

Physicochemical and Microbiological Quality of Drinking Water from Water Coolers: A Narrative Review

Samaneh Dehghan¹
Hadiseh Andrawa²
Atefeh Jabari³

¹ Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

² BSc in Environmental Health Engineering, Student Research and Technology Committee, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ MSc Student in Environmental Health Engineering, Student Research and Technology Committee, School of Public Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received June 20, 2026; Accepted August 8, 2026)

Abstract

Background and purpose: Understanding waterborne pathogens and their routes of transmission is important, particularly in relation to water coolers, which are widely used during warm seasons. The design of these devices can promote the formation of biofilms and the growth of pathogenic microorganisms, while the materials used in their construction may also affect water quality. This study aimed to comprehensively review the physicochemical and microbiological quality of water dispensed from water coolers. This narrative review involved searches of Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, and SID using relevant Persian and English keywords. Articles published up to 30 September 2025 were reviewed. The findings indicated that water coolers may, over time, increase the concentrations of certain elements, such as cadmium, to levels exceeding permissible limits. However, physicochemical parameters, including pH, electrical conductivity, total dissolved solids, and hardness, as well as concentrations of bicarbonate, sodium, chloride, sulfate, and nitrite, were generally within the standards established by Iranian authorities and the World Health Organization (WHO). With regard to microbiological quality, water collected from the outlets was reported to contain microorganisms, including *Pseudomonas aeruginosa*, heterotrophic bacteria, *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp., *Proteus* spp., molds and yeasts, and coliforms. Factors associated with contamination included the quality of the incoming water supply, improper connection to the plumbing system, water stagnation within the tank, cracks in the device housing, inadequate hygiene, filter quality, tank material, and exposure to direct sunlight. Measures to improve the quality of water from water coolers include training personnel in appropriate cleaning and disinfection procedures, installing and maintaining devices in shaded, well-ventilated locations away from direct sunlight, conducting regular inspections, and periodically replacing plastic components that come into contact with water. Implementing these measures may help reduce potential health risks and protect public health.

Keywords: drinking water, Chemical, Bacterial Load, quality assessment

J Mazandaran Univ Med Sci 2026; 36 (260): 302-315 (Persian).

Corresponding Author: Atefeh Jabari - Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: jabariatefeh66@gmail.com)

کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آبرسدکن‌ها: یک مرور روایتی

سمانه دهقان^۱

حدیثه اندروا^۲

عاطفه جباری^۳

چکیده

سابقه و هدف: شناخت عوامل بیماری‌زا و نحوه انتقال آن‌ها از طریق آب آشامیدنی، به‌ویژه در آبرسدکن‌ها که در فصول گرم بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند، اهمیت دارد. ساختار این دستگاه‌ها زمینه را برای رشد بیوفیلم و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا فراهم کرده و فلزات به کار رفته در آن‌ها ممکن است بر کیفیت آب تأثیر بگذارند. این مطالعه با هدف مرور جامع بر کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آبرسدکن‌ها انجام پذیرفت. این مطالعه مروری روایتی با جستجو در پایگاه‌های Scholar، ScienceDirect، PubMed، و SID و با استفاده از کلید واژه‌های فارسی و انگلیسی مرتبط، مقالات منتشر شده تا تاریخ ۳۰ سپتامبر ۲۰۲۵ را بررسی کرد. مطالعات نشان دادند که آبرسدکن‌ها ممکن است باعث افزایش غلظت عناصری مانند کادمیوم بیش از حد مجاز شوند. با این حال، پارامترهای فیزیکوشیمیایی pH، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد محلول و سختی و یون‌هایی مانند بی‌کربنات، سدیم، کلرید، سولفات و نیتريت معمولاً در محدوده استاندارد ایران و سازمان جهانی بهداشت بودند. از نظر میکروبی، آلودگی آب خروجی به میکروارگانیسم‌هایی نظیر *سودوموناس آئروژینوزا*، باکتری‌های هتروتروف، *اشریشیا کلی*، *انتروکوک*، *پروتئوس*، *کپک* و *کلیفرم* گزارش شده است. عوامل مؤثر بر آلودگی شامل کیفیت آب ورودی، اتصال نامناسب به لوله کشی، راکد ماندن آب، درز بدنه، بهداشت ضعیف، کیفیت فیلترها، جنس مخزن و گرمای مستقیم خورشید می‌باشند. آموزش صحیح پرسنل در زمینه تمیزکاری و ضدعفونی، نگهداری دستگاه‌ها در مکان‌های سایه‌دار با تهویه مناسب، بازرسی دوره‌ای و تعویض قطعات پلاستیکی در تماس با آب، از جمله راهکارهای بهبود کیفیت آب آبرسدکن‌ها هستند. این اقدامات می‌تواند از بحران‌های بهداشتی پیشگیری کرده و سلامت جامعه را حفظ کند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفیت، شیمیایی، بار باکتریایی، آب شرب

مؤلف مسئول: عاطفه جباری - ساری، کیلومتر ۱۸ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران E-mail:jabariatefeh66@gmail.com

۱. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات و فناوری دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۳/۲ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۵/۳/۵ تاریخ تصویب: ۱۴۰۵/۶/۹

مقدمه

شناخت و کنترل عوامل بیماری‌زا و نحوه انتقال آن‌ها از محیط به انسان اهمیت ویژه‌ای دارد. بیش‌ترین سهم بیماری‌های منتقل‌شونده توسط محیط مربوط به آب است. بسیاری از بیماری‌های عفونی و همچنین برخی از بیماری‌های غیر واگیردار می‌تواند از طریق آب آشامیدنی به انسان منتقل گردد. برخی از این بیماری‌ها مرگ و میر بالایی به بار آورده و در مدت زمان کوتاه ممکن است طیف وسیعی از جامعه را آلوده کند (۱، ۲). کیفیت آب آشامیدنی در شیرآب مصرف‌کنندگان متأثر از خطوط توزیع، منابع ذخیره و دستگاه‌های خانگی نصب‌شده توسط مصرف‌کنندگان بوده و نگرانی‌هایی در ارتباط با نقصان کیفیت آب و بروز آلودگی‌های نوظهور و ثانویه میکروبی و شیمیایی در حین عملیات انتقال و توزیع وجود دارد (۳-۶). در برخی موارد که آب از یک مخزن به مخزن دیگر منتقل می‌شود به علت مواجهه با شرایط ناخواسته احتمال آلودگی ثانویه کنترل‌نشده وجود دارد که یکی از این موارد مخازن آبرسدکن‌ها می‌باشد. دستگاه‌های آبرسدکن از جمله وسایلی است که به طور وسیع در فصول گرم سال مورد استفاده قرار می‌گیرند. کیفیت آب در آبرسدکن‌ها به شدت تحت تأثیر تشکیل بیوفیلم قرار می‌گیرد. شرایط غالب در دستگاه‌ها که بر تکثیر باکتری‌ها تأثیر می‌گذارند شامل نسبت سطح به حجم بالا، عدم وجود یا مقدار بسیار کم کلر باقیمانده و دوره رکود نسبتاً طولانی است، بنابراین با توجه به ساختار این دستگاه‌ها و به دلیل راکد ماندن آب در آن، زمینه رشد و توسعه بیوفیلم فراهم می‌گردد (۷، ۸). بیوفیلم‌ها، که جوامعی سازمان‌یافته از میکروارگانیسم‌ها هستند، در طبیعت به طور گسترده پراکنده‌اند. آن‌ها یک مشکل عمده در بسیاری از محیط‌های زیست محیطی، صنعتی و پزشکی هستند. وجود ترکیبات آلی محلول در آب آشامیدنی نهایی مسئول رشد باکتری‌ها و تشکیل کلونی در سطوح آب است (۹). تشکیل بیوفیلم همچنین یک نگرانی از نظر

