مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم ، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات ۶۴۱ تا ۶۵۸

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir
مقاله پژوهشی

بررسی شاخص های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای کاشان و آران و بیدگل

ناهید رئیسی[۱]، سمانه مهربان نواز[۱]، احمدرضا یاری[۲]، محمد جهاندیده[۱]، فریبا نقوی[۱]، رضا زراعتکار[۱]، هادی نیک نژاد[۳]، محسن حسامی آرانی[۴،*]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، شورای پژوهشی معاونت بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کاشان، کاشان، ایران
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۳- کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۴- مرکز تحقیقات آلاینده های محیطی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۷
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۹

واژگان کلیدی: آب، استخر شنا، آران و بیدگل، کاشان، کلیفرم مدفوعی

چکیده

زمینه و هدف: استخرهای شنا به دلیل ارتباط مستقیم و مداوم با گروه‌های مختلف مردم، منبع بالقوه انتشار آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی محسوب می شوند. مطالعه حاضر جهت بررسی شاخص‌های بهداشتی آب استخرهای شنای شهرهای کاشان و آران و بیدگل و مقایسه آن با استانداردهای موجود در کشور انجام گردید.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی تحلیلی با طراحی طولی، ۸۳۰ نمونه آب از کل استخرهای سرپوشیده و فعال در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۷ گرفته شد و پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی سنجش شد. تحلیل آماری داده ها با شاخص های مرکزی و پراکندگی و آزمون های پارامتریک با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

یافته‌ها: غلظت کلر آزاد باقیمانده، کلر ترکیبی، pH، کدورت و خورندگی به ترتیب در ۵۳ درصد، ۴۸ درصد، ۶۷ درصد، ۸۱ درصد و ۶۷ درصد نمونه‌های آب استخر در حد مطلوب بودند. هیچ کدام از نمونه‌ها به سودوموناس آئروژینوزا آلوده نبودند. بین جمعیت باکتری‌ها و کلر آزاد باقیمانده رابطه معنی دار و معکوس و بین جمعیت باکتری‌ها و کدورت رابطه معنی دار و مستقیم مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به مطلوب نبودن مقدار کلر آب استخرها و پایین بودن میزان انطباق آن با مقادیر استاندارد در بیشتر نمونه‌های مورد بررسی و نیز مشاهده باکتری‌های کلیفرم، استافیلوکوک اورئوس و هتروتروف‌ها، لازم است ضمن انجام پایش مستمر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب، نظارت بهداشتی و گندزدایی صحیح انجام شود.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
Hesami.mohsen110@gmail.com

Please cite this article as: Raeisi N, Mehraban Nawaz S, Yari AR, Jahandideh M, Naghavi F, Zeraatkar R, et al. Study of physicochemical and microbial indicators of swimming pool water in Kashan, Aran and Bidgol. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):641-58.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

مقدمه

یکی از مهم ترین اماکن عمومی نظارتی بهداشت محیط، استخرهای شـنا است کـه عدم کنترل بهداشتی آن می تواند شرایط انتقال برخی بیماری های پوسـتی و عفونی را فراهم کند. کنترل کیفیت میکروبـی و شـیمیایی آب در اسـتخرهای شنا از اهمیت خاصی برخوردار است. استخرهای سرپوشیده شنا و جکوزی ها به دلیل ارتباط مستقیم و مداوم با گروه های مختلف انسانی که از نظر اقتصادی، اجتماعی و وضعیت بهداشت فردی و عمومی متفاوت هستند، به عنوان یک منبع بالقوه انتشار آلودگی های میکروبی و شیمیایی بوده و عامل انتقال و شیوع بیماری های باکتریایی، قارچی و انگلی محسوب می شوند (۱). در کشورهای پیشرفته قوانین خاصی درمورد اماکن حساس همچون استخرهای شنای سرپوشیده در راستای حفظ مسائل بهداشتی اعمال می شود تا از بروز حوادث و انتقال بیماری‌های واگیر جلوگیری شود. ورود شناگران به آب سبب اضافه شدن مواد و ترکیبات زائد بدن به آب استخر شنا می شود که مهم‌ترین آنها مـو، چربـی، مواد آرایشی، مواد میکروبی دستگاه تنفسی،گوارشی، تناسلی و سـایر باکتری های مضر و مواد زائد روی پوسـت بـدن شناگران هستند که سبب افزایش آلودگی میکروبی و شیمیایی آب می شوند (۲-۴). بنابراین شناسایی عوامل خطر و حذف بهداشتی آنها می تواند علاوه بر پیشگیری از بروز بیماری ها، سبب افزایش حضور شناگران و بهبود وضعیت اقتصادی این اماکن تفریحی شود (۵-۷).

از دیدگاه بهداشتی، آب مصرفی در استخرها مانند آب آشامیدنی باید دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مناسب بوده و در حدمطلوب حفظ گردد، به طوریکه رعایت این معیارها در آب استخرها، به منظور پیشگیری از ابتلا به انواع بیماری‌ها ضروری است (۸-۱۰). براساس استانداردهای ارائه شده آزمایش های فیزیکوشیمیایی مهم آب استخر شامل دما، pH، کدورت، قلیائیت، سختی، کلر آزاد باقیمانده و شاخص های میکروبی شامل کلیفرم‌های گرماپای، باکتری‌های هتروتروف، لژیونلا، استافیلوکوکوس اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا هستند (۱۱). مطالعات زیادی بر روی کیفیت آب اسـتخرهای شـنا در نقاط مختلف ایران و جهان از جمله خرم آباد، کرمانشاه، شهرکرد، سنندج، نیجریه، آدیس آبابا، ایرلند شمالی و انگلستان، سنت گالن در سوییس، ناپل در ایتالیا، مونیخ و لیپزینگ در آلمان انجام شده است که همگـی بیـانگر آلـودگی نسبی بخش های مختلف استخرها به انواع قارچ از جملـه درماتوفیـت هـا، عامـل کچلـی و میکـروارگانیسـم هـای شاخص مانند گونه های سودوموناس (به خصوص سودوموناس آئروژینوزا)، کلیفرم ها، استرپتوکوک، استافیلوکوک و انواع انگل ها هستند (۱۲-۲۲). کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای خرم آباد حاکی از شرایط استاندارد و قابل قبول است (۱۲). عدم تطابق کدورت، سختی و قلیائیت و همچنین جمعیت باکتری‌های کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی با استانداردها در برخی نمونه‌های آب استخرهای سنندج، تأکید بر ضرورت پایش مداوم کیفیت آب استخرهای شنا را می رساند (۱۵). در کنار کیفیت میکروبی آب، پارامترهای بهره برداری و ویژگی های فیزیکوشیمیایی نیز به صورت مستقیم با سلامت شناگران در ارتباط بوده و بر روی کیفیت آب استخر تاثیرگذار هستند. نتایج مطالعات Masoud و همکاران در الکساندرا و Dirtu و همکاران در رومانی بر روی ارتباط بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و آلودگی میکروبی نشان داد که افزایش کدورت، افزایش pH و کاهش کلر آزاد باقیمانده همبستگی آماری معنی داری با وجود آلودگی باکتریایی آب استخر داشته است (۲۳، ۲۴).

