد ارتباط متغیرHPC با سایرمتغیرهای اندازه‌گیری شده

متغیر	کلرآزادباقیمانده	pH	درجه حرارت	کدورت
HPC	-۰/۳٤۷*	۰/۲۶۱	-۰/۲۳۱	۰/۶۷**

اعداد نشان دهنده ضریب همبستگی پیرسون (r) می باشند.

* ارتباط در سطح ۰/۰۵ (p-value) معنی‌دار است.

** ارتباط در سطح ۰/۰۱ (p-value) معنی‌دار است.

تحلیل آماری نشان داد که بین متغیرHPC و کلرآزاد باقیمانده ارتباط معنی‌دار (معکوس) در سطح α=۰/۰۵ وجوددارد (R = -۰/۳٤۷) که با افزایش غلظت کلرآزاد باقیمانده، تراکم HPC در آب کم می‌شد. ارتباط بین HPC و pH معنی‌دار (R =۰/۲۶۱) بود، به طوری که با افزایش pH، تراکم HPC در آب افزایش می‌یافت. همچنین بین متغیر HPC و درجه حرارت آب ارتباط معنی‌دار معکوس مشاهده گردید، یعنی با افزایش درجه حرارت آب از تراکم HPC در آب کم می‌شد (R = -۰/۲۱۳). نتایج تحلیل آماری در خصوص ارتباط HPC و کدورت، حاکی از معنی‌دار بودن آن (مستقیم) در سطح α =۰/۰۱ بود، که با افزایش کدورت آب، تراکمHPC افزایش پیدا می‌کرد.

متغیرهای کدورت و pH، ارتباط مستقیم با متغیرHPC داشت (شدت ارتباط بین کدورت و HPC بیشتر از شدت ارتباط بین pH و HPC) بود. همچنین متغیرهای کلر آزاد باقیمانده و درجه حرارت، ارتباط معکوس با متغیر HPC داشت (شدت ارتباط بین کلرآزاد باقیمانده و HPC بیشتر از شدت ارتباط بین درجه حرارت و HPC) بود. به طور کلی شدت ارتباط متغیرHPC با سایر متغیرها به ترتیب (کدورت، کلر آزاد باقیمانده، pH، درجه حرارت) کمتر می‌شد.

بحث

میکروارگانیسم‌ها به صورت لایه‌هایی (بیوفیلم) می‌توانند در آب رشد نمایند. همچنین چسبیدن آنها به سطوحی که با آب در تماس بوده، امکان‌پذیر می‌باشد (۲۰). لایه پلی ساکاریدی احاطه‌کننده بیوفیلم، محیط را جهت تغذیه و محافظت میکروب‌ها در برابر گندزداها مساعد می‌سازد. عواملی از قبیل تغییرات وسیع در غلظت کلرآزاد باقیمانده، مخصوصاً کاهش ناگهانی آن در آب آشامیدنی، شکستگی لوله‌ها و... باعث ورود میکروارگانیسم‌ها به

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

محیط آب و در نتیجه افزایش طیف وسیعی از میکروب‌ها از جمله تراکم HPC می‌گردد (۲۱). همچنین رشد باکتری‌های هتروتروف در قسمت‌های راکد شبکه توزیع آب آشامیدنی، اتصالات آبرسانی، آب سردکن‌ها اتفاق می‌افتد (۱۲).