بهداشت عمومی است زیرا نقش کلیدی در ماندگاری باکتری‌ها در سیستم‌های آب دارد و باکتری‌ها را از شرایط نامساعد محیطی، از جمله مواد ضدعفونی‌کننده، محافظت می‌کند. بیوفیلم‌ها همچنین می‌توانند باکتری‌های بیماری‌زا را در خود جای دهند و از تکثیر آن‌ها پشتیبانی کنند که ممکن است به شیوع بیماری‌های منتقله از طریق آب کمک کند (۸، ۱۰، ۱۱). بنابراین نوشیدن آب از آبرسدکن‌ها ممکن است خطراتی برای سلامت عمومی مصرف‌کنندگان ایجاد کند. در کانادا، ۳۰ تا ۵۰ درصد از شکایات دریافتی توسط وزارت بهداشت در مورد آب آشامیدنی مربوط به آبرسدکن‌های بطری‌دار بود. در بریتانیا نیز پس از شیوع ناراحتی معده در گروهی از کارگران، مشخص شد که آبرسدکن‌های مشترک حاوی تعداد غیرقابل قبولی از باکتری‌های کلیفرم هستند (۱۴-۱۲). مطالعات اخیر وجود میکروارگانیسم‌های عفونی مانند /شیرشیا کلی، /سودوموناس، /استافیلوکوکوس، /سالمونلا، /شیگلا، /مایکوباکتریوم را در آب خنک نشان داده‌اند (۱۵). همچنین دستگاه‌های آبرسدکن به شدت تحت تأثیر فرآیند ساخت فلز قرار می‌گیرند. در واقع، فلز مورد استفاده در این دستگاه‌ها می‌تواند بر کیفیت آب آشامیدنی تأثیر بگذارد، که می‌تواند با بو، رنگ، طعم و غلظت مواد آلی و معدنی آن تعیین شود. مشکلات سلامتی می‌تواند ناشی از نوشیدن آب حاوی فلزات سنگینی مانند منیزیم، نیکل (Ni)، مس (Cu)، آرسنیک (As)، سرب (Pb) و روی باشد (۱۸-۱۶). غلظت (میلی گرم در لیتر) چنین فلزات سنگینی در آبرسدکن‌ها باید مرتباً کنترل شود تا ایمنی عموم تضمین شود (۱۹). همچنین علاوه بر خطر میکروبیولوژیکی، پس از تجزیه و تحلیل نمونه‌های آب آشامیدنی از برخی از آبرسدکن‌ها، نتایج خطر دیگری را نیز به دلیل عناصر کمیاب موجود در آب را نشان داده‌اند. سرب می‌تواند خطر قابل توجهی برای سلامتی ایجاد کند زیرا می‌تواند باعث آسیب به مغز، گلبول‌های قرمز و کلیه‌ها، به ویژه

در کودکان خردسال و زنان باردار شود (۲۰). از دیگر مشکلات آب سردکن‌ها می‌توان به وجود فتالات در بطری آب سردکن‌های پلاستیکی اشاره کرد. در معرض قرار گیری این بطری‌ها با نور خورشید، سبب آزادسازی و ورود فتالات به آب می‌شود (۲۱، ۲۲). فتالات‌ها یک دسته مهم از آلاینده‌های نوظهور هستند که در صنایع پلاستیک به منظور افزایش انعطاف‌پذیری و کیفیت محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ماده اثرات خطرناکی بر سلامت حیوانات و انسان‌ها دارند. علاوه بر این، برخی از ترکیبات فتالات می‌توانند اثرات نامطلوبی به ویژه بر دستگاه گوارش، سیستم گردش خون، سیستم تنفسی، سیستم تناسلی و کلیه داشته باشند (۲۳). از پارامترهای فیزیکی که در آب سردکن‌ها باید بررسی قرار گیرد می‌توان به هدایت الکتریکی و pH اشاره کرد، چرا که pH قلیایی آب می‌تواند مانع از ضدعفونی مؤثر شود، در حالی که pH اسیدی می‌تواند منجر به افزایش تخریب سیستم لوله‌کشی آب و اتصالات گردد. نتایج مطالعه حاضر با مطالعه‌ای که قبلاً گزارش شده است، مطابقت دارد (۱۵، ۲۴). از این رو آب آشامیدنی موجود در آب سردکن‌ها ممکن است آلوده‌تر از آبی باشد که تازه به آب سردکن‌ها عرضه می‌شود. Hussain و همکاران (۲۰۱۳)، دریافتند که گونه‌های *Sordomonas*، *یکولای*، *انتروباکتر*، *باسیلوس*، *سالمونلا*، *انتروکوک* و *استافیلوکوک*، انواع باکتریایی رایج در آب آشامیدنی هستند (۲۵). به علاوه Emad و همکاران (۲۰۲۳)، گزارش کردند ۶۸/۲ درصد از نمونه‌های مورد مطالعه غلظت فلوراید پایین‌تر از حد استاندارد داشتند و فقط یک آب سردکن از حد مجاز ۰/۳ میلی گرم در لیتر برای آهن فراتر رفته است و آزمایش آلودگی بیولوژیکی نشان داد که ۴/۵ درصد از آب سردکن‌ها به کلیفرم آلوده هستند (۱۹).

با توجه به استفاده گسترده از آب سردکن‌ها در اماکن عمومی، آموزشی، درمانی و اداری و نقش بالقوه آن‌ها در تغییر کیفیت آب آشامیدنی، بررسی شواهد موجود

ضروری است. مطالعات متعددی کیفیت آب خروجی از آب سردکن‌ها را بررسی کرده‌اند؛ با این حال، مرور جامعی که به‌طور هم‌زمان کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی، عوامل مؤثر بر کاهش کیفیت و راهکارهای کنترل و پیشگیری را بررسی کند، شناسایی نشد. بنابراین، مطالعه حاضر با هدف سنتز روایتی شواهد درباره کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب خروجی از آب سردکن‌ها، شناسایی عوامل مؤثر بر تغییر کیفیت و بررسی راهکارهای کنترل و پیشگیری انجام شد. سؤال پژوهشی مطالعه حاضر، کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب خروجی از آب سردکن‌ها چگونه گزارش شده، چه عواملی با تغییر کیفیت آن مرتبط هستند و چه راهکارهایی برای کنترل و پیشگیری از افت کیفیت آب پیشنهاد شده است؟، بوده است. یافته‌های این مرور می‌تواند شواهدی برای بهبود پایش، نگهداری و گندزدایی آب سردکن‌ها فراهم کند.

در این مطالعه مروری، مطالعات منتشر شده به زبان فارسی و انگلیسی و شناسایی شده از طریق جستجوی پایگاه‌های اطلاعاتی تا ۳۰ سپتامبر ۲۰۲۵ در زمینه کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب آب سردکن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. معیارهای ورود شامل مطالعاتی بود که به ارزیابی کیفیت آب خروجی از آب سردکن‌ها پرداخته و حداقل یکی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی، شامل pH، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سختی، فلزات سنگین و سایر ترکیبات شیمیایی، یا پارامترهای میکروبیولوژیکی، شامل *Pseudomonas*، *Escherichia coli*، *aeruginosa*، باکتری‌های هتروتروف و سایر شاخص‌های میکروبی، را اندازه‌گیری کرده بودند. مطالعات منتشر شده در بازه زمانی مورد نظر و دارای متن کامل قابل بررسی وارد مطالعه شدند.

مطالعاتی که صرفاً کیفیت آب آشامیدنی را بدون ارتباط با آب سردکن‌ها بررسی کرده بودند، مطالعات آزمایشگاهی فاقد نمونه‌برداری از آب آب سردکن،

مقالات مروری، گزارش‌های موردی، پایان‌نامه‌ها، مطالعات فاقد اطلاعات کافی در مورد روش‌های آزمایش یا نتایج کیفیت آب و مطالعات تکراری از بررسی خارج شدند.

جستجوی منابع در پایگاه‌های PubMed، Google Scholar، ScienceDirect و SID انجام شد. کلید واژه‌های انگلیسی شامل *physicochemical water quality*، *bacteriological*، *microbiological*، *public water*، *water dispenser*، *water cooler* و کلیدواژه‌های فارسی شامل «آب آشامیدنی»، «دستگاه آبرسدکن»، «سلامت عمومی»، «کیفیت آب»، «فیزیکوشیمیایی» و «باکتریولوژیکی» بودند. کلید واژه‌ها با استفاده از عملگرهای بولی AND و OR و متناسب با ساختار هر پایگاه اطلاعاتی ترکیب شدند. به عنوان نمونه، راهبرد جستجوی اجرا شده در پایگاه PubMed به صورت زیر بود.

