

## بررسی وضعیت شاخص‌های فیزیکو شیمیایی و باکتریایی آب استخرهای شنای شهر زنجان

علی اسدی<sup>۱\*</sup>، علی‌زاده<sup>۲</sup>، مهران محمدیان فضلی<sup>۱</sup>، جلیل نصیری<sup>۳</sup>، جمشید مشیری<sup>۴</sup>

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.
۳. ارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز بهداشت استان زنجان، زنجان، ایران.
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت سلامت ایمنی و محیط‌زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران.

## چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵  
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۰۹

**مقدمه و هدف:** با توجه به گستردگی استفاده از استخرها و لزوم حفظ سلامت شناگران و کنترل مسائل بهداشتی، مدیریت و پایش چنین محل‌هایی برای انطباق با استانداردهای تعیین شده از طرف مراجع ذیصلاح لازم و ضروری است. هدف از این مطالعه بررسی شاخص‌های فیزیکوشیمیایی و باکتریایی آب استخرهای شنای شهر زنجان در سال ۱۳۹۵ است.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه از نوع توصیفی - تحلیلی بوده و از تمام استخرهای فعال در دو فصل تابستان و پاییز نمونه‌برداری انجام شد. پارامترهای فیزیکو شیمیایی از قبیل دمای هوا و آب، کدورت، میزان کلر آزاد باقیمانده، هدایت الکتریکی، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (ORP) و باکتریایی شامل کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی، شمارش بشقاب‌های هتروتروف‌ها، استرپتوکوک‌های مدفوعی، استافیلوکوک آروئوس و سودوموناس آئروژینوزا بررسی شد.

**یافته‌ها:** در میان پارامترهای میکروبی سودوموناس آئروژینوزا و کلیفرم‌های مدفوعی، شمارش بشقاب‌های هتروتروف‌ها به ترتیب با ۶۴/۹، ۲۶ و ۱۲ درصد در سطح نامطلوبی نسبت به استاندارد قرار داشتند. این شاخص برای پارامترهای کدورت، دمای آب، هوا، pH و کلر باقیمانده آزاد به ترتیب ۹۸، ۹۴، ۸۸/۹، ۷۹/۶ و ۴۱/۷ درصد به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** پارامترهای فیزیکو شیمیایی و باکتریایی مطابقت ضعیفی با استاندارد ملی داشته، آموزش متصدیان و مدیران استخرهای شنا در راستای بهره‌برداری اصولی از استخرها، اجرای دوره‌های بازآموزی برای بازرسان بهداشتی، کنترل پارامترهای روتین بهره‌برداری و مداخله‌گر از قبیل کدورت، دما و... به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر فرایند گندزدایی و استفاده از دستگاه‌های سنجش دیجیتالی به‌روز و با درصد خطای کمتر تأثیر مهمی بر کیفیت آب استخرها دارد.

## کلیدواژه‌ها:

استخرهای شنا، خواص باکتریایی استخرها، پارامترهای فیزیکوشیمیایی.

## مقدمه

مطلوبی داشته باشد؛ زیرا رعایت نکردن این ضوابط و معیارها آب استفاده‌شده در این استخرها را به منبعی برای انتقال انواع بیماری‌ها تبدیل می‌کند [۳-۵] موارد آلودگی و عفونت در استخرهای شنا در اکثر موارد شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها و تک‌یاخته‌ها هستند [۶، ۷]. دراستخرها به علت تماس مستقیم

استفاده از استخرهای شنا در بین مردم برای تأمین نیازهای اساسی جسمی و روحی روزه‌روز در حال افزایش است. [۱، ۲] آب استفاده‌شده در استخرهای شنا مانند آب آشامیدنی بایستی از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی، کیفیت

\* نویسنده مسئول: علی اسدی

نشانی: گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران

دورنگار: ۰۲۴۳۳۷۷۳۱۵۳

تلفن: ۰۲۴۳۳۷۸۱۳۰۰

رایانه: assadi@zums.ac.ir

شناسه ORCID: 0000-0002-9963-3267

آب و هوای استخرها، کدورت، pH، هدایت الکتریکی، کلر باقیمانده آزاد و پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (ORP) آب استخرها بود. که همگی در محل استخر شنا با دستگاه‌های پرتابل اندازه‌گیری شدند. برای سنجش کلر باقیمانده آزاد و pH از دستگاه کلر سنج دیجیتال Color Q ساخت شرکت LaMotte و برای اندازه‌گیری دما از دماسنج دیجیتالی لیزری ساخت شرکت TFA استفاده شد که به الکترو د رابط برای اندازه‌گیری دمای آب و پرتاب لیزری برای اندازه‌گیری دمای هوا مجهز است. برای اندازه‌گیری پارامتر مربوط به هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج قابل حمل با مارک WTW و برای اندازه‌گیری پارامتر مربوط به پتانسیل اکسیداسیون و احیاء از دستگاه Milwaukee که هر دو ساخت کشور آمریکا بودند استفاده شد. و در نهایت کدورت به وسیله دستگاه کدورت سنج پرتابل مدل HACH- 2100 ساخت کشور آلمان (بر اساس اصل پراکندگی نور) اندازه‌گیری شد.