نتایج مطالعه نشان داد که باکتری‌های هتروتروف در اغلب مناطق مختلف شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل (۷۱/٤٪ مناطق) رشد کرده بودند. نمونه‌های مثبت در برگیرنده مناطق دارای شبکه قدیمی لوله‌کشی (بازار، عالی قاپو، میدان قیام و...) و جدید (شهرک کارشناسان، فلسطین، زرناس و...) بود. در مطالعات مشابه، باکتری‌های هتروتروف در ۵۰ درصد از نمونه‌های گرفته شده از مناطق دارای شبکه لوله‌کشی شده قدیم و جدید شهر تبریز (۱۲)، در ۱۰۰ درصد نمونه‌های شهر سمنان (۲۱)، در ۱۰۰ درصد نمونه‌های شهر اصفهان (۱۱)، حضور داشتند. همچنین عدم حضور باکتری‌های هتروتروف فقط در یک نمونه شهر سمنان (۲۲) و حضور باکتری‌های هتروتروف در ۱۲/٤٤ درصد نمونه‌های پاکستان (١٤)، نتایج سایرمطالعات انجام شده در این زمینه می‌باشد.

تراکم بیش از حد مجاز HPC (۵۰۰CFU/ml) در ٤ منطقه (فرهنگیان، سه راه نیار، میدان وحدت و انتهای خیابان وحدت)، نشان دهنده آلودگی آب می‌باشد. در مطالعات مشابه، وجود بیش از حد مجاز باکتری‌های هتروتروف در آب آشامیدنی ۶ منطقه تبریز (۱۲)، آلودگی ۳/۵ درصد نمونه‌ها در آب‌های آشامیدنی کشورآلمان (۱۳) به HPC، آلودگی ٤۵ درصد نمونه‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی شهر روهری پاکستان (١٤) به HPC، ۰/۳۸ درصد نمونه‌ها دارای بیش از ۲۵۰CFU/ml در شهر سمنان (۲۱)، غیرقابل شمارش بودن تعداد باکتری‌های هتروتروف در چهار مورد از نمونه‌های شهر سمنان (۲۲)، گزارش شده است. با وجود اینکه نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که آب تصفیه شده به صورت متعارف کمتر از ۱۰۰ ارگانیسم در هر میلی‌لیتر دارد، اما تغییرات قطر لوله، راکد ماندن آب، کاهش سرعت آب و مصرف آن، انتهای شبکه توزیع، باعث افزایش تراکم باکتری‌های هتروتروف در آب می‌گردد (۱۲). همچنین کاهش غلظت کلر آزاد باقیمانده، افزایش کدورت، مواد آلی قابل جذب توسط میکروب‌ها و افزایش درجه حرارت، متغیرهای تاثیرگذار در افزایش تراکم باکتری‌های هتروتروف در آب می‌باشد (۵). رشد بیش از حد مجاز باکتری‌های هتروتروف در مناطق فرهنگیان (۸۰۰CFU/ml)، انتهای خیابان وحدت (٥٤٠CFU/ml) و میدان جهاد (۵۰۰CFU/ml)، می‌تواند ناشی از کاهش غلظت کلرآزاد باقیمانده (کمتر از ۰/۲ppm) باشد، که به ترتیب صفر، ۰/۱و صفر بود که مورد مشابه آن منطقه الهیه تبریز (غیرقابل شمارش بودن نمونه با غلظت کلرآزاد باقیمانده صفر) (۱۲) و ۷ منطقه مطالعه شده شهر سمنان (۹) (غلظت کلرآزادباقیمانده کمتراز ۰/۲mg/l با HPC بیش از۲۵۰CFU/ml) بود.

در مناطقی که غلظت کلرآزاد باقیمانده در حد استاندارد (۰/۸mg/l-۰/۲) بود (۲۰ منطقه)، HPC در محدوده ۹۰۰CFU/ml-۰ اندازه‌گیری شد. در مطالعه مشابه (شهر سمنان)، در ۸۶ درصد نمونه‌هایی که غلظت کلرآزاد باقیمانده در محدوده استاندارد بود، تراکم HPC کمتر از ۲۵۰CFU/ml تعیین گردید (۹). همچنین در مطالعه شهر تبریز، ۳۵ نمونه با غلظت کلرآزاد باقیمانده استاندارد، دارای تراکم HPC در محدوده ۸۰۰-۰ بود (۱۲). در مناطق سه راه نیار و میدان وحدت با اینکه غلظت کلر آزاد باقیمانده به ترتیب ۰/۵ و ۰/۲ میلی گرم در لیتر (در محدوده استاندارد) بود، اما تراکم HPC به ترتیب ۹۰۰CFU/ml و ۶۲۰CFU/ml تعیین گردید که با نتایج مطالعه شهرتبریز (منطقه چایکنار با کلر آزاد باقیمانده ۰/۸mg/l و HPC ۸۰۰ و منطقه آخرعباسی با کلر آزاد باقیمانده ۰/۸mg/l و