("water cooler" OR "water dispenser" OR "drinking water cooler") AND ("water quality" OR "physicochemical quality" OR "microbiological quality" OR "bacteriological quality") AND ("bacteria" OR "coliform" OR "Escherichia coli" OR "Pseudomonas aeruginosa")*

پس از انجام جستجو، مطالعات شناسایی شده در نرم‌افزار EndNote وارد و موارد تکراری حذف شدند. فرآیند غربالگری توسط دو نویسنده به صورت مستقل انجام شد. در مرحله نخست، عنوان و چکیده مطالعات بررسی و موارد نامرتب حذف شدند. سپس متن کامل مطالعات باقی مانده بر اساس معیارهای ورود و خروج مورد ارزیابی قرار گرفت. در صورت وجود اختلاف نظر بین دو ارزیاب، اختلاف از طریق بحث و توافق مشترک برطرف شد.

به منظور افزایش کیفیت و شفافیت گزارش‌دهی مرور روایتی، ساختار و محتوای مقاله با استفاده از معیارهای (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles) SANRA مورد بازبینی قرار گرفت. SANRA در این مطالعه برای ارزیابی و بهبود کیفیت

گزارش‌دهی خود مرور روایتی به کار گرفته شد و به عنوان ابزار ارزیابی کیفیت یا خطر سوگیری مطالعات اولیه در نظر گرفته نشد.

اطلاعات مرتبط با کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب، عوامل مؤثر بر تغییر کیفیت آب و راهکارهای کنترلی از مطالعات وارد شده استخراج و به صورت توصیفی گزارش شدند. یافته‌های مطالعات با استفاده از سنتز کیفی در سه محور اصلی شامل ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، آلودگی‌های میکروبی و عوامل مؤثر بر کیفیت آب و راهکارهای کنترلی دسته‌بندی و تحلیل شدند.

بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب آبرسدکن‌ها

از مشکلات بالقوه ارتباط با دستگاه‌های آبرسدکن وجود لوله‌ها و اتصالات فلزی و لحیم کاری می باشد که می تواند به عنوان منبعی بالقوه جهت رهاسازی و افزایش غلظت بعضی از فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم و آهن در آب موجود در دستگاه عمل کند. کادمیوم و سرب از مهم ترین فلزات سنگین بوده که برای موجودات زنده سمی اند و گستره ای از اثرات بهداشتی را ایجاد می نمایند. آسیب کلیه و بیماری استئوپروزیس از جمله علائم مسمومیت با کادمیوم است. سیستم های لوله کشی و اتصالات سربی از منابع ورود سرب به آب آشامیدنی هستند. به علاوه لوله های آهنی گالوانیزه با روی، اتصالات مسی و لوله های برنجی نیز موجب آزاد شدن سرب می گردد (۲۶، ۲۷). مواجهه در معرض سرب می تواند عواقب جدی برای سلامتی، به ویژه برای کودکان، از جمله نقص رشدی، عوارض قلبی عروقی، بیماری مزمن کلیه، اختلالات عصبی و آسیب سیستم اعصاب مرکزی داشته باشد (۲۸). آهن موجود در آب آشامیدنی و منابع آب باعث مشکلاتی مانند ایجاد رنگ قرمز و بو می شود. مسائل

اصلی آن شامل طعم، اثرات بصری و گرفتگی است. آهن بیش از حد ممکن است در آب‌های زیرزمینی وجود داشته باشد یا به دلیل خوردگی لوله‌های آهن یا بقایای منعقد کننده‌های مبتنی بر آهن رخ دهد (۲۹). مطالعات Lasheen و همکاران نشان داد که فاکتورهایی نظیر زمان رکود آب در سیستم، جنس و سن لوله‌های استفاده شده و کیفیت آب نظیر pH، با میزان آزادسازی سرب و آهن از سیستم‌های لوله‌کشی ارتباط دارند (۳۰). یافته‌های پارامترهای فیزیکوشیمیایی توسط Asif و همکاران (۱۵)، نشان داده شده است که در محدوده مقادیر مجاز تعیین شده توسط WHO قرار داشتند. به عنوان مثال، در بین پارامترهای فیزیکی، رسانایی الکتریکی (EC) نمونه‌های آب از ۱۸۵ تا ۳۶۲ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغیر بود و کاملاً در محدوده مجاز دستورالعمل WHO یعنی ۴۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر قرار داشت. در حالی که مقادیر TDS و سختی کم‌تر از مقادیر دستورالعمل WHO یعنی ۱۰۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بودند که به ترتیب از ۶۶۰ تا ۷۸۰ و ۳۸۰ تا ۴۵۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بودند. به همین ترتیب، مقادیر pH نمونه‌های آب در محدوده مطلوب WHO قرار داشت (۱۵). Alipur و همکاران (۲۰۰۵) نیز با بررسی آب در آبخوری اتوبوس‌های بین شهری بندرعباس گزارش کردند که در تمامی نمونه‌ها کلر باقی مانده صفر و pH در گستره ۷ تا ۷/۵ بوده و در ۲۴ نمونه از ۳۸ نمونه کدورت بالاتر از حد مطلوب بود (۳۱). Hussein و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند، ۸۵ درصد از ۲۰ آب‌سردکن‌ها حاوی کلر باقیمانده کم‌تر از ۰/۵ میلی‌گرم در لیتر، ۶۵ درصد حاوی سرب بالاتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر و ۵۵ درصد حاوی سختی منیزیم بالاتر از ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بودند (۱۲). در مطالعات بررسی شده، شاخص‌های خوردگی آب (از جمله شاخص اشباع لانتزلیه و شاخص پایداری رایزner) به‌طور مستقیم محاسبه و گزارش نشده است. با این حال، با

توجه به دمای پایین آب در محدوده عملکرد معمول آب‌سردکن‌ها، نرخ خوردگی و احتمال رهاسازی قابل توجه فلزات سنگین در مقایسه با سامانه‌های دارای دمای بالاتر، کم‌تر است. کاهش دما به‌تنهایی تغییر معنی‌داری در ترکیب شیمیایی آب ایجاد نمی‌کند. به علاوه بررسی انجام شده از آب آشامیدنی آب‌سردکن‌های مراکز آموزشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان در سال ۱۳۹۴ نشان داد که ۴۴/۴۴ درصد از نمونه‌ها به دلیل پایین بودن کلر باقیمانده، غیراستاندارد بودند (۳۲). در حالی که ارزیابی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب حاصل از آب‌سردکن‌ها در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان نشان داد که هیچ تفاوت معنی‌داری بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی به خصوص میزان فلزات سنگین در نمونه‌های آب حاصل از سیستم‌های آب‌سردکن و شیرهای آب وجود نداشت. تنها تفاوت معنی‌داری بین میزان مس در نمونه‌های آب حاصل از سیستم‌های خنک کننده و شیرهای آب وجود داشت. این یافته نشان می‌دهد که تغییرات مشاهده شده الزاماً ناشی از عملکرد خود دستگاه آب‌سردکن نبوده و ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های آب ورودی، جنس تجهیزات یا شرایط بهره‌برداری قرار گرفته باشد (۲۷). با این حال، ارزیابی تأثیر آب‌سردکن‌ها بر کیفیت فیزیکوشیمیایی آب مستلزم مقایسه آب ورودی و خروجی است. بررسی مطالعات نشان داد که در اغلب موارد، کیفیت آب خروجی تفاوت معنی‌داری با آب ورودی نداشته و در محدوده استانداردهای ملی و WHO قرار داشت. بنابراین، تغییرات فیزیکوشیمیایی را نمی‌توان صرفاً به عملکرد دستگاه نسبت داد و عواملی مانند کیفیت آب ورودی، جنس و فرسودگی تجهیزات، خوردگی، شرایط نگهداری و مدت ماندگاری آب نیز باید در تفسیر نتایج در نظر گرفته شوند (جدول شماره ۱). با این حال، در برخی مطالعات افزایش غلظت فلزاتی مانند سرب و کادمیوم گزارش شده است (۳۳).