در شهر کاشان ۷ استخر شنای عمومی سرپوشـیده وجود دارد که با توجه به اقلیم گرم و خشک منطقه، مراجعات عمومی به این استخرها زیاد است. سنجش‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب به طور منظم انجام می شود. گستردگی و تنوع گروه‌های اسـتفاده کننده و در نتیجه تفاوت شرایط بهداشتی و سیستم ایمنـی استخرها و نیز مشخص نبـودن وضعیت

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

آلـودگی میکروبی و فیزیکوشیمیایی تأثیرگذار بر آنها، دلیل ترغیب به انجـام این مطالعه بوده است. لذا این مطالعه با هدف بررسی جامع شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنای کاشان و آران و بیدگل طی یک دوره پنج ساله (۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱) و مقایسه آن با استانداردهای ملی و بین‌المللی انجام شد. نوآوری مطالعه حاضر در طراحی طولی و چندساله، پوشش تمامی استخرهای سرپوشیده فعال منطقه و تحلیل هم‌زمان روابط میان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند در بهینه سازی نظام پایش و گندزدایی استخرهای شنا و ارتقای سلامت عمومی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی با طراحی طولی است. در این مطالعه، تمامی ۷ استخر سرپوشیده فعال شهرهای کاشان و آران و بیدگل به روش سرشماری کامل انتخاب شدند. از هر استخر، در تمام فصول سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱ به‌صورت منظم ماهانه دو نوبت نمونه‌برداری انجام شد تا تغییرات فصلی کیفیت آب نیز مورد بررسی قرار گیرد. در مجموع، ۸۳۰ نمونه آب از استخرهای مورد مطالعه برداشت و پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آنها اندازه‌گیری گردید. برخی استخرها در مدتی از زمان مطالعه به علل مختلف همچون نداشتن مواد گندزدا، تعمیرات، نواقص بهداشتی و ... دچـار تعـطیلی بودنـد کـه بـه تـشـخـیـص تـیـم تحـقـیـقـاتـی نـمـونـه بـرداری از استخرهای دیگر با تعداد بیشتر انجام می شد.

نمونه‌های برداشـت شده بـرای سـنجش پارامترهـای فیزیکـی و شـیمیـایی در بـطری هـای شیشـه ای درب پـیچ دار mL ۲۰۰ برداشته شد (۲۵). منبع تأمین آب در ۲ استخر، آب چاه و در سایر استخرهای مورد بررسی، شبکه توزیع آب شهری بود. همچنین، تمام استخرهای شنا دارای سیسـتم تصـفیه، آشـغالگیر، فیلتـر دیاتومه‌ای و گندزدایی بودند. جمع آوری نمونه‌ها از عمق cm ۳۰ سطح آب در استخر و نیز از خروجـی آب استخر توسط شیشه‌های استریل بـه صـورت تصـادفی برداشت و نمونه‌ها در کلدباکس در شرایط سرد حمل و در سریع‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل شدند؛ نمونه‌های میکروبی بلافاصله یا در کوتاه‌ترین زمان نگهداری و آنالیز شدند تا از تغییر بار میکروبی جلوگیری گردد.

اندازه گیری ها بر اساس روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب انجام شد و نتایج به‌منظور ارزیابی وضعیت کیفی آب، با استانداردهای ملی ایران شامل استاندارد شماره ۱۱۲۰۳ (ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب استخرهای شنا) و استاندارد شماره ۹۴۱۲ (ویژگی‌های میکروبیولوژیکی آب استخرهای شنا) و همچنین با دستورالعمل سازمان جهانی بهداشت (WHO) مقایسه گردید. اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل pH، کلر آزاد و ترکیبی و کدورت به ترتیب با دستگاه‌های پرتابل pH-meter (Model TES-1386) و کدورت سنج پرتابل (Model HACH 2100P) صورت پذیرفت. هر دو دستگاه پیش از هر نوبت نمونه برداری با محلول های بافر استاندارد (pH: ۴، ۷ و ۹) و استانداردهای کدورت فرمازین در غلظت‌های مرجع ۰/۱، ۰/۵ و NTU ۱ کالیبره شدند. برای اطمینان از صحت و دقت نتایج، کالیبراسیون دستگاه حداقل هر ماه مطابق با استانداردهای مرجع انجام شد.

به منظـور سـنجش کیفیـت میکروبـی، از بطری‌هـای دهانـه گشـاد بـا گنجـایش mL ۳۰۰ و استریل، حاوی ۱۰ قطره محلـول تیوسـولفات سـدیم (بـه منظور خنثی نمودن کلر آزاد باقیمانده آب) برای برداشت نمونه‌ها استفاده شـد. نمونه‌ها در کلدباکس در شرایط استاندارد حمل نمونه، بـه آزمایشـگاه منتقـل شـدند. متغیرهـای کـل کلیفـرم، سـودوموناس آئروژینوزا، استافیلوکوک اورئوس و باکتری های هتروتروف براساس کتاب روش‌هـای اسـتاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب (Standard Methods) مورد سنجش قرار گرفتند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

بر این اساس کل کلیفرم به روش تخمیر چندلوله ای با محیط های کشت لوریل تریپتوز براث (مرحله احتمالی) و برلیانت گرین لاکتوز بایل براث (مرحله تأییدی) به مدت ۲۴ h در ۳۵ °C تشخیص داده شد. برای تشخیص سودوموناس آئروژینوزا نمونه‌های موجود در لوله های حاوی لاکتوز براث بر روی محیط سیتریمیت آگار کشت داده شد. ایجاد کلنی سبز بعد از انکوبه کردن محیط ها به مدت ۲۴ h در ۴۴ °C بیانگر وجود سودوموناس آئروژینوزا بود که با آزمایش اکسیداز نیز تأیید می گردید. جهت سنجش باکتری های هتروتروف از محیط کشت agar AR_2 استفاده شد. در این روش نمونه در دمای ۳۷ °C به مدت ۴۸ الی ۷۲ h انکوباسیون شد (۲۵). نتایج تمام آزمایشات میکروبی به جز باکتری های هتروتروف که بر حسب mL/تعداد است، بر حسب تعداد در ۱۰۰ mL گزارش و سپس در جداول مربوطه ثبت شد. نتایج بدست آمده با استانداردهای ملی و بین المللی (جدول ۱) مقایسه گردید (۲۶، ۲۷).

به منظور رعایت اصول اخلاقی در انتشار اطلاعات، نتایج به صورت کد استخر و بدون نام گزارش شد. جهت بررسی نکات بهداشتی و نکات ایمنی، پارامترهای مربوط به هر کدام از آنها، از فرم آیین نامه مقررات بهداشتی استخرهای شنا استخراج شد (۲۸) و برای هر استخر مورد بررسی قرار گرفت. داده های جمع آوری شده، توسط نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای توصیف داده‌ها از شاخص‌های آماری نظیر تعداد، درصد، میانگین و انحراف معیار استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها برای تمامی پارامترها (اعم از شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی) با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرونف (Kolmogorov-Smirnov test) بررسی گردید. در مواردی که توزیع داده‌ها نرمال بود، از آزمون همبستگی پیرسون (Pearson) و در مواردی که توزیع غیرنرمال تشخیص داده شد، از آزمون ناپارامتریک اسپیرمن (Spearman) برای تحلیل روابط بین متغیرها استفاده شد. سطح معنی‌داری آزمون‌ها در تمامی تحلیل‌ها $p<0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

طبق اطلاعات جمع آوری شده از بین استخرهای شهرهای موردمطالعه، ۲ استخر به صورت دولتی و ۵ استخر به صورت خصوصی اداره می شوند. مطابق با فرم آیین نامه مقررات بهداشتی استخرهای شنا، وضعیت رعایت نکات بهداشتی شناگران به طور متوسط ۸۰/۸ درصد، در حد مطلوب بود. میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان کلر آزاد باقیمانده در ۵۳ درصد نمونه‌ها (با میانگین ۴۴۲)، کلر ترکیبی در ۴۸ درصد نمونه‌ها (با میانگین ۳۹۸)، pH در ۶۷ درصد نمونه‌ها (با میانگین ۵۵۷)، کدورت در ۸۱ درصد (با میانگین ۶۷۹) نمونه‌های مورد بررسی در حد مطلوب بودند. از لحاظ خورندگی نیز ۶۷ درصد نمونه‌ها (با میانگین ۵۵۰) مطلوب بود. میانگین و انحراف معیار پارامترهای میکروبی آب در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، کل کلیفرم گرماپای، استافیلوکوک اورئوس و باکتری‌های هتروتروف به ترتیب در یکی از نمونه‌ها، ۱۱ تا از نمونه‌ها و ۱۷ تا از نمونه‌ها بالاتر از حد مجاز بوده است. تنها باکتری سودوموناس آئروژینوزا در هیچ کدام از نمونه‌ها یافت نشد.