### پارامترهای میکروبی

پارامترهای میکروبی مورد ارزیابی شامل شمارش بشقابی هتروتروفها، کل کلیفرم‌های و کلیفرم‌های و استرپتوکوک‌های مدفوعی، سودموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوس آئروس بود. برای سنجش باکتری‌های هتروتروفی (HPC<sup>1</sup>) از روش پورپلیت و محیط کشت R<sub>2</sub>Agar، و برای سنجش کل کلیفرم‌های و کلیفرم‌های مدفوعی از روش تخمیر چند لوله‌ای و محیط کشت لاکتوز برات، BG برات و EC برات استفاده شد. برای جداسازی سودموناس آئروژینوزا از روش فیلتر غشایی و محیط کشت کروم آگار، برای اندازه‌گیری باکتری‌های استرپتوکوک مدفوعی از روش تخمیر چند لوله‌ای و محیط کشت آرایید دکستروز برات و برای سنجش استافیلوکوک آئروس از روش فیلتر غشایی و محیط کشت مانیتول سالت فنل رد آگار استفاده شد. تمامی داده‌های جمع‌آوری با نرم‌افزار آماری SPSS با نسخه ۱۸ تجزیه و تحلیل شد. به منظور بررسی ارتباط بین متغیرها از آزمون تی تست، آنالیز واریانس، ضریب همبستگی پیرسون و درصد فراوانی داده‌ها استفاده شد.

### یافته‌ها

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی شیمیایی، باکتریایی و ماتریس همبستگی بین پارامترهای فیزیکی شیمیایی و باکتریایی اندازه‌گیری شده به تفکیک استخرهای شنا مورد بررسی در جدول‌های ۱ و ۲ و ۳ ارائه شده است.

آب آلوده با بدن و وارد شدن از طریق دهان، گوش، چشم سبب انتقال و ایجاد بیماری‌های عفونی می‌شود [۴، ۶، ۷]. باکتری‌های فرصت‌طلب از عوامل دیگر آلودگی استخرها هستند. سودموناس آئروژینوزا از جمله عوامل فرصت‌طلب است [۴، ۸]. مخاطرات ناشی از مواد شیمیایی از عوامل خطر ساز مرتبط با سلامت شناگران هستند که در اثر بلعیدن، استنشاق و تنفس محلول‌های فرار و آئروسول یا از طریق تماس و جذب پوستی وارد بدن شناگران می‌شوند [۹، ۱۰]. در مطالعه‌ای که نیک‌آیین و همکاران [۸] روی استخرهای شنای شهر اصفهان انجام دادند مشخص شد در بین پارامترهای فیزیکی شیمیایی، کلر آزاد باقیمانده و pH ضعیف‌ترین همخوانی را با استانداردها دارند. در بررسی امرالهی و همکاران [۱۱] روی استخرهای شنای شهر یزد دما، کلیتیت و باکتری‌های هتروتروف با استاندارد مطابقت نداشته‌اند. در شهر زنجان ۹ استخر شنا فعال است و گزارش‌هایی از مراکز بهداشتی و درمانی مبنی بر مراجعه افراد بیمار به این مراکز با عفونت‌های پوستی و گوشی بعد از حضور در استخرهای شنا وجود داشت. از این‌رو با توجه به اهمیت موضوع و همچنین در جریان گذاشتن ارگان‌های مدیریتی ناظر بر تأمین سلامت استخرها، کیفیت فیزیکی شیمیایی و باکتریایی آب استخرهای شنای زنجان در سال ۱۳۹۵ به منظور مطابقت آن با استانداردها مطالعه شد [۱۲].

### مواد و روش کار

زنجان مرکز استان و شهرستان زنجان در شمال غرب و از بزرگ‌ترین شهرهای شمال غرب کشور است و در سال ۱۳۹۵ ۴۳۰۸۷۱ نفر جمعیت دارد. در این شهر تعداد ۹ استخر شنا وجود دارد که جامعه نمونه‌برداری این مطالعه را تشکیل می‌دهند. این مطالعه با هدف بررسی شاخص‌های فیزیکی شیمیایی و باکتریایی آب استخرهای شنا شهر زنجان در سال ۱۳۹۵ به مدت ۶ ماه و در دو فصل (تابستان و پاییز) انجام شد. **نمونه‌برداری:** نمونه‌برداری از پارامترهای فیزیکی شیمیایی و میکروبی هر دو هفته یکبار و در زمان حضور حداکثر شناگران انجام گرفت. برای سنجش شاخص‌های باکتریایی نمونه‌برداری تنها از قسمت انتهایی استخرهای شنا و از محل‌های خروجی آب استخر انجام شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی شیمیایی و همچنین برای سنجش تغییرات احتمالی به وجود آمده در طول استخرها، نمونه‌برداری و آنالیز این پارامترها از دو نقطه ورودی و خروجی استخر انجام شد.