جدول شماره ۱: خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه ویژگی های فیزیکوشیمیایی آب آبرسدکن ها

نویسنده/سال	محل انجام مطالعه (کشور/شهر)	هدف مطالعه	نتایج	استاندارد منسبه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (استاندارد ملی ۱۰۵۴)	استاندارد WHO	دفرنس
Taheri و همکاران (۲۰۱۰)	ایران/اصفهان	بررسی تاثیر دستگاه های آبرسدکن بر روی بعضی از پارامتر های کیفی آب آشامیدنی	غلظت کادمیوم (۰/۵ میلی گرم بر لیتر) بالاتر از استاندارد مجاز آب آشامیدنی بود	حداکثر مجاز کادمیوم ۰/۰۰۳ میلی گرم بر لیتر	حداکثر مجاز کادمیوم ۰/۰۰۳ میلی گرم بر لیتر	(۲۷)
Farhadkhani و همکاران (۲۰۱۴)	ایران/اصفهان	ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی از آبرسدکن های بطری دار	مقادیر دما برابر با ۹/۹ درجه سانتی گراد محدوده pH برابر با ۶/۴-۸/۱ مقدار EC برابر با ۳۵۷ میکروزیمنس بر سانتی متر، کدورت برابر با ۰/۶ و TOC برابر با ۲/۹ میلی گرم بر لیتر در آبرسدکن ها به دست آمد.	مقادیر مطلوب pH ۶/۵-۸/۵ مقادیر مطلوب کدورت = ۱ یا کم تر از ۱ مقدار مطلوب TOC کم تر از ۵ میلی گرم بر لیتر	مقدار TOC = ۱-۵ pH = ۶/۵-۸/۵ EC = ۴۰۰ میکروزیمنس	(۸)
Asif و همکاران (۲۰۱۵)	پاکستان/لاهور	هدف بررسی پارامتر های مختلف فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی آبرسدکن های عمومی در دوین شهر بزرگ پاکستان	EC = ۱۸۵-۳۶۲ میکروزیمنس بر سانتی متر، TDS = ۶۶۰-۷۸۰ میلی گرم در لیتر، سختی = ۴۵۰-۳۸۰ میلی گرم بر لیتر، بی کربنات = ۳۵۵-۴۲۰ میلی گرم در لیتر، مقدار سدیم، کلرید، سولفات و نیتریت به ترتیب ۱۶۰-۱۸۰، ۱۳۰-۲۲۰، ۱۵۳-۱۸۷ و ۰/۳-۶ میلی گرم در لیتر گزارش شد.	حد مطلوب TDS = ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، سختی = ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، سدیم = ۲۰۰ کلرید، ۲۵۰ سولفات و ۲۵۰ به ترتیب ۲۰۰، ۲۵۰، ۱۰ میلی گرم در لیتر	EC = ۴۰۰ میکروزیمنس، TDS = ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، سختی = ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، بی کربنات = ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، مقدار سدیم، کلرید، سولفات و نیتریت به ترتیب ۲۰۰، ۲۵۰، ۱۰ و ۱۰ میلی گرم در لیتر	(۱۵)
Emad و همکاران (۲۰۲۳)	عربستان/مدینه	ویژگی های فیزیکوشیمیایی و باکتریولوژیکی، غلظت مختلف آئین ها و فزات سنگین در آبرسدکن ها	آزمایش ها نشان داد که پارامتر های فیزیکوشیمیایی (TDS، EC، pH و TH) منابع مختلف آب (۹۵/۵ درصد) مطابق با مقادیر سازمان استاندارد، متروژنی و کیفیت عربستان سعودی (SASO) و WHO بودند. ۶۸/۲ درصد از نمونه های مورد مطالعه غلظت فلوراید پایین تر از حد استاندارد داشتند.	فلوراید = ۱/۵-۱/۵۰ میلی گرم در لیتر	فلوراید = ۱/۵ میلی گرم در لیتر	(۱۹)
Ahmed و همکاران (۲۰۲۳)	عربستان/مکه	بررسی آبرسدکن های هتل ها و ساختمان های شهر مکه جهت ارزیابی کیفیت شیمیایی و باکتریولوژیکی	برای همه نمونه ها، میانگین مقادیر آزمایش های فیزیکوشیمیایی pH TDS، کدورت، کلر آزاد، فلوراید، کلرید، پروماید، نیترات، سولفات، لیئوم، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کروم، کادمیوم و سرب از مقادیر مرجع مقررات آب آشامیدنی تجاوز نکرد.	پروماید = ۰/۱-۲، پتاسیم = ۲۰-۴۰، منیزیم = ۳۰-۴۰، کلسیم = ۴۰-۲۰۰، کروم = ۰/۵، کادمیوم = ۰/۰۰۳ و سرب = ۰/۱ میلی گرم بر لیتر	پروماید = ۰/۱، منیزیم = ۳۰، کلسیم = ۷۵، کروم = ۰/۵، کادمیوم = ۰/۰۰۳ و سرب = ۰/۱ میلی گرم بر لیتر	(۳۴)

آلودگی میکروبی در آب آبرسدکن ها

رشد میکروارگانیسم ها در آب پس از تصفیه خانه به عنوان رشد مجدد شناخته می شود. این رشد نشان دهنده مقادیر بالای باکتری های هتروتروف در نمونه های آب است. سطوح بالای باکتری های هتروتروف به ویژه در قسمت های راکد سامانه ی لوله کشی، اتصالات خانگی، آب های بطری شده و در تجهیزاتی از قبیل سختی گیرها، صافی های کربن و آبرسدکن ها مشاهده می شود. باکتری های هتروتروف به طور گسترده ای به عنوان شاخص های کیفیت آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می گیرند (۷). Farhadkhani و همکاران (۲۰۱۴)، گزارش کردند که میانگین باکتری های هتروتروف آبرسدکن ها CFU/ml ۳۸۶۴ تعیین شد که در درصد بالایی از نمونه های مورد بررسی، از سطح قابل قبول برای آب آشامیدنی فراتر رفت. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که از ۳۲ نمونه آبرسدکن، ۲۰ نمونه (۶۲ درصد) از نمونه ها دارای میکروب های بسیار زیاد در سطوحی بیش از CFU/ml ۵۰۰ بودند که برای آب آشامیدنی توصیه می شود (۸). به علاوه، مطالعه ای توسط Lévesque و همکاران (۱۹۹۴)، کیفیت میکروبیولوژیکی آب لوله کشی و آب ۵۰

آبرسدکن واقع در منازل و محل های کار را مورد مطالعه قرار دادند، مشخص شد که به ترتیب ۳۶ و ۲۸ درصد از نمونه های آبرسدکن های خانگی و محل های کار، حداقل به یک باکتری کلیفرم یا شاخص و یا حداقل یک باکتری بیماری زا آلوده بودند. نسبت های مربوط به نمونه های آب لوله کشی آلوده به روشی مشابه ۱۸ و ۲۲ درصد بود که بسیار کم تر از نمونه های مشاهده شده برای آبرسدکن ها بود (۱۳). همچنین تجزیه و تحلیل میکروبیولوژیکی انجام شده توسط Traistaru و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که نمونه های آب از آبرسدکن آلوده تر از نمونه های آب از شیر آب هستند. این یافته ها اهمیت نگهداری، نظافت و ضد عفونی دوره ای آبرسدکن ها را برای کاهش احتمال آلودگی میکروبی و بهبود کیفیت آب خروجی نشان می دهد؛ هر چند ارتباط مستقیم این آلودگی ها با بروز بیماری در مطالعات بررسی شده ارزیابی نشده است (۳۵). مطالعه Alsabaani (۲۰۲۵) در عربستان نشان داد که از ۶۰ نمونه آبرسدکن، ۱۲ نمونه (۲۰ درصد) از نظر کلیفرم مثبت بودند و تعداد کل باکتری های زنده در تمامی نمونه های مثبت بیش از ۱۰۰/۰۰۰ باکتری در هر میلی لیتر گزارش شد که بیانگر آلودگی میکروبی قابل توجه آب خروجی از آبرسدکن ها است. میکروارگانیسم های شناسایی شده شامل

پروتئوس میرابیلیس (۲۵ درصد)، اشریشیا کلی (۳۳/۳۴ درصد)، ائروکوکوس (۱۶/۶۷ درصد)، سودوموناس آئروژینوزا (۸/۳۴ درصد) و ائروباکتر آئروژنز (۸/۳۳ درصد) بودند (۳۶). این یافته‌ها با نتایج مطالعه Taghiloo و همکاران (۲۰۱۷) در زنجان همخوانی دارد که در آن ۴۴/۴۴ درصد از نمونه‌های آب آبرسدکن‌ها به کپک یا مخمر و ۲۷/۸ درصد به اشریشیا کلی آلوده بودند (۳۲). همچنین، Baumgartner و همکاران (۲۰۰۶) در سوئیس، آلودگی ۲۴/۱ درصدی نمونه‌های آب‌سردکن به سودوموناس آئروژینوزا را گزارش کردند (۱۶). همسویی یافته‌ها نشان می‌دهد که با وجود تفاوت‌های جغرافیایی، اقلیمی و روش‌های نمونه‌برداری، آلودگی میکروبی آب‌سردکن‌ها در مناطق مختلف الگوهای مشابهی دارد. مطالعه Alsabaani و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان داد که این آلودگی، به‌ویژه در مناطق گرم، همچنان یک چالش مهم بهداشت عمومی است و بر ضرورت پایش مستمر، نگهداری مناسب و اقدامات پیشگیرانه برای حفظ کیفیت