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

HPC ۵۰۰ همخوانی داشت (۱۲). از عوامل تاثیرگذار بر این موضوع، علاوه بر پارامترهای ذکرشده می‌توان از خطا (کشت نمونه و اندازه‌گیری غلظت کلر آزاد باقیمانده) نام برد.

در ۱۱/۹درصد نمونه‌های این مطالعه که غلظت کلر آزاد باقیمانده بیش از حد استاندارد (۰/۸mg/l) بود، میزان HPC صفر تعیین گردید. در نتایج شهر سمنان، ۸/۶۸ درصد نمونه‌ها بیش از ۰/۸mg/l کلرآزاد باقیمانده داشته و تراکم HPC کمتر از ۵۰ گزارش شد (۹). همچنین در مطالعه شهر تبریز، ۲۸ درصد نمونه‌ها بیش از ۰/۸ mg/l کلر آزاد باقیمانده داشته و HPC در محدوده ۱۵۰۰-۰ گزارش شد (۱۲).

در مناطقی که تراکم HPC صفربود (۱۲منطقه)، غلظت کلر آزاد باقیمانده در محدوده ۱/۱-۰/٤mg/l تعیین گردید که در ۵ منطقه (نمونه) از آن، غلظت کلر آزاد باقیمانده بیش از حد مجاز (۱/۱-۰/۹ mg/l) استانداردهای تعیین شده قرار داشت. در نتایج مطالعه شهر تبریز، ۲۵ نمونه با HPC صفر، دارای غلظت کلر آزاد باقیمانده در محدوده ۱/۲-۰/٤ mg/l بود که در ۶ منطقه (نمونه) از آن، غلظت کلر آزاد باقیمانده بیش از حد مجاز (۱/۲-۰/۹mg/l) استانداردهای تعیین شده قرار داشت (۱۲). در مناطقی (۲۶ منطقه) که تراکم HPC بین ۵۰۰-۲CFU/ml بود، غلظت های متفاوتی ازکلرآزاد باقیمانده (۰/۵ mg/l-۰) اندازه‌گیری شد. مشابه این نکته در نتایج شهر تبریز (تراکم HPC کمتر از ۵۰۰CFU/ml با غلظت‌های متفاوت از کلرآزاد باقیمانده (۱/۲-۰/۵ mg/l) قابل مقایسه می‌باشد (۱۲).

در این مطالعه، ارتباط بین HPC و کلر آزاد باقیمانده معنی‌دار معکوس بود که با نتایج مطالعات انجام یافته در شهرستان سمنان (۲۲)، و شهرهای تبریز (۱۲)، اصفهان (۱۱)، سمنان (۲۱)، روهری پاکستان (۱٤) همخوانی داشت. همچنین مطالعه انجام شده در مورد رشد مجدد باکتریایی در شبکه توزیع آب آشامیدنی و رابطه آن باگندزداها (غلظت باقیمانده) (۶)، وجود چنین ارتباطی را تایید می‌کند. نتایج نشان داد که در زمان انجام این مطالعه، فرآیند کنترل غلظت کلر آزاد باقیمانده (میزان تزریق کلر و کنترل کلر آزاد باقیمانده) در اغلب نمونه‌ها (۵۲/۳٪) نامطلوب و خارج از استاندارد بود. در مناطقی که غلظت کلر آزاد باقیمانده بیش از حداکثر غلظت استاندارد (۰/۸mg/l) بود (۵ منطقه)، کنترل مرتب این پارامتر جهت جلوگیری از اثرات نامطلوب غلظت‌های بیش از حد مجاز بر دستگاه گوارشی لازم می‌باشد (۵). همچنین در مناطقی که غلظت این متغیر کمتر از حداقل غلظت مورد نیاز (۰/۲mg/l) و صفر بود (۱۷ منطقه)، نظارت بر فرآیند کلرزنی جهت حفظ سلامتی مصرف کنندگان لازم می‌باشد.