### پارامترهای فیزیکی شیمیایی

پارامترهای فیزیکی شیمیایی اندازه‌گیری شده شامل دمای

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار، مقادیر استاندارد و درصد موارد مطلوب و نامطلوب پارامترهای فیزیکی شیمیایی (به تفکیک استخرهای مورد نمونه برداری)

میزان تراکم (mg/l)	میزان پتانسیل اکسیداسیون (mV)	هدایت الکتریکی (µs/cm)	میزان پتانسیل اکسیداسیون (mV)	کدورت (NTU)	pH	کلر آزاد (mg/l)	دمای آب (°C)	دمای هوا (°C)	پارامتر	کد استخر
										کد استخر
۶/۵ ± ۲/۷۸	۷۶۶/۵ ± ۱۰۷/۸۳	۱۴۹۷/۹۲ ± ۹۷/۸۵	۷۶۶/۵ ± ۱۰۷/۸۳	۱/۰۵ ± ۰/۳۱	۶/۴۸ ± ۰/۵۴	۱/۶۹ ± ۱/۹۵	۳۰/۷۲ ± ۱/۱۲	۳۰/۹۳ ± ۱/۱۴	۱	۱
۷ ± ۳/۳۴	۷۲۰/۱۷ ± ۱۶۵/۲۱	۱۶۸۵/۹۱ ± ۱۵۵/۸۶	۷۲۰/۱۷ ± ۱۶۵/۲۱	۱/۱۱ ± ۰/۶۴	۶/۷۵ ± ۰/۸۱	۱/۱۸ ± ۱/۰۴	۳۰/۶۳ ± ۰/۷۸	۳۰/۶۲ ± ۰/۷۵	۲	۲
۶/۲۵ ± ۲/۸۹	۷۲۰/۳۷ ± ۶۸/۶۹	۱۴۷۷/۴۲ ± ۱۸۷/۸۵	۷۲۰/۳۷ ± ۶۸/۶۹	۱/۲۷ ± ۰/۵۵	۶/۶۱ ± ۰/۹۵	۱/۶۱ ± ۰/۹۱	۳۰/۳۵ ± ۱/۰۳	۳۰/۳۵ ± ۱/۰۳	۳	۳
۷/۷۵ ± ۳/۶۵	۷۱۰/۳۳ ± ۱۲۷/۵۵	۱۱۴۶/۴۵ ± ۹۴/۱	۷۱۰/۳۳ ± ۱۲۷/۵۵	۰/۹۸ ± ۰/۲۲	۶/۴۷ ± ۰/۷۶	۱/۱۸ ± ۰/۳۸	۳۰/۵۳ ± ۱/۲۲	۳۰/۵۳ ± ۱/۲۲	۴	۴
۸/۹ ± ۵/۱۸	۷۲۳/۲۵ ± ۷۵/۲۲	۱۸۶۳ ± ۱۴۱/۹۱	۷۲۳/۲۵ ± ۷۵/۲۲	۱/۱۳ ± ۰/۳۱	۷/۴۸ ± ۰/۶۲	۱/۶۱ ± ۰/۹۴	۳۰/۹۳ ± ۱/۸۹	۳۰/۴۱ ± ۱/۸۹	۵	۵
۶/۸۴ ± ۲/۵۶	۷۳۹/۴۵ ± ۶۱/۸۱	۵۲۵۵ ± ۹۷/۴۲	۷۳۹/۴۵ ± ۶۱/۸۱	۰/۹۹ ± ۰/۳۹	۷/۱۹ ± ۰/۷۸	۲/۳۷ ± ۱/۲۲	۳۰/۲۹ ± ۱/۳۹	۳۰/۲۹ ± ۱/۳۹	۶	۶
۶/۷۵ ± ۱/۸۶	۷۵۷/۷۹ ± ۱۴۱/۶۲	۱۷۸۱/۰۴ ± ۱۵۱/۷۱	۷۵۷/۷۹ ± ۱۴۱/۶۲	۰/۹۳ ± ۰/۳۶	۷/۰۴ ± ۰/۸۷	۱/۱۷ ± ۰/۹۶	۲۸/۷۸ ± ۱/۹۶	۲۸/۷۸ ± ۱/۹۶	۷	۷
۶/۶۷ ± ۲/۵۷	۶۵۹/۸۹ ± ۵۰/۳۷	۴۷۸/۷۵ ± ۳۲/۲۹	۶۵۹/۸۹ ± ۵۰/۳۷	۱/۰۸ ± ۰/۴۱	۶/۸۹ ± ۰/۵۱	۱/۱۴ ± ۰/۶۷	۳۰/۱۶ ± ۰/۶۸	۳۰/۱۶ ± ۰/۶۸	۸	۸
۶/۲۵ ± ۱/۸۶	۷۱۶/۵ ± ۲۲/۶۴	۷۷۲/۵۴ ± ۱۲۴/۵۲	۷۱۶/۵ ± ۲۲/۶۴	۰/۸۵ ± ۰/۷۳	۶/۷۹ ± ۰/۵۵	۱/۷۵ ± ۰/۷۱	۳۰/۳۲ ± ۱/۰۱	۳۰/۵۴ ± ۱/۰۵	۹	۹
۶/۹ ± ۲/۱۱	۷۲۲/۲۵ ± ۹۸/۹۶	۱۲۴۷/۰۶ ± ۵۲۴/۳۹	۷۲۲/۲۵ ± ۹۸/۹۶	۱/۰۴ ± ۰/۴۱	۶/۸۵ ± ۰/۷۷	۱/۵۲ ± ۱/۰۸	۳۰/۲۴ ± ۱/۱۵	۳۰/۲۹ ± ۱/۱۵	کل	
۳	۶۵۰-۷۰۰	-	۶۵۰-۷۰۰	/۵	۷/۲-۸	۱-۳	۲۸-۲۶	۲۷-۲۹	مقادیر استاندارد	
۱۰۰	۱۶/۷	-	۱۶/۷	۱/۹	۲۰/۴	۵۸/۳	۵/۶	۱۱/۱	درصد موارد مطلوب	
.	۸۳/۳	-	۸۳/۳	۹۸/۱	۷۹/۶	۴۱/۷	۹۴/۴	۸۸/۹	درصد موارد نامطلوب	