آب آشامیدنی تأکید دارد. همچنین، در سال ۲۰۲۲، حداقل ۷/۱ میلیارد نفر به منابع آب آشامیدنی آلوده به مدفوع دسترسی داشتند که می‌تواند خطر بیماری‌های منتقله از آب را افزایش دهد. در این زمینه، اشریشیا کلی و کلیفرم‌های کل به‌عنوان شاخص‌های مهم کیفیت میکروبی آب آشامیدنی و حضور عوامل بیماری‌زایی مانند اشریشیا کلی و سودوموناس آئروژینوزا به‌عنوان نگرانی‌های مهم بهداشت عمومی مطرح هستند (۳۶). کنترل کیفیت میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی در طول توزیع از تصفیه‌خانه‌های آب تا شیر آب مصرف‌کننده، یک چالش عمده در مدیریت ایمنی آب آشامیدنی است. بنابراین، نظارت بر کیفیت آب آشامیدنی از منبع تا نقطه مصرف برای اطمینان از رعایت استانداردهای کیفی و حفاظت از سلامت عمومی ضروری است (۳۷). جدول شماره ۲، ویژگی‌های میکروبی آب‌سردکن‌ها و جدول شماره ۳، آلودگی‌های میکروبی شایع در آب‌سردکن‌ها در مطالعات مورد بررسی را بیان می‌کند.

جدول شماره ۲: خلاصه مطالعات انجام شده در زمینه ویژگی‌های میکروبی آب‌سردکن‌ها

نویسنده/سال	محل انجام مطالعه (کشور/شهر)	هدف مطالعه	نتایج	استاندارد (استاندارد ملی ۱۰۱۱ و استاندارد سازمان بهداشت جهانی WHO)	منبع
Liguori و همکاران (۲۰۱۰)	ایتالیا/نابلی	مقایسه کیفیت میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی از دستگاه‌های آب‌سردکن و آب لوله‌کشی در ایتالیا	گونه‌های ائروکوکوس و اشریشیا کلی در هیچ یک از نمونه‌های آب شسابی نشاند. سودوموناس آئروژینوزا تنها در یک نمونه از آب لوله‌کشی یافت شد. هیچ تفاوت آماری معنی‌داری در تعداد باکتری‌ها در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۳۷ درجه سانتی‌گراد بین آب نمونه‌برداری شده آب‌سردکن‌ها در رابطه با زمان تعویض آخرین فیلتر مشاهده نشد. کیفیت باکتریولوژیکی آب لوله‌کشی نسبت به آب‌سردکن‌ها بهتر بود.	باکتری‌های اشریشیا کلی=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب سودوموناس آئروژینوزا=کمتر از ۱ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب ائروکوکوس=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۳۸)
Mohammadi و همکاران (۲۰۱۳)	ایران/تهران	بررسی کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی آب‌سردکن‌های دانشگاه‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی	در هیچ کدام از نمونه‌های باکتری‌های گروه کلی فرم مشاهده نشد. و مقدار باکتری‌های هتروتروف در نمونه‌های کشت داده شده از آب قبل و بعد از آب‌سردکن‌ها به ترتیب $100 \pm 7.966 \text{ cfu/ml}$ و $64.950 \pm 5.53 \text{ cfu/ml}$ بود.	میزان کلیفرم=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۷)
Naghipour و همکاران (۲۰۱۶)	ایران/رشت	کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی آب‌سردکن‌های مسافر در بیمارستان‌های رشت	در دو نمونه آب از بیمارستان آریا، باکتری‌های کلیفرم مشاهده شد. به علاوه مقدار باکتری‌های هتروتروف در نمونه‌های آزمایش شده قبل و بعد از ورود به آب‌سردکن‌ها، کم‌تر از ۱۵ واحد تشکیل کف در میلی‌لیتر بود.	میزان کلیفرم=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب باکتری‌های هتروتروف=۵۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر آب	(۳۹)
Taghiloo و همکاران (۲۰۱۷)	ایران/زنجان	کیفیت باکتریولوژیکی آب‌سردکن‌های مراکز آموزشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان	درصد ۴۴/۴۴ درصد و ۲۷/۸ درصد از نمونه‌های آب گرفته شده از آب‌سردکن‌ها به ترتیب آلوده به کپک یا مخمر و اشریشیا کلی بودند.	باکتری‌های اشریشیا کلی=۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۳۲)
Ghorbanzadeh و همکاران (۲۰۱۸)	ایران/مشهد	آلودگی کلیفرم و پارامترهای شیمیایی آب آشامیدنی از دستگاه‌های آب‌خوری در دانشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی مشهد	نتایج نشان داد که در هیچ یک از نمونه‌های آب، کلی‌فرم و اشریشیا کلی مشاهده نشد.	میزان کلیفرم=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب باکتری‌های اشریشیا کلی=۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۴۰)
Abdi و همکاران (۲۰۲۰)	ایران/تهران	بررسی احتمال آلودگی آب‌سردکن‌ها به سودوموناس آئروژینوزا در تعدادی از بیمارستان‌های تهران	در نمونه‌های جنس Bacillus شناسایی گردید. همچنین در نمونه‌های آزمایش شده جنس pseudomonas مشکوک به گونه aeruginosa و جنس alcaligenes مشکوک به گونه Fecalis نیز مورد شناسایی قرار گرفت.	سودوموناس آئروژینوزا=کمتر از ۱ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۱)
Farhadjhani و همکاران (۲۰۱۴)	ایران/اصفهان	ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی آب‌سردکن‌های بطری‌دار	میانگین باکتری‌های هتروتروف آب‌سردکن‌ها 2.864 CFU/ml تعیین شد که در ۶۲ درصد از نمونه‌های مورد بررسی، از سطح قابل قبول برای آب آشامیدنی فراتر رفت. باکتری‌های هتروتروف آب‌سردکن‌ها نیز به طور قابل توجهی ($P < 0.05$) بالاتر از آب لوله‌کشی بود.	باکتری‌های هتروتروف=۵۰۰ عدد در هر میلی‌لیتر آب	(۸)
Baumgartner و همکاران (۲۰۰۶)	سوئیس/برن	کیفیت باکتریولوژیکی آب آشامیدنی از دستگاه‌های آب‌سردکن و اقدامات کنترلی احتمالی	اشریشیا کلی و ائروکوک در هیچ یک از نمونه‌های آب آزمایش شده یافت نشد. در مجموع، ۳۵ نمونه (۲۱/۶ درصد) از ۱۶۲ نمونه آب (۱۰ میلی‌لیتر) از آب‌سردکن‌ها سودوموناس آئروژینوزا را نشان دادند.	باکتری‌های اشریشیا کلی=۰ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب باکتری‌های ائروکوک=کمتر از ۱ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۱۶)
Alsabaani و همکاران (۲۰۲۵)	عربستان/ابها	آنالیز باکتریولوژیکی آب آشامیدنی حاصل از آب‌سردکن‌های عمومی مختلف در عربستان سعودی	از ۶۰ نمونه مورد مطالعه، ۱۲ نمونه از نظر کلیفرم مثبت بودند که نرخ مثبت بودن آنها ۲۰ درصد بود. همچنین تعداد کل باکتری‌های زنده در تمام نمونه‌های مثبت بیش از ۱۰۰۰۰۰ باکتری در هر میلی‌لیتر از نمونه آب بوده که نشان‌دهنده آلودگی میکروبی شدید نمونه‌های آب مورد مطالعه بود. میکروارگانیزم‌ها عبارت بودند از پروتئوس میرابیلیس، پروتئوس و لگاریس اشریشیا کلی، ائروکوکوس، سودوموناس آئروژینوزا و ائروباکتر آئروژنز	ائروکوکوس=۰ در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب	(۳۶)