علت تفاوت در تعداد نمونه‌های برداشت شده از استخرها، اولویت های بهداشتی مدنظر معاونت بهداشتی، پیگیری نمونه‌های مشکل دار قبلی، فعالیت برخی استخرها در زمان خاص و تعطیلی برخی از استخرها به دلایل مختلف به ویژه تعداد مراجعات کم است. بالاتر بودن بار میکروبی در استخر ۲ و ۳ نسبت به سایر استخرها تحت تأثیر عوامل مختلفی است که مهم‌ترین آن عمومی بودن به علت موقعیت محلی نسبت به استخرهایی که در محیط دانشگاهی یا خصوصی قرار گرفته اند است. همچنین نظارت بر رعایت اصول بهداشتی که منجر به اقدامات قانونی گردید در این دو استخر وجود داشت که با پیگیری‌های مستمر رفع گردید.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

جدول ۱- استانداردهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنا

نوع پارامتر	پارامتر	واحد اندازه‌گیری	حد مجاز استاندارد		
			استاندارد ملی ایران ۱۱۲۰۳	استاندارد میکروبیولوژی ۹۴۱۲ ایران	استاندارد WHO
فیزیکی	دما	°C	۳۰-۲۶	-	-
	کدورت	NTU	≤ ۰/۵	-	≤ ۰/۵
	خورندگی / رسوب‌گذاری	-	در محدوده تعادل	-	-
شیمیایی	pH	-	۷/۸-۷/۲	-	۷/۸-۷/۲
	کلر آزاد باقیمانده	mg/L	۳-۱	-	۳-۱
	کلر ترکیبی	mg/L	≤ ۰/۴		
	سختی کل	mg/L $CaCO_3$	۲۵۰-۱۸۰	-	-
	قلیائیت	mg/L $CaCO_3$	۱۲۰-۸۰	-	-
میکروبی	اشرشیاکلی یا کلی فرم های گرماپای	تعداد در ۱۰۰ mL	-	< ۱	<۱
	سودوموناس آئروژینوزا	تعداد در ۱۰۰mL	-	< ۱	< ۱
	استافیلوکوکوس اورئوس	تعداد در ۱۰۰ mL	-	۵۰	< ۱۰۰
	باکتری‌های هتروتروف	تعداد در mL	-	< ۲۰۰	< ۲۰۰

استانداردهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای شنا نقش مهمی در حفظ کیفیت آب و سلامت شناگران دارند. پارامترهای فیزیکی مانند دما (°C ۳۰-۲۶) و کدورت بر شفافیت و تعادل شیمیایی آب تأثیر می‌گذارند. pH در محدوده ۷/۲-۷/۸ و کلر آزاد باقیمانده بین mg/L ۳-۱ برای حفظ کارایی گندزدایی ضروری است. از نظر میکروبی، سودوموناس آئروژینوزا نباید در آب شناسایی شود، در حالی که کل کلیفرم گرماپای و استافیلوکوکوس اورئوس به ترتیب کمتر از ۱ و کمتر از ۵۰ عدد در mL ۱۰۰ و باکتری‌های هتروتروف کمتر از unit/mL ۲۰۰ است. رعایت این استانداردها از رشد عوامل بیماری‌زا جلوگیری کرده و ایمنی استخرهای شنا را تضمین می‌کند.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

جدول ۲- مقایسه میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب استخرهای شنای کاشان و آران و بیدگل در سال های ۱۴۰۱-۱۳۹۷ با استانداردهای مرتبط

کد استخر	تعداد نمونه	میانگین و انحراف معیار کلر آزاد باقیمانده (ppm)			میانگین وانحراف معیار کلر ترکیبی باقیمانده (ppm)			میانگین pH			میانگین کدورت (NTU)		میانگین خورندگی		
		زیر ۱	مطلوب	بالای ۳	زیر ۰/٤	>۰/٤	≤۷/۱	>۷/۸	نرمال	≤۷/۱	≤۰/۵	≥۰/۵	خورنده	رسوبگذار	مطلوب
۱	۱۲۹	۰/۵ ± ۰/۱	۱/۹۸ ± ۰/۹۸	۵/۵۶ ± ۱	۰/۰۲ ± ۰/۰۱	۱/۴ ± ۰/۳۱	۶/۹۱	۸/۱	۷/۵۳	۰/۲۲	۰/۵۹				
		۵۴	۵۴	۵۲	۵۲	۷۷	۲۳	۲۰	۸۶	۹۹	۳۰	۱۱	۸	۱۱۰
۲	۲۲۸	۰/۴۳ ± ۰/۰۸	۱/۷۷ ± ۰/۶۸	۴/۶۸ ± ۱/۶	۰/۲۳ ± ۰/۱۲	۱/۲۳ ± ۰/۴۸	۷/۱	۸/۰۳	۷/۶۳	۰/۳۳	۰/۹۷				
		۷۱	۱۳۳	۲۴	۱۳۱	۹۷	۲	۶۷	۱۵۹	۱۹۵	۳۳	۱۶	۶۰	۱۵۲
۳	۶۵	۰/۴۹ ± ۰/۰۷	۱/۷۹ ± ۰/۷	۴/۱۸ ± ۰/۵۶	۰/۱۴ ± ۰/۰۹	۱/۵۵ ± ۰/۵۹	۶/۹۸	۸/۱۴	۷/۵	۰/۳۵	۰/۸۱				
		۱۱	۳۹	۱۵	۱۸	۴۷	۵	۱۳	۴۷	۳۸	۲۶	۵	۱۷	۴۳
۴	۱۶۸	۰/۵۳ ± ۰/۰۸	۱/۹۱ ± ۰/۷۶	۴/۴ ± ۱/۷۶	۰/۳۲ ± ۰/۴۴	۱/۱۸ ± ۰/۶۵	۷/۰۳	۸	۷/۵۴	۰/۳	۰/۸۳				
		۳۷	۱۰۶	۲۵	۶۲	۱۰۶	۸	۴۷	۱۱۳	۱۴۲	۲۰	۱۴	۵۶	۹۸
۵	۶۰	۰/۳ ± ۰/۰۴	۲/۰۶ ± ۰/۷۳	۴/۶۷ ± ۱/۹۱	۰/۱۸ ± ۰/۰۳	۱/۲۸ ± ۰/۷۶	۶/۸	۸/۱۴	۷/۶	۰/۲۵	۰/۶۸				
		۱۶	۲۷	۱۷	۴۲	۱۸	۱	۲۶	۳۳	۵۷	۳	۳	۱۳	۴۴
۶	۱۸۰	۰/۴۷ ± ۰/۰۶	۱/۹ ± ۰/۶۴	۴/۸۱ ± ۱/۸۴	۰/۱ ± ۰/۰۲	۰/۰۹۵ ± ۰/۰۱	۷	۸/۰۷	۷/۵۲	۰/۳۱	۰/۸۹				
		۳۸	۸۳	۵۹	۹۳	۸۷	۱۳	۴۸	۱۱۹	۱۳۷	۳۲	۲۳	۵۴	۱۰۳
تعداد/درصد	۸۳۰	(۲۴درصد)۱۹۶	(۵۳درصد)۴۴۲	(۲۳درصد) ۱۹۲	(۴۸درصد) ۳۹۸	(۵۲درصد) ۴۳۲	(۶درصد)۵۲	(۲۷درصد)۲۲۱	(۶۷درصد)۵۵۷	(۸۱درصد)۶۷۹	(۱۹درصد)۱۵۱	(۸درصد) ۷۲	(۲۵درصد)۲۰۸	(۶۷درصد) ۵۵۰	
استاندارد	۱۱۲۰۳		۱-۳		۰/۴			۷/۲ – ۷/۸		۰/۵		(رسوبگذار) ۰/۵+≤ (مطلوب)≥۰/۵-(خورنده)			

دوره ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴/ دوره هجدهم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۴۰۴
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

جدول ۳- مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترهای میکروبی نمونه‌های آب استخرهای شنای کاشان و آران و بیدگل در سال های ۱۴۰۰-۱۳۹۷

کد استخر	کل کلیفرم گرماپای	سودوموناس آئروژینوزا	استافیلوکوک اورئوس	باکتری هتروتروف	تعداد بالاتر از حد مجاز (استاندارد میکروبیولوژی ۹۴۱۲ ایران)			
	mL ۱۰۰/تعداد	mL ۱۰۰/ تعداد	mL ۱۰۰/تعداد	mL / تعداد	کل کلیفرم گرماپای	سودوموناس آئروژینوزا	استافیلوکوک اورئوس	باکتری هتروتروف
۱	۰	۰	۲۸±۳/۵	۲/۲±۰/۵۲	۰	۰	۰	۱
۲	۱±۰/۷	۰	۵۰±۷/۹	۲±۰/۳	۱	۰	۳	۱۲
۳	۰	۰	۳۸±۵/۳	۱۳±۱/۹	۰	۰	۳	٤
٤	۰	۰۰	۳۷±٦/۲	۱±۰/۲۲	۰	۰	٤	۰
٦	۰	۰	٤۱±٦/۵	۰	۰	۰	۱	۰
استاندارد	۱۰۰/کمتر از ۱ mL	۱۰۰/کمتر از ۱mL	۱۰۰/کمتر از ۵۰ mL	/کمتر از ۲۰۰ mL				

* از استخر "۵" نمونه میکروبی گرفته نشده است.