در جدول ۱ خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب استخرهای شنا آمده است. درجه حرارت آب هوای در استخر به ترتیب ۵/۶ و ۱۱/۱ درصد، کلر آزاد باقیمانده در pH در ۲۰/۴، کدورت ۱/۹ درصد، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء در ۱۶/۷ و تراکم در ۱۰ درصد نمونه‌ها مطلوب بودند. کدورت، دمای آب هوای، پتانسیل اکسیداسیون و احیاء و کلر باقیمانده آزاد پارامتر بحرانی بشمار می‌روند. عدم مطابقت آن با استاندارد ملی به‌عنوان نقص بحرانی بوده و تأثیرات نامطلوبی بر سلامت شناگران می‌گذارد.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار، مقادیر استاندارد و درصد موارد مطلوب و نامطلوب با ازمیهای باکتریایی (به تفکیک استخراجهای مورد نمونه برداری)

سودوموناس آرژونوزا (تعداد) ۱۰۰ ml)	استافیلوکوک آرنوس (تعداد) ۱۰۰ ml)	استریتوکوک مدفوعی (تعداد) ۱۰۰ ml)	کلیفرمهای مدفوعی (تعداد) ۱۰۰ ml)	کل کلیفرم - احتمالی (تعداد) ۱۰۰ ml)	HPC (تعداد) ۱۰۰ ml)	نوع باکتری	کد استخراج
۸ ± ۱۴/۲۲	۱۱ ± ۲۸/۵۶	.	۱ ± ۰/۹۰	۲ ± ۱/۹۲	۵۴ ± ۸۷/۳۱	۱	
۲۹ ± ۸۵/۴۲	۲ ± ۲/۳۰	۱ ± ۰/۵۸	۱ ± ۱/۰۸	۲ ± ۷/۶۴	۸۹ ± ۱۲۸/۱۹	۲	
۸ ± ۹/۰۲	۷ ± ۱۴/۲۲	.	۱ ± ۱/۰۲	۴ ± ۳/۶۲	۵۰ ± ۸۶/۴۵	۳	
۸ ± ۱۰/۲۳	۲ ± ۲/۶۷	.	۱ ± ۰/۹۰	۴ ± ۴/۵۱	۵۷ ± ۸۶/۹۶	۴	
۲۸ ± ۲۹/۳۵	۷ ± ۱۹/۹۲	.	۱ ± ۰/۹۰	۶ ± ۴/۴۸	۱۰۹ ± ۱۱۲/۰۹	۵	
۶ ± ۱۱/۵۸	۲ ± ۲/۶۴	.	۱ ± ۰/۹۹	۲ ± ۳/۶۴	۵۸ ± ۱۱۳/۹۷	۶	
۹ ± ۱۷/۰۵	۲ ± ۲/۲۶	.	۱ ± ۰/۷۷	۳ ± ۴/۹۹	۸۹ ± ۱۲۲/۲۵	۷	
۳ ± ۴/۸۷	۱ ± ۲/۰۵	.	۱ ± ۰/۷۸	۲ ± ۲/۲۶	۴۲ ± ۶۸/۲۵	۸	
۲ ± ۲/۳۴	۲ ± ۴/۳۷	.	.	۱ ± ۲/۰۲	۱۳ ± ۱۹/۰۱	۹	
۱۱/۳۷ ± ۳۱/۹۴	۴ ± ۱۲/۷۷	≈	۱ ± ۰/۰۱	۳ ± ۲/۷۵	۶۲ ± ۹۷/۴۳	کل	
صفر	حد اکثر ۵۰ در ۱۰۰ میلی لیتر	حد اکثر ۱۰۰ در ۱۰۰ میلی لیتر	صفر	صفر	حد اکثر ۲۰۰ در میلی لیتر	مقادیر استاندارد	
۴۴	۹۷/۲	۱۰۰	۷۲/۱	۴۹/۱	۸۸	درصد موارد	
۶۴	۲/۸	صفر	۲۶/۹	۵۰/۹	۱۲	درصد موارد مطلوب	
						نامطلوب	