جدول شماره ۳: آلودگی های میکروبی شایع در آبرسدکن ها

میکروارگانیزم	شیوع در مطالعات درصد	خطرات سلامتی	دفرنس
سودوموناس آئروژینوزا	۱	عفونت های تنفسی و پوستی	(۱)
آلکالیز	۱	سپتیمی بیمارستانی	(۱)
باکتری های گرم مثبت مشکوک به گونه های باسیلوس	۳	عفونت های دستگاه گردش خون یا درجه های قلب و سمیت غذا	(۱)
اشریشیا کلی	۳۳/۳۳	اسهال آبکی تا خون آلود، کلسیت ها، نارسایی کلیه (خصوصاً در کودکان)	(۱)
پروتئوس	۳۳/۳۳	عفونت های دستگاه ادراری، عفونت های زخم و عفونت های مجاری کلیه	(۳۶)
انتروکوکوس	۱۶/۶۷	عفونت های دستگاه ادراری، زخم های جراحی، عفونت های بافت نرم، و سپسیس	(۳۶)
سودوموناس آئروژینوزا	۸/۳۴	عفونت های تنفسی و پوستی	(۳۶)
انتروباکتر آئروژینوز	۸/۳۳	عفونت های مجاری ادراری، دستگاه تنفسی، زخم های جراحی و سپسیس	(۳۶)
باکتری های هتروتروف	۲۷/۸	سبب عفونت های پوست، چشم یا دستگاه گوارش	(۳۶)
کپک و مخمر	۴۴/۴	بیماری های ریه ای، سمیت کبدی یا سیستیک، عفونت دستگاه ادراری، دستگاه تنفسی، و سپسیس در	(۳۶)
کلیرم کل	۲۷/۸	بیماران نقص ایمنی	(۳۶)
باکتری های هتروتروف	۶۲	نشانه گر آلودگی مدفوعی	(۸)
سودوموناس آئروژینوزا	۲۴/۱	سبب عفونت های پوست، چشم یا دستگاه گوارش	(۸)
اشریشیا کلی	۰	عفونت های تنفسی و پوستی	(۱۶)
انتروکوک	۰	اسهال آبکی تا خون آلود، کلسیت ها، نارسایی کلیه (خصوصاً در کودکان)	(۱۶)
		عفونت های مجاری ادراری و تنفسی	

عوامل موثر بر کیفیت آب آبرسدکن ها و راهکارهای بهبود آن

کیفیت آب برای سلامت و پایداری اکوسیستم های آبی و بقای گونه ها اهمیت اساسی دارد؛ از این رو، شناسایی عوامل موثر بر کیفیت آب و مدیریت آن ضروری است. ارزیابی کیفیت آب نیز با بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی و مقایسه آن ها با استانداردهای مربوطه، به منظور تعیین ایمنی و قابلیت مصرف آب انجام می شود (۱۵). به طور کلی عوامل موثر بر کیفیت آب در آبرسدکن ها را می توان در سه دسته اصلی، ویژگی های مواد و طراحی دستگاه، شرایط نگهداری و استفاده، و خصوصیات آب ورودی و فرایندهای داخلی دستگاه، تقسیم بندی کرد. در دسته نخست، نوع و کیفیت مواد پلاستیکی به کار رفته در بطری ها و مخازن، پوشش های داخلی و درب های آبرسدکن، عمر مفید این اجزا و همچنین وجود یا عدم وجود عواملی مانند رنگ ها و افزودنی های پلاستیکی نقش کلیدی دارند. برخی از مواد پلاستیکی مانند پلی اتیلن تری فتالات (PET)، پلی اتیلن (PE)، پلی وینیل کلراید (PVC) و ترکیبات دیگر می توانند با آب تماس پیدا کرده و استرهای فتالات یا سایر ترکیبات را به آب منتقل کنند. در دسته دوم، مدت تماس آب با این مواد، دمای نگهداری، نور مستقیم و تابش UV، و همچنین وضعیت نگهداری فضاهای گرم، از عوامل گزارش شده

در مطالعات هستند که می توانند بر میزان رهاسازی احتمالی برخی ترکیبات از مواد پلاستیکی به آب اثرگذار باشند. نرخ رهاسازی به میزان یا سرعت انتقال این ترکیبات از مواد پلاستیکی به آب اشاره دارد و می تواند تحت تأثیر عواملی مانند مدت زمان تماس، دما و شرایط محیطی قرار گیرد. دسته سوم به ویژگی های فیزیکوشیمیایی آب ورودی همچون pH و املاح معدنی، مربوط است که می توانند بر میزان رهاسازی یا انتقال احتمالی این ترکیبات اثر بگذارند (۲۱، ۲۳). کاهش دمای آب در محدوده عملکرد معمول آبرسدکن ها، به تنهایی موجب تغییر معنی دار در ترکیب شیمیایی آب نمی شود و انتظار نمی رود پارامترهایی نظیر pH، سختی کل، TDS و غلظت یون های محلول را تغییر دهد. تغییرات مشاهده شده در برخی ویژگی ها، به ویژه هدایت الکتریکی (EC)، عمدتاً ناشی از وابستگی این پارامتر به دمای اندازه گیری است و با تصحیح دمایی قابل جبران است. تنها در شرایطی که دمای آب به نقطه انجماد برسد، ممکن است به دلیل تشکیل بلور یخ و تغلیظ یا رسوب برخی املاح، ترکیب شیمیایی آب دستخوش تغییر شود؛ شرایطی که در عملکرد معمول آبرسدکن های آشامیدنی رخ نمی دهد. بنابراین، هر گونه تغییر در کیفیت فیزیکوشیمیایی آب خروجی از آبرسدکن ها باید بیش تر به عواملی نظیر کیفیت آب ورودی، جنس و خوردگی اجزای داخلی، مدت زمان

جدول شماره ۴: عوامل مؤثر بر کیفیت آب آبرسدکن ها و

راهکارهای بهبود

عوامل مؤثر	تاثیر بر کیفیت آب	راهکارهای پیشنهادی
نگهداری نامناسب	افزایش آلودگی میکروبی	تمیزکاری دوره‌ای مخزن و لوله‌ها
کیفیت فیلترهای آب و عمر آن‌ها	حذف ناکافی آلاینده‌ها	تعویض منظم فیلترها طبق دستور سازنده، استفاده از فیلترهای چندمرحله‌ای با استانداردهای معتبر، نگهداری مناسب و بررسی شاخص‌های خروجی آب
دمای ذخیره‌سازی آب	رشد میکروبی در دمای بالا	حفظ دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد
جنس داخلی مخزن	تغییر طعم، بو یا آلودگی‌های شیمیایی در صورت بروز خوردگی یا انتشار مواد از مخزن	استفاده از مخازن با پوشش محافظ، مواد پلاستیکی با ایمنی غذایی، تست دوره‌ای مواد مخزن و تعویض در موارد فرسودگی.
گرمای مستقیم نور خورشید	رشد میکروارگانیسم‌ها	نگهداری دستگاه‌ها در اماکن سایه‌دار
نگه‌داری و تمیزکاری دستگاه	آلودگی باکتریایی یا طعمی ناخوشایند در نتیجه تمیزکاری نامناسب یا دوره‌ای نبودن نظافت	اجرای برنامه نظافت دوره‌ای (هفتگی/ماهانه)، استفاده از محلول‌های شوینده مجاز و ضد عفونی، شستشوی مخزن و لوله‌کشی با آب تمیز
آلودگی محیطی و باکتریایی اطراف دستگاه	آلودگی آب پس از خروج از مخزن	نگهداری دستگاه در محیط تمیز، جلوگیری از تماس مستقیم با منابع آلودگی، جلوگیری از گرد و غبار و از کار افتادن تهویه

محدودیت‌های مطالعه

با وجود تلاش برای جستجوی منابع در پایگاه‌های اطلاعاتی متعدد، استفاده از معیارهای مشخص ورود و خروج و غربالگری مطالعات توسط دو ارزیاب، این مطالعه دارای محدودیت‌هایی است. نخست، به دلیل ماهیت مرور روایتی، فرآیند جستجو و انتخاب مطالعات ممکن است به اندازه یک مرور سیستماتیک جامع و بازتولیدپذیر نباشد؛ بنابراین احتمال دارد برخی مطالعات مرتبط، به‌ویژه مطالعات منتشرنشده یا مطالعات نمایه‌نشده در پایگاه‌های اطلاعاتی مورد جستجو، شناسایی نشده باشند. همچنین، محدود شدن مطالعات به مقالات فارسی و انگلیسی و منابع دارای متن کامل قابل دسترسی است موجب حذف برخی شواهد مرتبط شده باشد.