ارتباط بین HPC و pH در این مطالعه معنی‌دار مستقیم بود که با نتایج مطالعه انجام شده در شهر تبریز (۱۲)، همخوانی داشته اما با نتایج مطالعات شهر اصفهان (۱۱)، همخوانی نداشت. درجه حرارت آب در شبکه‌های توزیع آب آشامیدنی، اثرات بهداشتی مهم ندارد و نمی‌توان آنها را با معیارهای بهداشت عمومی تطبیق نمود. هر چند برای این متغیر در آب، اعداد راهنما یا محدودکننده‌ای توسط سازمان‌های بین‌المللی (WHO و EPA) ارائه نشده است، اما اتحادیه اروپا (EC)، اعدادی را به عنوان راهنما (حداقل $12^{\circ}C$ و حداکثر $25^{\circ}C$) برای آب در نظرگرفته است. در حالت کلی، درجه حرارت آب می‌تواند اثراتی را بر روی تصفیه آب، زندگی جانوران آبزی، سرعت واکنش‌های شیمیایی و... داشته باشد (۱۱). مقادیر درجه حرارت به دست آمده از این مطالعه در محدوده اعداد این اتحادیه قرار دارد و بین HPC و درجه حرارت آب ارتباط معنی‌دار معکوس مشاهده گردید، یعنی با افزایش درجه حرارت آب از تراکم HPC در آب کم می‌شد. نتایج مطالعه انجام شده در شهر تبریز (۱۲) نشان داد که ارتباط بین این دو متغیر معنی‌دار نبود. همچنین نتایج مطالعات انجام یافته در

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

شهرهای اصفهان (۱۱) و سمنان (۹) نشان داد که هر چند رابطه بین این دو متغیر مستقیم بود ولی چندان معنی‌دار نبود.

میانگین کدورت آب (۰/۵۸ NTU) با محدوده (۳NTU- ۰/۰۵) در این مطالعه حاکی از مطابقت غلظت این پارامتر با استانداردهای ارائه شده (حداکثر مقدار مجاز ۵ NTU و مقدار مطلوب ۱NTU) توسط US-EPA بود (۱۱)، اما با استانداردهای سخت گیرانه WHO (کدورت کمتر از ۱ NTU) مطابقت نداشت (۳). در این مطالعه، کدورت ۱۶/۶۷درصد نمونه‌ها ۱NTU و بزرگتر از آن بود. کدورت آب ممکن است باعث رشد و تکثیر پاتوژن‌ها شده و اثربخشی گندزدایی آب را کاهش دهد (۱۱). در تحلیل آماری، ارتباط HPC و کدورت، معنی‌دار (مستقیم) بود که با نتایج مطالعه انجام یافته در شهرهای اصفهان (۱۱) و سمنان (۲۱) مطابقت داشت ولی با نتایج مطالعه انجام یافته در شهر تبریز (۱۲) مطابقت نداشت. مطالعه پاور و همکاران (۲۲) در مورد ارتباط پارامترهای میکروبی با کدورت در آب، وجود چنین ارتباطی را تایید می‌کرد.