دوره هجدهم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۴۰۴
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

جدول ۴- همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی موجود در آب استخرها

متغیرها	کلر باقیمانده	کدورت	pH	استافیلوکوک اورئوس	باکتری هتروتروف
باکتری هتروتروف	r=-۰/۲۱ p=۰/۲۹	r=۰/۲۷۳ p=۰/۱۶	r=-۰/۰۲ p=۰/۳۶	r=۰/۰۷۳ p=۰/۲۳	r=۱
استافیلوکوک اورئوس	r=-۰/۱۱ p=۰/۱۵	r=۰/۳۲ p=۰/۰۱	r=-۰/۰۹ p=۰/۴۹	r=۱	r=۰/۰۷۳ p=۰/۲۳
pH	r=۰/۲۳ p=۰/۰۴	r=۰/۰۱ p=۰/۲۹	r=۱	r=۰/۳۶ p=۰/۳۲	r=-۰/۰۲ p=۰/۳۶
کدورت	r=-۰/۵۳ p=۰/۰۰	r=۱	r=۰/۰۱ p=۰/۲۹	r=۰/۳۲ p=۰/۰۱	r=۰/۲۷۳ p=۰/۱۶
کلر باقیمانده	r=۱	r=-۰/۵۳ p=۰/۰۰	r=۰/۲۳ p=۰/۰۴	r=-۰/۱۱ p=۰/۱۵	r=-۰/۲۱ p=۰/۲۹

فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره هجدهم/ شماره چهارم/ زمستان ۱۴۰۴
ijhe.tums.ac.ir

براساس جدول ۴ ارتباط معنی داری بین کاهش کلر آزاد باقیمانده و افزایش هتروتروف‌ها و استافیلوکوک اورئوس مشاهده شد.

بحث

کیفیت آب استخرهای شنا باید معادل با استانداردهای آب آشامیدنی در نظر گرفته شود، زیرا این محیط‌ها به دلیل تماس مداوم با بدن شناگران، مستعد انتقال عوامل بیماری‌زا هستند. در صورت عدم رعایت استانداردهای بهداشتی، آب استخر می‌تواند به عنوان یک ناقل بیماری‌های منتقله از طریق آب (Waterborne Diseases (WBDs)) عمل کرده و خطر بروز بیماری‌های عفونی، مشکلات پوستی، چشمی و تنفسی را افزایش دهد (۲۹). بررسی‌های انجام شده در این مطالعه نشان داد که pH، کلر آزاد باقیمانده، کلر ترکیبی، کدورت آب، خورندگی و شاخص‌های میکروبی از جمله مهم‌ترین عوامل مؤثر در تعیین کیفیت آب استخرهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی کاشان هستند و کنترل دقیق این پارامترها نقش مهمی در کاهش بار میکروبی و بهبود کیفیت آب دارد. نتایج حاصل از بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی نشان داد که میانگین pH، کلر آزاد باقیمانده، دما و کدورت در محدوده مجاز استانداردهای ملی ایران و WHO قرار داشتند. با این حال، در برخی نمونه‌ها، نوساناتی در غلظت کلر آزاد و pH مشاهده شد که می‌تواند ناشی از تبخیر زیاد، سختی نسبی بالای آب منطقه و مصرف زیاد مواد ضدعفونی‌کننده در شرایط اقلیمی گرم و خشک کاشان و آران و بیدگل باشد. به دلیل میانگین دمای هوای بالا (میانگین بیش از ^{o}C ۳۰ در فصول گرم) و رطوبت نسبی پایین، سرعت تبخیر از سطح آب استخرها زیاد است و این امر می‌تواند باعث افزایش غلظت مواد محلول، تغییر در pH و افزایش نیاز کلر شود (۳۰). همچنین مقایسه با مطالعات جدیدتر نشان می‌دهد که در مناطق با سختی بالا، کنترل کلر آزاد باقیمانده نیاز به تنظیم دقیق‌تری دارد تا از تولید ترکیبات جانبی مانند کلروفرم جلوگیری شود. بنابراین، شرایط اقلیمی و منبع آب منطقه، نقش تعیین‌کننده‌ای در پایداری کیفیت فیزیکوشیمیایی آب استخرها دارد (۳۱).

براساس استاندارد شماره ۱۱۲۰۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مقدار pH آب استخر باید در محدوده ۷/۸-۷/۲ قرار گیرد تا ضمن حفظ اثربخشی مواد گندزدا، از ایجاد مشکلاتی مانند خورندگی یا رسوب‌گذاری جلوگیری شود. در این مطالعه ۶۷ درصد از نمونه‌های بررسی‌شده دارای pH در محدوده استاندارد بودند که با یافته‌های مطالعات مختلف در داخل و خارج از کشور همخوانی دارد. نتایج مطالعه ای که توسط Asadzade و همکاران (۲۰۲۵) در بجنورد انجام شد نشان داد که ۶۷/۳۳ درصد نمونه‌ها مطلوب بوده است (۳۲). Yarahmadi و همکاران (۲۰۲۰) نیز مقدار pH را در ۶۷/۰۷ درصد نمونه‌ها در استان لرستان در محدوده استاندارد گزارش کردند که تطابق بالایی با نتایج مطالعه حاضر دارد. این موضوع نشان می‌دهد که رعایت دستورالعمل‌های کنترل کیفیت در استخرهای عمومی این منطقه تا حدی مطلوب بوده است (۳۳). نتایج مطالعه Gohari و همکاران (۲۰۲۰) در شهر مشهد نشان داد که ۹۶/۰۳ درصد از نمونه‌های آب استخرهای این شهر دارای pH مطلوب بودند. این میزان بالاتر از یافته‌های مطالعه حاضر است که ممکن است به کیفیت بهتر سیستم‌های تصفیه آب، نظارت منظم‌تر و مدیریت بهتر استفاده از مواد شیمیایی در استخرهای مشهد نسبت داده شود (۳۴). مطالعه Rezaei و همکاران (۲۰۱۱) در شهر شاهین‌شهر، pH را تنها در ۸۸/۱۳ درصد از نمونه‌ها در محدوده استاندارد گزارش کردند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که کنترل pH در برخی از مناطق، از جمله شاهین‌شهر با چالش‌هایی مواجه بوده است که احتمالا ناشی از نوع مواد شیمیایی مورد استفاده برای تنظیم pH و میزان استفاده از استخرها است (۳۵). در مطالعه‌ای که توسط Emami و همکاران (۲۰۲۰) در شهر همدان انجام شد، مشخص گردید که تمامی نمونه‌های بررسی شده در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