در جدول ۲ خصوصیات باکتریایی آب استخراجهای شنا آمده است. جمعیت باکتریهای هتروترروف، استافیلوکوک آرنوس، سودوموناس آرژونوزا، استریتوکوکهای مدفوعی، کلیفرمهای کل و کلیفرمهای مدفوعی به ترتیب ۸۸، ۹۷/۲، ۴۴، ۱۰۰، ۴۹، ۱۰۰، ۷۳ درصد در نمونهها مطلوب بوده است. باکتریهای سودوموناس آرژونوزا و کلیفرمهای مدفوعی بیشترین درصد استخراج و شناسایی، مطابقت ضعیفی با استاندارد داشتند.

جدول ۳. ماتریس همبستگی بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و باکتریایی در آب استخرهای شنا شهر زنجان

میزان باکتری	تراکم	هدایت الکتریکی	ORP	کدورت	pH	میزان کلر	دمای آب
(-۱۱۸، ۲۲۵)	(۲۵۹، ۱۰۰۷)	(-۲۵، ۱۱۲)	(-۳۱، ۱۴۹)	(۱۱۹، ۱۰۶۴)	(۱۰۲۳، ۸۱۴)	(۱۰۷۵، ۴۴۳)	۱ (معناداری، ضریب همبستگی)
(۲۰۲، ۱۰۳۶)	(۱۰۱۹، ۸۴۷)	(-۱۲۷، ۱۰۸)	(۲۵۱، ۱۰۰۹)	(۳۷۳، ۰)	(۱۴۵۷، ۰)	۱ (۱۷۵۰، ۴۴۳)	میزان کلر (معناداری، ضریب همبستگی)
(-۱۳۹، ۱۵۱)	(۱۰۹۲، ۳۴۳)	(-۱۱۷، ۸۵۷)	(۱۰۹۱، ۳۵۱)	(۲۱۵، ۱۰۲۵)	۱ (۱۴۵۷، ۰)	(۱۰۲۰۳، ۸۱۴)	pH (معناداری، ضریب همبستگی)
(-۱۰۶۷، ۴۹۲)	(-۱۱۰۲، ۳۹۲)	(-۱۰۸، ۴۱۲)	(۱۱۵، ۳۳۸)	۱ (۱۱۵، ۱۰۲۳۸)	(۱۰۲۱۵، ۱۰۲۵)	(۱۰۳۰۳، ۱۰۶۴)	کدورت (معناداری، ضریب همبستگی)
(-۲۱۷، ۱۰۲۴)	(۱۰۲۱، ۸۳۲)	(۲۵۲، ۱۰۰۸)	۱ (۱۱۵، ۱۰۲۳۸)	(۱۱۵، ۱۰۲۳۸)	(۱۰۹۱، ۱۰۳۵۱)	(-۱۰۳۱، ۱۰۴۹)	ORP (معناداری، ضریب همبستگی)
(۲۶۳، ۱۰۰۶)	(۱۱۲۱، ۱۰۲۱۳)	۱ (۲۵۳، ۱۰۰۸)	(-۱۰۸، ۴۱۲)	(-۱۰۸، ۴۱۲)	(-۱۰۱۷، ۸۵۷)	(-۱۱۱۲، ۱۲۵۰)	هدایت الکتریکی (معناداری، ضریب همبستگی)
(۲۲۴، ۱۰۰۲)	۱ (۱۲۱، ۱۰۲۱۳)	(۱۰۲۱، ۸۳۲)	(-۱۰۲، ۱۰۲۹۲)	(-۱۰۲، ۱۰۲۹۲)	(۱۰۹۲، ۳۴۳)	(-۱۲۵۹، ۱۰۰۷)	تراکم (معناداری، ضریب همبستگی)
۱	(۲۲۴، ۱۰۰۲)	(۱۲۶۳، ۱۰۰۶)	(-۱۲۱۷، ۱۰۲۴)	(-۱۰۶۷، ۱۰۴۹۲)	(-۱۱۳۹، ۱۵۱)	(-۱۲۰۲، ۱۰۳۶)	میزان باکتری (معناداری، ضریب همبستگی)

در جدول ۳ ماتریس همبستگی بین پارامترهای آب استخرهای شنا آمده است. بین پارامترهای کلر آزاد، یقه‌مانده و پتانسیل اکسیداسیون احیاء با میزان باکتری‌های استخر همبستگی وجود دارد که این همبستگی به‌صورت معکوس و معناداری است.