بین غلظت HPC در آب آشامیدنی و خطر سلامتی انسان ارتباطی مشاهده نشده است (۲۳) و با وجود اینکه نتایج تحقیقات حاکی از آن است که تماس انسان با باکتری‌های هتروتروف از طریق غذا بیشتر از آب می‌باشد (۲٤)، اما تجربیات موجود در زمینه کاهش کیفیت آب ناشی از رشد میکروارگانیسم‌ها در اثر تشکیل بیوفیلم (۲۰) و احتمال ایجاد بیماری در افراد دارای نقص ایمنی (۱٤) دلایلی بر کنترل غلظت باکتری‌های هتروتروف در کنار اندازه‌گیری سایر شاخص‌های کیفی میکروبی (باکتری‌های کلیفرم) در شبکه توزیع آب آشامیدنی می‌باشد.

نتیجه گیری

وجود باکتری‌های هتروتروف در اکثر نمونه‌ها (۷۱/٤٪) و تغییرات زیاد غلظت HPC در شبکه توزیع آب آشامیدنی (۰-۹۰۰CFU/ml)، در کنار نامطلوب بودن غلظت کلر آزاد باقیمانده در اغلب نمونه‌ها (۵۲/۳٪)، نیازمند کنترل منظم شاخص HPC در مقاطع مختلف زمانی (فصل)، شناسایی مناطق تهدیدکننده سلامتی و مقایسه نتایج داده‌ها می‌باشد، تا در جهت علت‌یابی و برطرف نمودن آن در مناطق دارای غلظت بیش از حد مجاز، ارتقای کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی و تامین سلامتی مصرف کنندگان اقدام گردد.

References

1- LeChevallier MW, Keung Au K. Water treatment and pathogen control: Process efficiency in achieving safe drinking water. 1nd .UK: IWA, 2004: 10-12.

2- World Health Organization. Water,sanitation and hygiene links to health, Facts and figures.2004a. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/factsfigures 2005: 1-2

3- World Health Organization. Guidelinefor drinking water quality, 4th ed. 2004b. Available at http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/624-eng-ed4 : 4-5

4- American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and astewater, 21th ed. Washington, D.C. 2001. Part 9000 Microbiological Examination. Section 9215.

5- 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): 1495-1502.

6- Chowdhury S.Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review. Environ Monit Assess. 2012; 184: 6087– 6137.

7- Bitton G. Encyclopedia of environment microbiology. John Wiley.2002: 202-210.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