استخرهای کم‌عمق، متوسط و عمیق، دارای pH کمتر از حد استاندارد بودند. این موضوع احتمالا ناشی از عدم استفاده مناسب از مواد قلیایی برای تنظیم pH یا کیفیت پایین‌تر آب ورودی به استخرها در این منطقه است (۳۶). در سطح بین‌المللی، مطالعه Lopes Ferreira و همکاران (۲۰۲۳) که در کشور پرتغال انجام شد، نشان داد که ۴۶/۷ درصد از نمونه‌های آب استخرها دارای pH خارج از محدوده استاندارد بود (۳۷). همچنین نتایج مطالعه Hassanein و همکاران (۲۰۲۳) در مصر نشان داد که تنها ۱۱/۵ درصد از نمونه‌های بررسی شده، دارای pH مطابق با استاندارد بودند (۳۸). pH به عنوان یک عامل کلیدی در کنترل کیفیت آب، اثر مستقیم بر عملکرد مواد گندزدا، از جمله کلر آزاد باقیمانده دارد (۲۳، ۳۹). افزایش pH می‌تواند منجر به کاهش اثربخشی کلر در نابودسازی عوامل بیماری‌زا شود. مطالعات نشان داده‌اند که در pH بالاتر از ۸، میزان کلر مؤثر (هیپوکلرو اسید) در آب کاهش یافته و منجر به افزایش بقای میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌شود. همچنین، افزایش pH می‌تواند میزان کلر ترکیبی (کلرآمین‌ها) را افزایش داده و سبب ایجاد بوی نامطبوع در استخرها شود. این موضوع می‌تواند علاوه بر کاهش کیفیت آب، منجر به تحریک مجاری تنفسی شناگران و افزایش احتمال بروز مشکلات تنفسی، به‌ویژه در افرادی با بیماری‌های زمینه‌ای مانند آسم، شود (۴۰). از سوی دیگر، pH پایین‌تر از حد استاندارد می‌تواند باعث افزایش خاصیت خورندگی آب شده و سبب بروز مشکلاتی از قبیل آسیب به تأسیسات، تحریکات پوستی و چشمی در شناگران و تسریع خوردگی در تجهیزات استخر گردد (۱۱، ۴۱).

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفی آب استخرهای شنا، میزان کلر آزاد باقیمانده است که نقش کلیدی در گندزدایی و جلوگیری از انتشار عوامل بیماری‌زا ایفا می‌کند. براساس استانداردهای ملی ۱۱۲۰۳ و بین‌المللی، مقدار مجاز کلر آزاد بین mg/L ۳-۱ و مقدار کلر ترکیبی کمتر از mg/L ۰/۴ تعیین شده است. حضور کلر آزاد در این محدوده تضمین می‌کند که فرآیند گندزدایی به طور مؤثر انجام می‌شود. براساس نتایج مطالعه حاضر (جدول ۱)، ۴۸ درصد از نمونه‌ها دارای کلر ترکیبی در محدوده استاندارد و ۵۳ درصد از نمونه‌ها دارای کلر آزاد باقیمانده در محدوده مجاز بودند. این نتایج نشان‌دهنده مشکلاتی در کارایی فرآیند گندزدایی استخرها، نبود نظارت کافی و گندزدایی نامنظم در برخی موارد است. اختلاف نتایج مطالعه حاضر با برخی پژوهش‌های داخلی و خارجی را می‌توان ناشی از تفاوت در شرایط اقلیمی، منبع آب و روش‌های گندزدایی دانست. اقلیم گرم و خشک منطقه کاشان و آران و بیدگل، با دمای بالای ۳۰°C و تبخیر زیاد، موجب افزایش غلظت مواد محلول و نوسان pH شده و کارایی کلرزنی را کاهش می‌دهد (۴۲). از سوی دیگر، استفاده از آب‌های زیرزمینی با سختی کل بالا و کلرزنی دستی در بیشتر استخرهای منطقه، نسبت به آب شبکه شهری و سیستم‌های کنترل خودکار کلر در کشورهای مرطوب‌تر، می‌تواند سبب تفاوت در پایداری کلر و کیفیت میکروبی نهایی شود. افزون بر این، بار بالای شناگران و تفاوت در طراحی سیستم فیلتراسیون و تهویه نیز از عوامل مؤثر بر اختلاف میان یافته‌ها است. در مجموع، این تفاوت‌ها بازتابی از اثر ویژگی‌های اقلیمی و فناوری بهره‌برداری محلی بر کیفیت آب استخرها است (۳۸). مطالعه Magdy و همکاران (۲۰۱۱) در مصر، نشان داد که ۸۰ درصد از نمونه‌های بررسی‌شده دارای کلر آزاد کمتر از حد استاندارد بودند. این میزان پایین می‌تواند به کیفیت پایین آب خام ورودی، تبخیر بالای کلر در دمای بالا و عدم کنترل دقیق میزان گندزدایی نسبت داده شود (۴۳). زمانی که میزان کلر آزاد باقیمانده از حد استاندارد کمتر است باعث افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود که منجر به افزایش کدورت و بیماری‌های عفونی می گردد، که این مشکل را می توان با افزایش کلر آزاد باقیمانده و کنترل pH برطرف کرد در مقابل افزایش کلر باعث افزایش سوزش چشم و بروز بعضی از بیماری های گوارشی می شود. ضمنا کنترل غلظت کلرآزاد باقیمانده عامل موثر برای گندزدایی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

نیست و عامل های دیگری مثل دما، pH، سختی و قلیائیت نیز موثر هستند (۱۲).

کدورت آب یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیکی کیفیت آب استخرهای شنا محسوب می‌شود. افزایش کدورت می‌تواند اثر ضدعفونی‌کننده‌ها را کاهش داده، موجب افزایش بار میکروبی شده و درنهایت بر سلامت شناگران تأثیر منفی بگذارد. بر اساس استانداردهای ملی و بین‌المللی، میزان مجاز کدورت آب استخر کمتر از NTU ۰/۵ است. نتایج این مطالعه نشان داد که ۸۱ درصد از نمونه‌های بررسی شده دارای کدورت در محدوده استاندارد ملی ایران ۱۱۲۰۳ بودند که این مقدار نسبت به برخی از مطالعات انجام شده در ایران و سایر کشورها وضعیت بهتری را نشان می‌دهد، اما همچنان نشان‌دهنده وجود برخی موارد با کدورت بالاتر از حد مجاز است. این یافته‌ها می‌توانند به عدم نگهداری مناسب سیستم‌های فیلتراسیون، کیفیت پایین آب خام ورودی و یا کارایی نامناسب گندزدایی نسبت داده شوند (۳۶، ۴۴). بالابودن کدورت باعث کاهش اثرگذاری ماده گندزدا و درنهایت منجر به کاهش راندمان فرآیند گندزدایی می شود. کلوئیدهای عامل کدورت موجب جذب مواد شیمیایی، ارگانیسم‌ها و حتی نور می شوند و با ایجاد اثر محافظتی، باعث کاهش اثر گندزدا بر روی موجودات بیولوژیکی می شوند. از طرف دیگر با افزایش کدورت، ورود نور به آب کاهش پیدا کرده و رنگ، بو و مزه آب دچار تغییر می شود (۴۵).

کنترل کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بهداشتی در مدیریت این اماکن عمومی برای جلوگیری از انتقال عفونت‌های میکروبی است و شامل حفظ بهینه فیلتراسیون، میزان کلر و pH و استفاده از لخته‌سازها (منعقدکننده‌ها) برای شفاف نگهداشتن آب است (۴۶). یکی دیگر از عوامل مهم برای ارزیابی کیفیت آب استخر، مربوط به تراکم شناگران است. تراکم بالای شناگران ممکن است منجر به خطر تماس با عوامل بیماری‌زا و انتقال بیماری‌ها شود. بهداشت شخصی استفاده‌کنندگان از استخرهای شنا نیز ممکن است کیفیت آب را به میزان قابل توجهی تغییر دهد (۲۳). حضور میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا می‌تواند به انتقال بیماری‌های پوستی، تنفسی و گوارشی در میان شناگران منجر شود که برای جلوگیری از آلودگی، آب استخرها باید با گندزداهایی مانند ترکیبات کلر و یا ازن تصفیه شود. کلر بهترین گندزدایی کننده برای آب استخر شنا محسوب می‌شود (۴۰، ۴۷). در مطالعه حاضر اکثر استخرها از کلر یا ازن استفاده کرده بودند. سازمان‌های ملی و بین‌المللی محدوده‌های مشخصی را برای باکتری‌های هتروتروف، اشرشیاکلی و کلیفرم‌های گرماپای، سودوموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوس اورئوس در آب استخرها تعیین کرده‌اند (۴۸، ۴۹). همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است ۱۷ نمونه از کل نمونه‌های بررسی‌شده، آلوده به باکتری‌های هتروتروف بودند که این مقدار بالاتر از حد استاندارد (کمتر از ۲۰۰ unit/mL) بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در برخی استخرها، کیفیت گندزدایی نامطلوب و فرآیند تصفیه آب ناکارآمد بوده است که می‌تواند منجر به افزایش بار میکروبی و کاهش ایمنی شناگران شود. مطالعه Molazadeh و همکاران (۲۰۱۴) در کرمان نشان داد که تنها ۲/۰۷ درصد از نمونه‌های آب استخرها آلوده به باکتری‌های هتروتروف بودند که این میزان بسیار کمتر از یافته‌های این پژوهش است و ناشی از کارایی بالای سیستم‌های تصفیه و نظارت بهداشتی بهتر در استخرهای کرمان است (۵۰).