## بحث

کدورت در آب استخرهای شنا به دلیل انجام گندزدایی مؤثر و حفظ ایمنی شناگران حائز اهمیت فراوانی است [۱۳]. از نقطه نظر گندزدایی مؤثر، حداکثر میزان قابل قبول کدورت NTU ۰/۵ است. مطابق جدول ۱، میانگین این پارامتر در آب استخرهای شهر زنجان NTU ۱/۰۴ بود. از علل احتمالی بالا بودن میزان کدورت آب استخرهای شنا شهر زنجان طبق این مطالعه می‌توان به رعایت نکردن کامل بهداشت فردی و دوش گرفتن قبل از شنا یا استحمام ناقص در بین بعضی از افراد شناگر و همچنین عدم آشنایی اصولی متصدیان با روش‌های بهره‌برداری از تأسیسات آب و فاضلاب می‌توان ذکر کرد. کلر آزاد باقیمانده طبق جدول ۱ در ۵۸/۳ درصد از نمونه‌ها مطلوب و در ۴۱/۳ درصد از نمونه‌ها نامطلوب بودند. طبق تعریف استاندارد ملی، میزان کلر آزاد باقیمانده در استخرها در محدوده ۱-۳ میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان محدوده استاندارد و مطلوب در نظر گرفته می‌شود [۱۴]. میانگین کلر آزاد باقیمانده در این مطالعه برابر ۱/۵۲ mg/l بود. در بررسی استخرهای شنا شهر اصفهان توسط نیک‌آیین و همکاران تقریباً ۵۰ درصد از نمونه‌های کلر آزاد باقیمانده در محدوده نامطلوبی قرار داشتند. و میانگین این پارامتر ۱/۲ میلی‌گرم در لیتر بود [۸]. مقایسه میانگین کلر آزاد باقیمانده در این تحقیق با مطالعات صورت گرفته در شهرهای ارومیه، تهران و یزد نشان از کمتر بودن میزان این پارامتر در استخرهای شنا شهر زنجان نسبت به تحقیق انجام شده در شهرهای مذکور را دارد. میانگین کلر باقیمانده در استخرهای شنا ارومیه و تهران و یزد به ترتیب ۱/۶ و ۱/۸ و ۲/۳۶ میلی‌گرم در لیتر ذکر شده است [۱۵-۱۷]. در مطالعات انجام شده در کشورهای خارجی به‌عنوان نمونه در آتن، میزان درصد موارد مطلوب کلر باقیمانده آزاد ۲۷ درصد اعلام شده است [۱۸]. ریکسترا و همکاران [۱۹] در مطالعه‌ای دریافتند از ۴۸۶ استخر بررسی شده تنها در ۲۲ درصد موارد کلر آزاد باقیمانده کمتر از ۱ mg/l بود. رابی و همکاران [۲۰] در بررسی کیفیت آب استخرهای شنا عمومی در شهر امان دریافتند غلظت کلر آزاد باقیمانده در بیشتر از نیمی از استخرها با استاندارد مطابقت نداشت. در صورت بالا بودن میزان pH از محدوده استاندارد ضمن سوزش و تحریک چشم در بین شناگران، کارایی و اثر مؤثر کلر باقیمانده نیز کاهش پیدا می‌کند [۲۱].

تعریف موارد نامطلوب pH طبق استاندارد ملی نمونه‌های با pH بیشتر از ۸ و کمتر از ۷/۲ را شامل می‌شود [۱۴]. موارد نامطلوب pH باعث کاهش تأثیر گندزدایی، رسوب‌گذاری و