8- World Health Organization. Heterotrophic plate count measurement indrinking water safety management. Reportof an expert meeting, Geneva. 2002. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/WSH02.10: 1-6.
9- Khodadadi A, Ayati B, Bineshian F. Bacteriological of Semnan drinking water distribution. The Modares Journal of Civil Engineering. 2012 winter; 12 (4): 91-98. [in Persian].
10- United Steates Environmental Protection Agency(USEPA). National primary drinking water standards. March 2001. Available athttp://www.epa.gov/safewater. EPA 816-F-01-007 March 2001.P: 1&4.
11- 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.Journal of water and wastewater. 2006 winter; 57 (17): 8-13.[in Persian].
12- Mosaferi M, Shakerkhatibi M, Mehri A. Heterotrophic bacteria in drinking water in Tabriz, Iran. J of school of public health and institute of public health research. 2011 winter; 8 (4): 83-92. [in Persian].
13- Volker S, Schreiber C, Kistemann T. Drinking water quality in household supply infrastructure-A survey of the current situation in Germany. International Journal of hygiene and environmental health. 2010 Jun; 213(3): 204–209.
14- Shar AH, Kazi YF, Kanhar NA, Soomro IH, Zia SM, Ghumro PB. Drinking water quality in Rohri City, Sindh, Pakistan.African Journal of Biotechnology. 2010 October; 9 (42): 7102-7107.
15- Reasoner DJ. Heterotrophic plate count methodology in the united states. Int J food microbiol. 2004 may; 92 (3): 307-315.
16-Figueras MJ, Borrego JJ. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality. IntJ Environ Res Public Health.2010; 7 (12): 4179-4202.
17- Ghanadi M. Standards and guidelines of drinking water microbial quality analysis. Journal of water and environment. 2002 February; 48-49: 4-13.[in Persian].
18- Ardabil Water and Wastewater Company. Map of ardabil city drinking water distribution system: The library archive. 2013. [in Persian].
19- Institute of Standards and Industrial Research of Iran.Water quality - Sampling formicrobiological examination of water – Code of practice. 4208.1st.Revision. 2007:12-39.[in Persian].
20- Kokkinakis EN, Fragkiadakis GA,Kokkinaki AN. Monitoring microbiological quality of bottled water as suggested by HACCP methodology. Food Control. 2008 October; 19 (10): 957–961.
21- Habibkhani P, Naderyrad N, Enshaie M. The role ofwater tapsin the growthof heterotrophicbacteriaon distribution system of Semnancity. Proceeding of the 3rd Conference of Environmental Engineering.2008 Oct. 7-8Graduate Faculty ofEnvironment,University ofTehran. 2008. Available at http://www.civilica.com/Paper-CEE03-CEE03_094.html .P:1-8.[in Persian].
22-Power KN, Nagy LA. Relationship between bacterial regrowth and some physical and chemical parameters within Sydney's drinking water distribution system. J. WaterResearch. 1999 February; 33 (3): 741-750.
23- Edberg SC, Allen MJ. Virulence and risk from drinking water of heterotrophic plate count bacteria in human population groups. International Journal of Food Microbiology. 2004May; 92 (3): 255–263.
24- Stine SW, Pepper IL, GerbaCP. Contribution of drinking water to the weekly intake of heterotrophic bacteria from diet in the United States. Water Research. 2005 January; 39 (1): 257-263.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]

Heterotrophic Bacteria in Drinking Water Distribution System in Ardabil, Iran

Alighadri M[1], Sadeghi T *[1], BagheriArdebilian P[1], Iranpour E[1], Khodaverdi SH[1], Alipanah A[2]

1. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Ardebil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran
2. Education of Sarein city, Ardebil, Iran
Corresponding author. Tel: +984533520477 Fax: +984533510053 E-Mail: t.sadeghin@arums.ac.ir

Received: Apr 24, 2014 Accepted: Sep 5, 2014

ABSTRACT

Background & Objectives: The heterotrophic plate count (HPC) bacteria and total coliforms are often used as the indicators of disinfection process performance. The aim of this study was to determine HPC indicator in drinking water distribution system in Ardebil city, Iran in 2012.
Methods: In this descriptive-analytical study, 42 water samples were taken randomly from Ardebil drinking water distribution system and their HPC, free chlorine residual, turbidity, pH, and temperature were measured. While the pour-plate technique was used for the HPC test and the R2A culture media were used. Data analysis was descriptive statistical and regression test.
Results: In 71.4% of the samples heterotrophic bacteria were present. In 9.6% of samples the HPC was higher than 500 CFU/ml. The mean of HPC indicator in water samples was 140.02 CFU/ml (SD=227.22) and the mean of free chlorine residual concentration was 0.33mg/l (SD=0.32). In 21.4% of samples the free chlorine residual concentration was less than 0.2mg/l and in 19% of samples was zero. The range of turbidity in samples was within 0.05-3NTU. There was a significant correlation between the HPC and turbidity (R=0.67), the HPC and pH (R=0.261), the HPC and free chlorine residual (R=-0.347), the HPC and temperature (R=-0.231).
Conclusion: Monitoring of HPC in drinking water distribution system in Ardebil city at periodically in order to identification of contaminated areas and free chlorine residual concentration supply the range of 0.2-0.8 mg/l is necessary as an important variable and effective in the control of drinking water bacteriological quality.
Keywords: Drinking Water; Heterotrophic Bacteria; HPC; Ardabil.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-04-11]