افزایش قابل توجه کلیفرم‌ها در آب استخر نشان دهنده مشکلات فنی تصفیه خانه استخر یا محافظت ناکافی از منبع آب تصفیه نشده است (۵۱). ارگانیسم های شاخص مانند کل کلیفرم به طور بالقوه می توانند باعث ایجاد بیماری های مختلف، به ویژه در کودکان زیر پنج سال و افراد مسن شوند (۵۲). مطالعه حاضر نشان داد که تنها یک مورد از کل نمونه‌ها، آلوده به کل کلیفرم بوده است که بر اساس استاندارد نباید هیچ باکتری کلیفرمی در آب استخر زیست کند. نتایج مطالعه Hajjartabar در شهر تهران نشان داد که هیچ کدام

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

از نمونه‌های آب استخرهای سرپوشیده از لحاظ کل کلیفرم مثبت نبودند (۵۳).

سودوموناس آئروژینوزا به طور مکرر در استخرهای شنا یافت می‌شوند و در آب های گرم مانند جکوزی رشد می کنند. توانایی این باکتری‌ها تعامل با سایر میکروارگانیسم است که باعث تولید بیوفیلم می شوند و در نتیجه کنترل آن را دشوار می‌کند (۵۴، ۵۵). یکی از اثرات مهم سلامتی که به بیماری سودوموناس آئروژینوزا نسبت داده می شود شیوع بیماری اوتیت خارجی یا گوش شناگر است. فولیکولیت مرتبط با سودوموناس آئروژینوزا یکی دیگر از نگرانی های عمده است و ممکن است آسیب به پوست و گوش شناگران را افزایش دهد. سودوموناس آئروژینوزا همچنین با طیف وسیعی از عفونت‌های دیگر از جمله عفونت چشم، ادرار و دستگاه تنفسی مرتبط است (۵۶). براساس استاندارد میزان باکتری سودوموناس آئروژینوزا در آب استخر کمتر از ۱ در هر mL ۱۰۰ آب است (۴۹). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که هیچ باکتری سودوموناس آئروژینوزایی در نمونه‌های آب استخر وجود ندارد که مطابق با نتایج مطالعه Emami است (۳۶). یکی از راه های کنترل سودوموناس آئروژینوزا در محیط استخر حفظ غلظت کلر باقیمانده در محدوده توصیه شده است (۵۷). مسائل مربوط به نگهداری استخر، که ممکن است با نظارت بر کیفیت آب تشخیص داده نشود، مانند عدم کالیبراسیون دقیق دستگاه‌های اندازه‌گیری کلر آزاد و pH، ممکن است منجر به کلرزنی ناکافی شده و در نتیجه رشد سودوموناس آئروژینوزا را تسهیل کند (۵۶).

دستورالعمل‌ها مهم‌ترین موارد شامل نظارت و تنظیم مکرر pH و میزان گندزدا، انجام آزمایش‌های میکروبیولوژیکی، تمیز کردن سطوح، دوش گرفتن کاربران و کنترل تعداد کاربران استخر را توصیه می‌کنند (۵۴). باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نقش مهمی در کیفیت آب استخرها دارد و باعث طیف گسترده ای از بیماری های انسانی مانند عفونت های پوست و بیماری‌های تهاجمی مانند باکتریمی، سپسیس، اندوکاردیت و ذات الریه می شود لذا باید در فهرست معیارهای استاندارد آب‌های تفریحی از جمله استخرها و جکوزی‌ها در نظر گرفته شود (۵۸). مطابق استاندارد بایستی تعداد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس کمتر از ۵۰ در هر mL ۱۰۰ آب باشد (۴۹) که براساس جدول ۲ در ۱۱ نمونه از آب استخرها، باکتری استافیلوکوک اورئوس وجود داشته است.

با توجه به حضور باکتری‌ها در آب استخرهای شنا، اجرای ضوابط و قوانین و نظارت دقیق، پایش مداوم توسط مسئول فنی استخرها، آگاهی اپراتورها، دوش گرفتن و استفاده از توالت قبل از شنا و گندزدایی مستمر را می توان جهت بهتر شدن وضعیت بهداشتی میکروبی و کیفیت آب استخرها پیشنهاد کرد. علی‌رغم رعایت دقیق استانداردهای نمونه‌برداری و آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی، این مطالعه با چند محدودیت فنی و اجرایی همراه بود. در برخی نوبت‌های نمونه‌برداری، به‌دلیل نقص موقت تجهیزات آزمایشگاهی و محدودیت در دسترسی به محیط‌های کشت اختصاصی، امکان انجام کامل آزمون‌های میکروبی فراهم نشد. برای کاهش اثر این محدودیت، تنها داده‌های معتبر مربوط به کلیفرم کل و شمارش هتروتروف‌ها که شاخص‌های قابل اعتماد کیفیت میکروبی بر اساس استانداردهای WHO (۲۰۲۲) و استاندارد ملی ایران (۱۱۲۰۳) هستند، در تحلیل نهایی لحاظ گردید. سایر محدودیت‌های مطالعه شامل تفاوت‌های احتمالی در شرایط بهره‌برداری و میزان استفاده از استخرها طی فصول مختلف، محدودیت منابع انسانی و تجهیزات در جمع‌آوری منظم داده‌ها و عدم ارزیابی برخی آلاینده‌های شیمیایی فرعی (مانند تری‌هالومتان‌ها) بود. با وجود این محدودیت ها، نتایج حاصل از داده‌های معتبر نشان‌دهنده الگوی پایدار و قابل اعتماد در کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب استخرهای منطقه است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، با بهبود امکانات آزمایشگاهی، طراحی چند مرکزی و نمونه‌برداری با فواصل زمانی کوتاه‌تر، ارزیابی جامع‌تری از تغییرات زمانی و عوامل مؤثر بر کیفیت آب استخرها انجام گیرد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج مطالعه، ارزیابی فیزیکوشیمیایی و میکروبی نمونه‌های آب برداشت شده از استخرهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی کاشان نشان داد که pH در ۶۷ درصد نمونه‌ها، کلر ترکیبی در ۴۸ درصد نمونه‌ها، کلر آزاد باقیمانده در ۵۳ درصد نمونه‌ها و کدورت در ۸۱ درصد نمونه‌های مورد بررسی در حد مطلوب بوده است. میزان کل کلیفرم گرماپای، استافیلوکوک اورئوس و باکتری‌های هتروتروف به ترتیب در ۱، ۱۱ و ۱۷ مورد از نمونه‌ها مثبت بود، اما هیچ کدام از نمونه‌ها به سودوموناس آئروژینوزا آلوده نبودند. با توجه به ارتباط معنی دار و معکوس پارامترهای میکروبی و کدورت با کلر آزاد باقیمانده می‌توان به نقش و تأثیر مقدار کلر آزاد باقیمانده در نابودی باکتری ها اشاره کرد که باید به طور مستمر در استخرها پایش شوند. به علاوه جهت دستیابی به کارایی مطلوب مواد گندزدا، کنترل دقیق pH و کدورت همراه با پایش کلرآزاد باقیمانده، ضروری است؛ لذا جهت کیفیت بهتر آب استخرهای شنا از لحاظ پارامترهای شیمیایی و میکروبی، آموزش مداوم پرسنل، گندزدایی مداوم و نظارت های بیشتر مسئولین فنی استخر لازم است.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده اند. شایان ذکر است این پژوهش در قالب طرح تحقیقاتی در شورای HSR معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان و با کد اخلاق IR.KAUMS.NUHEPM.REC.1396.42. انجام شده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی "بررسی کیفیت آب استخرهای شنای کاشان و آران و بیدگل از نظر فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژی در سال ۱۳۹۷" به شماره ۹۶۲۱۷ است که با حمایت معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی کاشان اجرا شده است.