از سوی دیگر، مطالعات بررسی‌شده از نظر محل انجام، نوع و ویژگی‌های آبرسدکن‌ها، کیفیت آب ورودی، روش‌های نمونه‌برداری، زمان و شرایط نمونه‌برداری، پارامترهای مورد بررسی و روش‌های آزمایشگاهی تفاوت قابل توجهی داشتند. این ناهمگونی، مقایسه مستقیم یافته‌های مطالعات و ارائه یک برآورد واحد از وضعیت کیفیت آب آبرسدکن‌ها

ماندگاری آب و شرایط نگهداری دستگاه نسبت داده شود (۴۱). برای اطمینان از در دسترس بودن آب تمیز برای مصرف کنندگان، نظارت مداوم، نگهداری صحیح از آبرسدکن‌ها، اطمینان از اتصال مناسب به سیستم لوله‌کشی شهری و عدم نشتی آبرسدکن‌ها، نمونه‌برداری مداوم از آب برای ارزیابی کیفیت بیولوژیکی و شیمیایی، تعویض منظم فیلترها و شستشو و ضدعفونی منظم مخازن آب ضروری به نظر می‌رسد (۳۳). آلودگی آبرسدکن‌ها می‌تواند ناشی از مواردی چون آلودگی آب ورودی، اتصال نامناسب آبرسدکن به سیستم لوله‌کشی، راکد ماندن آب در مخزن و وجود درز در بدنه آبرسدکن باشد (۷). همچنین آلودگی آبرسدکن‌ها ممکن است ناشی از بهداشت ضعیف و پارامترهای کنترل نشده باشد. بنابراین، برای جلوگیری از مشکلات ناشی از آلودگی دستگاه‌ها، بسیار مهم است که اطمینان حاصل شود کارکنان مسئول تمیز کردن و ضدعفونی کردن آبرسدکن‌ها به درستی آموزش دیده‌اند و از احتمال آلودگی آب در طول فرآیند تمیز کردن آگاه هستند (۳۵).

از دیگر راهکارهای بهبود کیفیت آب آبرسدکن‌ها می‌توان به بهبود شرایط نگهداری، نگهداری دستگاه در محیط‌های سایه‌دار و دارای تهویه مناسب، بازرسی و تعویض دوره‌ای قطعات پلاستیکی در تماس با آب، پایش دوره‌ای استرهای فتالات، بررسی تأثیر pH، املاح و ترکیبات آلی آب ورودی بر رهاسازی ترکیبات پلاستیکی، انجام مطالعات میدانی در فصول مختلف به‌ویژه تابستان و آموزش کارکنان مسئول نگهداری درباره انتخاب مواد، اصول نگهداری و استانداردهای مرتبط اشاره کرد. عوامل مؤثر بر کیفیت آب آبرسدکن‌ها و راهکارهای کنترل و کاهش آلودگی در مطالعات مختلف گزارش شده‌اند (۷، ۳۲، ۳۵). خلاصه این عوامل و اقدامات اصلاحی مرتبط در جدول شماره ۴، ارائه شده است.

را دشوار می‌کند. علاوه بر این، تعداد مطالعات انجام شده در برخی مناطق جغرافیایی محدود بود و بخش قابل توجهی از شواهد موجود مربوط به مناطق و شرایط خاص است؛ بنابراین، تعمیم نتایج به همه مناطق و انواع آبرسدکن‌ها باید با احتیاط انجام شود.

همچنین، کیفیت روش شناختی و خطر سوگیری مطالعات اولیه به‌طور رسمی با یک ابزار اختصاصی ارزیابی نشد، زیرا هدف این مطالعه ارائه یک سنتز روایتی از شواهد موجود بود. از این‌رو، نتایج باید با توجه به محدودیت‌های مطالعات اولیه و تفاوت در روش‌ها و شرایط انجام آن‌ها تفسیر شوند. انجام مطالعات اولیه با روش‌های استاندارد، گزارش‌دهی کامل شرایط نمونه‌برداری و روش‌های آزمایشگاهی و همچنین انجام مرورهای سیستماتیک در آینده می‌تواند به ارائه شواهد دقیق‌تر در این زمینه کمک کند.

هدف این مطالعه بررسی کیفیت آب در آبرسدکن‌ها و شناسایی عوامل مؤثر بر آلودگی آن‌ها بوده است. نتایج نشان می‌دهند که آبرسدکن‌ها ممکن است به مرور زمان منجر به افزایش مقادیر برخی عناصر به‌ویژه کادمیوم به سطحی فراتر از حد مجاز شوند. همچنین گزارش‌ها حاکی از وجود آلودگی آب خروجی آبرسدکن‌ها به مجموعه‌ای از میکروارگانیسم‌ها از جمله سودوموناس آئروژینوزا، باکتری‌های هتروتروف، اشریشیا کلی، انتروکوک، پروتئوس، میرابیلیس، پروتئوس و لگاریس و کلیفرم‌ها هستند. برای جلوگیری از مشکلات ناشی از آلودگی دستگاه‌ها، بسیار مهم است که اطمینان حاصل شود کارکنان مسئول تمیز کردن و ضدعفونی کردن آبرسدکن‌ها به درستی آموزش دیده‌اند و از احتمال آلودگی در طول فرآیند تمیز کردن آگاه هستند. بهبود شرایط نگهداری و

استفاده از آبرسدکن‌ها، نظیر ارائه دستورالعمل‌هایی برای کاربر در خصوص نگهداری دستگاه‌ها در اماکن سایه‌دار، با تهویه مناسب و دور از گرمای مستقیم نور خورشید، می‌تواند به کاهش آلودگی کمک کند. تعیین بازه‌های زمانی بازرسی و تعویض قطعات پلاستیکی با عمر مفید مشخص، به‌ویژه برای اجزایی که در تماس مستقیم با آب هستند، از دیگر راهکارهای مؤثر در بهبود کیفیت آب آبرسدکن‌ها به شمار می‌آید. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که کیفیت آب در دستگاه‌های آبرسدکن نیازمند کنترل و پایش مداوم است. بسیاری از نمونه‌ها از نظر پارامترهای کیفی در سطح استانداردهای مجاز قرار دارند، اما مواردی از آلودگی‌های میکروبی و فلزی مشاهده شده است که می‌تواند خطراتی برای سلامت عمومی ایجاد کند. با توجه به نتایج متفاوت، ضرورت دارد تحقیقات بیش‌تری در این زمینه صورت گیرد تا به نتایج دقیق‌تر و کاربردی‌تر دست یابیم. این تحقیقات می‌توانند به شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر کیفیت آب و ارائه راهکارهای بهینه جهت بهبود آن کمک کنند و در نهایت به حفظ سلامت جامعه و جلوگیری از بروز بحران‌های بهداشتی منجر شوند.

سپاسگزاری

مطالعه حاضر حاصل طرح تحقیقاتی مصوب معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران با کد طرح ۲۵۸۵۷ می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان مقاله از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران جهت حمایت از این طرح تقدیر و تشکر می‌نمایند.