جرم‌گرفتگی کف و دیوارهای حوض شنا، لوله‌های آبرسانی و سیستم‌های تصفیه صافی شنی، تحریک و سوزش پوست و چشم شناگران، خوردگی لوله‌های آبرسانی و سیستم‌های تصفیه و از دست رفتن کلر را باعث شود [۴]. میانگین pH اندازه‌گیری شده در این مطالعه برابر ۶/۸۵ بود. در بررسی استخرهای شهر بیرجند، میزان موارد نامطلوب pH در استخرهای شنا شهر بیرجند ۴۳/۵ درصد بود. در مطالعه ززولی [۱۷، ۲۲] در شهر ارومیه تنها ۱۷/۱۵ درصد موارد pH بالاتر یا پایین‌تر از حد استاندارد بودند. در مطالعه‌ای که روی استخرهای شنا فلوریدا انجام شد نتایج بررسی‌ها نشان دادند که ۸۴/۴ درصد از نمونه‌ها دارای pH در محدوده استاندارد و ۱۲/۷ درصد نمونه‌ها دارای pH بیش از استاندارد بودند [۱۹]. در این مطالعه میانگین دمای هوای استخرهای زنجان ۲۹°C و ۳۰/۳۰°C در استخرها بود. در مطالعه انجام شده توسط نیک‌آیین [۸] روی استخرهای شنا شهر اصفهان متوسط دمای آب و هوای استخر به ترتیب ۲۷/۹°C و ۲۸/۷°C بود. سردسیر بودن شهر زنجان، عدم کنترل دقیق دمای آب و هوای استخرها و همچنین ملاحظه نکردن این پارامترها به‌عنوان نواقص بحرانی و تأثیرگذار عمده بر سلامت شناگران توسط متصدیان و بازرسان نهادهای دولتی و خصوصی و عادت شناگران به شنا در آب با دمای بالا از علت‌های احتمالی بالا بودن دمای آب و هوای استخرهای شنا طبق این مطالعه است. میزان تراکم نشان دهنده تعداد شناگران در هر مترمربع است. در این مطالعه متوسط سطح به ازاء هر نفر ۶/۹ m<sup>2</sup> است. سرانه سطح به ازاء هر شناگر به طور کلی در استخرها ۳ m<sup>2</sup> در نظر گرفته می‌شود [۴]. از نظر ویژگی‌های باکتریایی باکتری‌های سودمونس آئروژینوزا، کلیفرم‌های مدفوعی و هتروتروف‌ها با بیشترین تعداد از استخرهای شنا شهر زنجان استخراج شدند. طبق این مطالعه از علت‌های احتمالی بالا بودن میزان سودمونس آئروژینوزا و کلیفرم‌های مدفوعی در استخرهای شنا شهر زنجان، بیوفیلم‌های تشکیل شده بر صافی‌های تصفیه آب استخر، سطوح کثیف اطراف استخرها و محیط‌های مشابه که سطح بهداشتی پایین‌تری دارند و همچنین عدم رعایت نظافت و بهداشت فردی توسط شناگران را نام برد. طبق رهنمودها این باکتری‌ها اکثراً در نقاطی که جریان هیدرولیکی ضعیف بوده و با مواد گندزدا به‌خوبی شستشو و نظافت نمی‌شوند حضور می‌یابند [۴]. برای نشان دادن راندمان سیستم گندزدایی در آب از شاخص باکتری‌های هتروتروف استفاده می‌شود. همچنین این باکتری به‌عنوان روش شناسایی عمومی

ویژگی‌های باکتریایی با استانداردهای ملی ضعیف بود. آموزش و ایجاد مهارت و دانش کافی در بین مدیران و متصدیان استخرها در حیطة بهره‌برداری از تأسیسات آب و فاضلاب، اندازه‌گیری پارامترهای روتین بهره‌برداری از قبیل کدورت، pH، کلر آزاد باقیمانده با برنامه‌ریزی قبلی، علمی و به‌صورت چندین مرتبه در طول روز با هدف پیشگیری و رفع شرایط بحرانی، استفاده از دستگاه‌های سنجش دیجیتالی با درصد خطای کمتر دید انسانی و توجه به نقش مهم pH به‌عنوان پارامتر کلیدی در گندزدایی آب استخرها، نقش عمده‌ای در دستیابی به کیفیت مناسب آب استخرها دارد. همچنین با توجه به ارتباط مستقیم و معنادار آماری بین متغیر پتانسیل اکسیداسیون احیاء (ORP) و کلر آزاد باقیمانده، برای پیش‌بینی گندزدایی و باقیمانده کلر آزاد باقیمانده در آب استخرشنا استفاده از محلول‌های کلرسنجی به دلیل مصرف مواد شیمیایی، ایجاد آلودگی زیست‌محیطی و نیز تأثیر متغیرهای مداخله‌گر از قبیل دما، کدورت و pH معیار مطلوب نیست و معیار مناسب‌تر شاخص پتانسیل اکسیداسیون احیاء است.

### تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط با کد A-11-321-7 و کد اخلاق ZUMS.REC.1394.306 است. بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی زنجان سپاسگزاریم.