References

1. Schets FM, Schijven JF, De Roda Husman AM. Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. Water Research. 2011;45(7):2392-400.

2. Galle F, Dallolio L, Marotta M, Raggi A, Di Onofrio V, Liguori G, et al. Health-related behaviors in swimming pool users: influence of knowledge of regulations and awareness of health risks. International Journal of Environmental Research. 2016;13(5):513.

3. Naji T, Dirany A, Carabin A, Drogui P. Large-scale disinfection of real swimming pool water by electro-oxidation. Environmental Chemistry Letters. 2018;16:545-51.

4. Niknejad H, Hoseinvandtabar S, Panahandeh M, Gholami Borujeni F, Janipoor R, Sarvestani RA, et al. Quantitative microbial risk assessment of gastrointestinal illness due to recreational exposure to E. coli and enterococci on the southern coasts of the Caspian Sea. Heliyon. 2024;10(9):e29974.

5. Pasquarella C, Veronesi L, Napoli C, Castaldi S, Pasquarella M, Saccani E, et al. Swimming pools and health-related behaviours: results of an Italian multicentre study on showering habits among pool users. Public Health. 2013;127(7):614-19.

6. Gholami Borujeni F, Mousavi S, Niknejad H.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

Microbial quality investigation of swimming beaches in Mahmoudabad. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2019;30(188):144-50 (in Persian).

7. Niknejad H, Kalvani N, Ala A, Saeedi R, Abtahi M, Gholami Borujeni F. Assessment of the risk of gastrointestinal infection from swimming at the Caspian Sea shores: a case study of Faridonkanar city beaches. Iranian Journal of Health and Environment. 2024;17(2):301-12 (in Persian).

8. Teo TL, Coleman HM, Khan SJ. Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. Environment International. 2015;76:16-31.

9. Nazeri M, Arani JS, Ziloochi N, Delkhah H, Arani MH, Asgari E, et al. Microbial contamination of keyboards and electronic equipment of ICU (Intensive Care Units) in Kashan University of medical sciences and health service hospitals. MethodsX. 2019;6:666-71.

10. Niknejad H, Saeedi R, Hosseini SA, Abedi Sarvestani R, Abtahi M, Hesami Arani M, et al. Health risk assessment of heavy metals in drinking water: a case study in western cities of Mazandaran province, Iran. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2024;104(18):7123-38.

11. Hoseinzadeh E, Mohammady F, Shokouhi R, Ghiasian SA, Roshanaie G, Toolabi A, et al. Evaluation of biological and physico-chemical quality of public swimming pools, Hamadan (Iran). International Journal of Environmental Health Engineering. 2013;2(1):1-5.

12. Kamarehie B, Birjandi M, Bazdar M, RoshanCheraghi B, Bairanvand F. Study of physical, chemical and microbial quality of swimming pools in the Khorramabad in year 2015. Journal of Environmental Health Enginering. 2017;4(3):232-24 (in Persian).

13. Karami A, Mahvi A, Sharafi K, Khosravi T, Moradi M. Comparing and evaluating microbial and physicochemical parameters of water quality in men′ s and women′ s public swimming pools in Kermanshah, Iran: A case study. International Journal of Environmental Health Engineering. 2015;4(1):1-6.

14. Fadaei A, Amiri M. Comparison of chemical, biological and physical quality assessment of indoor swimming pools in Shahrekord City, Iran in 2013. Global Journal of Health Science. 2015;7(3):240-48.

15. Bahmani P, Maleki A, Salimi M, Sadeghi S. Survey physico-chemical and microbial quality of Sanandaj city swimming pools water. Journal of Environmental Health Enginering. 2015;2(2):89-97 (in Persian).

16. Ajadi F, Bakare M, Oyedeji O. Assessment of the physicochemical and microbiological qualities of swimming pools in selected hotels in Osogbo Metropolis, southwestern Nigeria. Ife Journal of Science. 2016;18(4):831-43.

17. Yedeme K, Legese MH, Gonfa A, Girma S. Assessment of physicochemical and microbiological quality of public swimming pools in Addis Ababa, Ethiopia. The Open Microbiology Journal. 2017;11:98-104.

18. Moore J, Heaney N, Millar B, Crowe M, Elborn J. Incidence of pseudomonas aeruginosa in recreational and hydrotherapy pools. Communicable Disease Public Health. 2002;5(1):23-26.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

19. Barben J, Hafen G, Schmid J. Pseudomonas aeruginosa in public swimming pools and bathroom water of patients with cystic fibrosis. Journal of Cystic Fibrosis. 2005;4(4):227-31.

20. Guida M, Galle F, Mattei M, Anastasi D, Liguori G. Microbiological quality of the water of recreational and rehabilitation pools: a 2-year survey in Naples, Italy. Public Health. 2009;123(6):448-51.

21. Schoefer Y, Zutavern A, Brockow I, Schafer T, Kramer U, Schaaf B, et al. Health risks of early swimming pool attendance. International Journal of Hygiene Environmental Health. 2008;211(3-4):367-73.

22. Rafiee M, Hosseini SA, Gholami Borujeni F, Hesami Arani M, Niknejad H. Health risk assessment of swimming beaches microbial contamination: a case study-Mahmoudabad, Iran. International Journal of Environmental Health Research. 2024;34(1):355-66.

23. Masoud G, Abbass A, Abaza A, Hazzah W. Bacteriological quality of some swimming pools in Alexandria with special reference to Staphylococcus aureus. Environmental Monitoring Assessment. 2016;188(7):1-8.

24. Dirtu D, Pancu M, Minea ML, Chirazi M, Sandu I, Dirtu AC. Study of the quality indicators for the indoor swimming pool water samples in Romania. Revista de Chimie. 2016;67(6):1167-71.

25. Boholm A, Prutzer M. Experts' understandings of drinking water risk management in a climate change scenario. Climate Risk Management. 2017;16:133-44.

26. Fallah Ghalhari G, Khoshhal Dastjerdi J, Habibi Nokhandan M. Using Mann Kendal and t-test methods in identifying trends of climatic elements: A case study of northern parts of Iran. Management Science Letters. 2012;2(3):911-20.

27. Kucharzyk KH, Crawford RL, Cosens B, Hess TF. Development of drinking water standards for perchlorate in the United States. Journal of Environmental Management. 2009;91(2):303-10.

28. Gholami SR, Rastkari N, Asl Hashemi A, Binaye Motlagh P, Shaghaghi G, Izadpanah F. A Guide to Monitoring of Swimming Pools and Coastal Water. Tehran: Environmental and Occupational Health Center, Iran; 2013.

29. Natnael T, Hassen S, Desye B, Woretaw L. Physicochemical and bacteriological quality of swimming pools water in Kombolcha Town, Northeastern Ethiopia. Frontiers in Public Health. 2024;11:1260034.

30. Wan Mohd Yusri WME, Mohd Ramli MH, Khusaini NS, Mohamed Z. IoT based water quality monitoring system and test for swimming pool water physicochemical quality. The 6th International Conference on Science and Technology; Mataram, Indonesia: AIP Conference Proceedings; 2023. p. 020002.

31. Ezugwu MI, Chendo NM, Oraekei DI. Physicochemical characteristics of the water in selected hotel swimming pools in Awka, Anambra State Capital, Nigeria. World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences. 2025;24(1):13-21.

32. Asadzade SN, Firoze N, Yasini M, Heydari M, Arabkhani M. Assessment of physicochemical and microbial indicators of swimming pool water in Bojnourd City and comparison with standard values in 2024. Health Research and Development Journal. 2025;3(1):51-59 (in Persian).

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

33. Rashidi R, Yarahmadi T. An investigation of the sanitary conditions of water in public swimming pools in Lorestan, Iran, and Its comparison with the current standards of this country. Yafteh. 2020;22(1):96-109 (in Persian).