References

- 1- Abdi Andrabi S, Haji Seyed Mohammad Shirazi R, Anvar AA, Ataee M. Investigating the Probability of Water

Coolers Contamination with Pseudomonas Aeruginosa in a number of Tehran Hospitals. Journal of Environmental

- Science and Technology 2020;22(5):214-222.(persian)
- 2- Rahimi E, Ghaderi E, Mostafavi E, Panahi M H, Karami M. Framework and guideline for reporting outbreak investigation of food-borne and water-borne diseases. Iran J Epidemiol 2023;19(1):26-36.(persian)
 - 3- Nikaeen M, Ghafarian Nabari F, Hassanzadeh A, Hatamzadeh M, Dastjerdi V, Taheri E . Evaluation of the influence of conventional water coolers on drinking water quality. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2010;2(4):268-275.(persian)
 - 4- Harif S, Gholamreza A ,Givehchi M, Dehghani Darmian M . Analysis and Evaluation of Water Quality Management Tools in Water Distribution Networks Against Pollution Entrance in Zahedan Water Distribution Network. Irrigation and Water Engineering 2022; 12(3): 437-453.
 - 5- Zazouli MA, Kouhi K, Abbasi Tajadod A, Hashempour Y. Investigation of Abundance, Characteristics, and Fate of Microplastics in Water and Sludge of Water Treatment Plants: A Narrative Review. J Mazandaran Univ Med Sci 2024; 34(234): 200-213.(persian)
 - 6- Jabari A, Fendereski A, Kouhi K, Hashempour Y . Assessing Microplastic Risks: A Systematic Review of Integrated Statistical Approaches to Source Identification and Evaluation. Iran J Health Sci 2026;14(2): 85-108.
 - 7- Mohammadi S, Yazdanbakhsh A, Fattahzadeh M, Khorshidi A. Investigating the bacteriological quality of water coolers drinking waters of educational departments of Shahid Beheshti Medical Sciences and Shahid Beheshti Universities in 1392. Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences 2013 ; 1 (3) :31-37.
 - 8- Farhadkhani M, Nikaeen M, Akbari Adergani B, Hatamzadeh M, Nabavi BF, Hassanzadeh A. Assessment of drinking water quality from bottled water coolers. Iran J Public Health 2014; 43(5): 674-681 PMID: 26060769.
 - 9- Hashempour Y, Zazouli MA, Jabari A. The Plastisphere: Microbial Communities and Their Role in Microplastic Biodegradation in Aquatic Environments: A Review. J Mazandaran Univ Med Sci 2026;35(253): 110-128.(persian)
 - 10- Flemming HC. Biofouling in water systems—cases, causes and countermeasures. Appl Microbiol Biotechnol 2002; 59(6): 629-640 PMID: 12226718.
 - 11- Miranzadeh MB, Heidari M, Dehghan S, Hassanzadeh M. Overview of Nitrate in Drinking Water and its Health Effect with Emphasis on its Carcinogenic Risk in Human. J Health Syst Res 2011; 6(5).EP.
 - 12- Hassain RA, Hassan AA, Bakr WM. Assessment of the quality of water from some public coolers in Alexandria, Egypt. J Egypt Public Health Assoc 2009 ;84(1-2):197-217 PMID: 19712660.
 - 13- Lévesque B, Simard P, Gauvin D, Gingras S, Dewailly E, Letarte R. Comparison of the microbiological quality of water coolers and that of municipal water systems. Applied and environmental microbiology 1994; 60(4): 1174-1178.
 - 14- Hunter P, Burge SH. Bacteriological quality of drinks from vending machines. J Hyg 1986;97(3): 497-500 PMID: 3794325.
 - 15- Asif S, Sajjad N, Sheikh AA, Shahzad M, Munir MT, Umar W, etal. Assessment of

- water quality for drinking purpose from water coolers of different teaching institutes in Lahore. *Journal of Environmental Science, Toxicology, and Food Technology* 2015; 9(2): 18-22.
- 16- Baumgartner A, Grand M. Bacteriological quality of drinking water from dispensers (coolers) and possible control measures. *Journal of Food Protection* 2006; 69(12): 3043-3046.
 - 17- Robles-Durazno A, Moradpoor N, McWhinnie J, Russell G, Maneru Marin K. Implementation and detection of novel attacks to the PLC memory of a clean water supply system. *Technology Trends* 2019;91-103.
 - 18- Behbudi G, Shayesteh K. Heavy Metal Removal Methods from Water and Wastewater: A Review Study. *Environmental Health* 2020; 6(2): 145-160.
 - 19- Emad M, Benghanem M, Abolibda TZ. Evaluation of Drinking Water Quality and Treatment from Coolers in Public Places in Madinah City, Saudi Arabia. *Water* 2023; 15(14): 2565.
 - 20- Al Saleh IA. Trace elements in drinking water coolers collected from primary schools, Riyadh, Saudi Arabia. *Science of The Total Environment* 1996; 181(3): 215-221.
 - 21- Surhio MA, Talpur FN, Nizamani SM, Talpur MK, Afridi HI, Khaskheli AA, et al. Leaching of phthalate esters from different drinking stuffs and their subsequent biodegradation. *Environmental Science and Pollution Research* 2017; 24(22): 18663-18671 PMID: 28647882.
 - 22- Jabbari A, Zazouli MA, Hashempour Y. Investigating the Presence of Microplastics as an Emerging Contaminant in Water and Various Beverages: A Review Study. *J Health Res Commun* 2024; 10(2): 85-96.
 - 23- Dolatabadi M, Ahmadzadeh S. Phthalates as emerging pollutants in water environment: control & treatment strategies. *J Environ Health Sustain Dev* 2018; 3(3): 554-556.
 - 24- Amini M, Dehghan R. Assessment of physical, chemical and microbial quality of drinking water of Jiroft City. 2021;23(8):47-58 *Journal of Environmental Science and Technology*.
 - 25- Tassadaq H, Roohi A, Munir S, Ahmed I, Khan J, Hermann VE, Yong Kim K, Anees M, et al. Biochemical characterization and identification of bacterial strains isolated from drinking water sources of Kohat, Pakistan. *African Journal of Microbiology Research* 2013; 7(16): 1579-1590.
 - 26- Levallois P, Barn P, Valcke M, Gauvin D, Kosatsky T. Public health consequences of lead in drinking water. *Curr Environ Health Rep* 2018; 5(2): 255-262 PMID: 29556976.
 - 27- Taheri E, Vahid Dastjerdi M, Hatamzadeh M, Hassanzadeh A. Evaluation of the influence of conventional water coolers on drinking water quality. 2010
 - 28- Huynh BQ., Chin ET, Kiang MV. Estimated childhood lead exposure from drinking water in Chicago. *JAMA Pediatrics* 2024;178(5): 473-479.
 - 29- Chaturvedi S, Dave PN. Removal of iron for safe drinking water. *Desalination* 2012; 303(1): 1-11.
 - 30- Lasheen M, Sharaby CM, El kholy NG, Elsherif IY, El wakeel ST. Factors influencing lead and iron release from some Egyptian drinking water pipes. *Journal of Hazardous Materials* 2008; 160(2-3): 675-680.

- 31- Alipour V, Dindarloo K, Zare SH. Microbial Quality of Drinking Water of Bandar Abbas' Buses. *Hormozgan Medical Journal* 2005;8:215-219.
- 32- Taghiloo S, Hassanzadazar H, Chamandoost S, Aminzare M. Bacteriological Quality of Water Cooler Dispensers of Educational Settings in Zanjan University of Medical Sciences. *J Hum Environ Health Promot* 2017; 2(2): 105-111.
- 33- Liu Z, Tao S, Sun Z, Chen Y, Xu J. Determination of heavy metals and health risk assessment in tap water from Wuhan, China, a city with multiple drinking water sources. *Water* 2023; 15(21): 3709.
- 34- Ahmed OB. Evaluation of Drinking Water Quality From Water Coolers in Makkah, Saudi Arabia. *Environmental Health Insights* 2023; 17: 11786302231163676.
- 35- Traistaru E. Comparative study on the microbiological quality of water cooler dispensers and tap water. *AUCFT* 2011;15: 3-10.
- 36- Alsabaani AA. Bacteriological analysis of drinking water obtained from various public water coolers in Abha City, Saudi Arabia. *J Family Med Prim Care* 2025; 14(7): 2908-2914 PMID: 40814510.
- 37- Fekeda L, Gutema K. Assessment of Physicochemical and Bacteriological Quality of Drinking Water from Source to Household Tap in Ayana Town, Western Ethiopia. *Trends in Environmental Sciences* 2025;1(1):31-44.
- 38- Liguori G, Cavallotti I, Arnese A, Amiranda C, Anastasi D, Angelillo IF. Microbiological quality of drinking water from dispensers in Italy. *BMC Microbiol* 2010; 10(1): 19 PMID: 20102613.
- 39- Naghipour D, Dodangeh F, Mehrabian F, Ebrahim-Nezhad E, Rouhbakhsh E. The bacteriological quality of drinking water of water coolers located in some hospitals in Rasht. *Caspian Journal of Health Research* 2016;2(1): 18-29.
- 40- Ghorbanzadeh A, Kohan NA, Zangi R, Moradi F. A Survey on coliform contamination and chemical parameters of potable water from water dispensers in faculties of Mashhad University of Medical Sciences. *Journal of Food Safety and Hygiene* 2018; 4(3/4):63-68.
- 41- Vogelmann ES, Prevedello J, Tiruneh GA. Assessing policies and guidelines for drinking water quality. *Discover Applied Sciences* 2026;8(3): 332.