34. Gohari A, Alidadi H, Mirzaei A. Evaluating the health and hygienic condition of swimming pools in Mashhad city in different seasons of the year 2018. Journal of Research in Environmental Health. 2020;5(4):292-302 (in Persian).

35. Rezaei S, Farrokhzadeh H, Ghorbani E, Hasanzadeh A. Qualitative indicators of water in swimming pools in Shahinshahr, Iran, in 2011. Journal of Health System Research. 2017;13(1):46-51 (in Pesian).

36. Emami M, Sobhanardakani S. Investigation of microbiological and physicochemical parameters of water of Abyaran and Laleh indoor swimming pools in city of Hamedan city in 2015. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences. 2020;42(1):7-15 (in Persian).

37. Ferreira S, Amorim M, Araujo A, Mota S. Swimming pool water quality in the northern zone of Portugal. International Journal of Health Science. 2023;3:1-11.

38. Hassanein F, Masoud IM, Fekry MM, Abdel Latif MS, Abdel Salam H, Salem M, et al. Environmental health aspects and microbial infections of the recreational water: Microbial infections and swimming pools. BMC Public Health. 2023;23(1):302.

39. Beiki A, Yunesian M, Nabizadeh R, Saeedi R, Sori L, Abtahi M. Analytic assessment of microbial water quality in public swimming pools of Tehran in 2013 Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):15-26 (in Persian).

40. Ghasemi F, Hatam GR, Zaravar F, Mardaneh J, Jafarian H, Abbasi P, et al. Investigation of the physical, chemical characteristics and microbial contamination of the indoor swimming pools. Turkish Journal of Parasitology. 2019;43(3):130-34.

41. Firouzi P, Aslani H, Aslhashemi A. Survey of environmental health status, physicochemical and microbiological quality of swimming pools in Tabriz, 2017. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;11(4):613-26 (in Persian).

42. Keyhani S, Akbarzadeh F, Yazdani A, Zilochi N, Saneei N, Dehghani R. Assessment of the physicochemical and microbial quality of swimming pool water in Kashan, Iran, 2024. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2025;35(245):107-14 (in Persian).

43. Abd El Salam, Magda M. Assessment of water quality of some swimming pools: a case study in Alexandria, Egypt. Environmental Monitoring Assessment. 2012;184(12):7395-406.

44. Ubuoh E, Onyeizu U, Uzonu U, Okechukwu I. Assessment of water quality of the selected recreational swimming pools in Umuahia Metropolis, Southeastern Nigeria. Umudike Journal of Engineering Technology. 2022;8(1):74-87.

45. Jahangiri Rad M, Hafezi N, Bashardoost P. Analytical evaluation of water quality of swimming pools in the southern regions of Tehran in 2019. Environment Water Engineering. 2021;7(1):183-91 (in Persian).

46. Bilajac L, Vuki cLusic D, Doko Jelinic J, Rukavina T. Microbiological and chemical indicators of water quality in indoor hotel swimming pools before and

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

after training of swimming pool operators. Journal of Water and Health. 2011;10(1):108-15.

47. Mplougoura A, Klona K, Mavridou A, Mandilara GD. An assessment of hazards and associated risks in Greek swimming pools. Water. 2025;17(7):929.

48. Bonamano S, Madonia A, Borsellino C, Stefani C, Caruso G, De Pasquale F, et al. Modeling the dispersion of viable and total Escherichia coli cells in the artificial semi-enclosed bathing area of Santa Marinella (Latium, Italy). Marine Pollution Bulletin. 2015;95(1):141-54.

49. Schoen ME, Ashbolt NJ. Assessing pathogen risk to swimmers at non-sewage impacted recreational beaches. Environmental Science & Technology. 2010;1(7):2286-91.

50. Molazadeh P, Khanjani N, Rahimi M, Molazadeh A, Rahimi A. Fungal and biological contamination and physicochemical quality of swimming pools water in Kerman, 2014-2015: A short report. Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences. 2016;15(5):491-500 (in Persian).

51. Itah AY, Ekpombok MUM. Pollution status of swimming pools in south-south zone of south-eastern Nigeria using microbiological and physicochemical indices. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine Public Health. 2004;35(2):488-93.

52. Wei X, Li J, Hou S, Xu C, Zhang H, Atwill ER, et al. Assessment of microbiological safety of water in public swimming pools in Guangzhou, China. International Journal of Environmental Research Public Health. 2018;15(7):1416.

53. Hajjartabar M. Poor-quality water in swimming pools associated with a substantial risk of otitis externa due to Pseudomonas aeruginosa. Water Science Technology. 2004;50(1):63-67.

54. Guida M, Di Onofrio V, Galle F, Gesuele R, Valeriani F, Liguori R, et al. Pseudomonas aeruginosa in swimming pool water: evidences and perspectives for a new control strategy. International Journal of Environmental Research Public Health. 2016;13(9):919.

55. Adetunde L, Ninkuu V. Potential infections linked to the microbiological quality of swimming pools-Kumasi, Ghana, West Africa. Microbiology Research Journal International. 2016;15(4):1-7.

56. Rice SA, Van Den Akker B, Pomati F, Roser D. A risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in swimming pools: A review. Journal of Water Health. 2012;10(2):181-96.

57. Vukic Lusic D, Maestro N, Cenov A, Lusic D, Smolcic K, Tolic S, et al. Occurrence of P. aeruginosa in water intended for human consumption and in swimming pool water. Environments. 2021;8(12):132.

58. Khamesi F, Ehrampoush MH, Dad V, Jambarsang S, Ghaneian MT, Teimouri F. Prevalence of MRSA as an Infectious Agent in Sanitary Swimming Pools and Jacuzzis. Journal of Environmental Health Science Engineering. 2022;8(20):139-46.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Study of physicochemical and microbial indicators of swimming pool water in Kashan, Aran and Bidgol

Nahid Raeisi[1], Samaneh Mehraban Nawaz[1], Ahmad Reza Yari[2], Mohammad Jahandideh[1], Fariba Naghavi[1], Reza Zeraatkar[1], Hadi Niknejad[3], Mohsen Hesami Arani[4,*]

1- Department of Environmental Health Engineering, Research Council of Health Vice, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran
2- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
3- Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4- Research Center for Environmental Pollutants, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 8 November 2025
Revised: 21 January 2026
Accepted: 26 January 2026
Published: 10 March 2026

Keywords: Water, Swimming pool, Aran-Bidgol, Kashan, Fecal coliform

ABSTRACT

Background and Objective: Swimming pools are considered as a potential source of microbial and chemical contamination due to direct and continuous contact with different groups of people. The present study was conducted to investigate the water health indicators of swimming pools in Kashan and Aran-Bidgol and compare them with the existing standards in the country in the years 2017-2021.

Materials and Methods: In this descriptive-analytical study with a longitudinal design, 830 samples were taken from all indoor and active pools in 2017-2021. Physicochemical parameters, and microbial parameters were measured. Finally, the data were analyzed using SPSS software 16.

Results: The concentration of free residual chlorine, combined chlorine, pH, turbidity, and corrosivity were in the desired range in 53 percent, 48 percent, 67 percent, 81 percent, and 67 percent of the water samples, respectively. None of the samples were contaminated with Pseudomonas. A significant and inverse relationship was observed between the bacterial population and free residual chlorine, and a significant and direct relationship was observed between the bacterial population and turbidity ($p<0.005$).

Conclusion: Due to the low compliance of the water chlorine level with the standard and the observation of coliform bacteria, Staphylococcus aureus, and heterotrophs, it is necessary to continuously monitor the physicochemical and microbial parameters of the water, as well as to carry out proper health surveillance and disinfection.

***Corresponding Author:**
Hesami.mohsen110@gmail.com

Please cite this article as: Raeisi N, Mehraban Nawaz S, Yari AR, Jahandideh M, Naghavi F, Zeraatkar R, et al. Study of physicochemical and microbial indicators of swimming pool water in Kashan, Aran and Bidgol. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):641-58.

Copyright © 2026 Iranian Association of Environmental Health، and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted، provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2026-05-05]