### References

- [1]. Glauner T, Waldmann P, Frimmel FH, Zwiener C. Swimming pool water—fractionation and genotoxicological characterization of organic constituents. *Water research*. 2005;39(18):4494-502.
- [2]. Salvato JA. Environmental engineering and sanitation. fifth ed: Newyourk state department of health; 2003.
- [3]. Lourencetti C, Ballester C, Fernández P, Marco E, Prado C, Periago JF, et al. New method for determination of trihalomethanes in exhaled breath: applications to swimming pool and bath environments. *Analytica chimica acta*. 2010;662(1):23-30.
- [4]. Organization WH. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2: Swimming pools and similar environments: World Health Organization; 2006.
- [5]. Panyakapo M, Soontornchai S, Paopuree P. Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *Journal of environmental Sciences*. 2008;20(3):372-8.
- [6]. Chen M.J, Lin C.H, Duh J.M, Chou W.S, Hsu H.T. Development of a multi-pathway probabilistic health risk assessment model for swimmers exposed to chloroform in indoor swimming pools. *Journal of hazardous materials*. 2011;185(2):1037-44.
- [7]. Kühn I, Iversen A, Finn M, Greko C, Burman LG, Blanch AR, et al. Occurrence and relatedness of vancomycin-resistant enterococci in animals, humans and the environment in different European regions. *Applied and environmental microbiology*. 2005;71(9):5383-90.
- [8]. Nikaeen M, Hatamzadeh M, Dastjerdi V, Hassanzadeh A. Predictive indicators of the safety of swimming pool waters. 2009.
- [9]. Iran IoSaIRo. Swimming pool water-Microbiological specifications. 2007.
- [10]. Iran IoSaIRo. Drinking water \_ Physical and chemical Specifications. 2008.
- [11]. Bernard A, Carbonnelle S, Michel O, Higuete S, de Burbure C, Buchet J, et al. Lung hyperpermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools. *Occupational and environmental medicine*. 2003;60(6):385-94.
- [12]. Jafari MH, Rajabizadeh A, JAFARI MM, Doulatshahi S, Hatami B. Water health indices in Kerman swimming pools, in 2011. 2013.
- [13]. WHO. Gudlines for safe recreational water invironments; Swimmimg pools; spas and similar recreational water invironments 2000.
- [14]. Iran IoSaIRo. Swimming pool water-Microbiological specifications. 2007.
- [15]. 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.
- [16]. Ghaneian M, Ehrampoush M, Dad V, Amrollahi M, Dehviri M, Jamshidi B. An investigation on

برای سطوح میکروبی غیر ویژه به کار می‌رود [۲۳]. نتایج مطالعات ریگز و همکاران [۱۸] روی ۱۱ استخر سرپوشیده و روباز شهر آتن نشان داد که سودموناس‌ها و استافیلوکوک‌ها به تعداد بیشتری نسبت به دیگر باکتری‌ها در استخرها وجود دارند و درصد نمونه‌های میکروبی که با شاخص‌های میکروبی و استانداردهای مربوطه مطابقت دارند بین ۴۵-۹۱ درصد است. استافیلوکوک اروتوس عامل عفونت‌های پوستی، چشمی، التهاب گوش خارجی، عفونت‌های مجرای ادراری و زرد زخم بوده و در مخاط بینی، پوست و مدفوع انسان وجود دارد [۲]. انسان تنها مخزن شناخته شده استافیلوکوکوس اروتوس است [۲۴]. درصد نمونه‌های نامطلوب از نظر وجود باکتری‌های استافیلوکوک آروتوس و استرپتوکوک‌های مدفوعی در این مطالعه به ترتیب ۲/۸ و صفر درصد بودند و در زمان انجام این تحقیق استخرهای شنای شهر زنجان عاری از حضور استرپتوکوک‌های مدفوعی بودند. استرپتوکوک‌های مدفوعی معمولاً مقیم مجرای روده‌ای انسان و حیوانات خونگرم بوده و برای ردیابی آلودگی آب بکار می‌روند [۲۵]. در مطالعه نیک‌آیین [۸] کمترین درصد جداسازی مربوط به استرپتوکوک‌های مدفوعی بود که در ۳ درصد از نمونه‌ها مشاهده شد.

### نتیجه‌گیری

در این بررسی و تحقیق طبق دستورالعمل‌ها و چک‌لیست بازرسی وزارت بهداشت از استخرهای شنا، مطابقت پارامترهای بحرانی نظیر دمای آب، pH، کلر آزاد باقیمانده، کدورت و

- physicochemical and microbial water quality of swimming pools in Yazd. *SSU\_Journals*. 2012;20(3):340-49.
- [17]. Zazouli M, Mahdavi Y, Moradi Golrokhi M, Balarak D. Investigation of Water Quality Health Indicators of the Swimming Pools in Urmia in 2013. *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*. 2015;13(11):1033-48.
- [18]. Rigas F, Mavridou A, Zacharopoulos A. Water quality of swimming pools in Athens area. *International Journal of Environmental Health Research*. 1998;8(3):253-60.
- [19]. Rakestraw L, Nelson G, Flanery D, Pabst M, Gregos E, Plumridge A. A comprehensive study on the microbicidal properties of stabilized and unstabilized chlorine and the relationships of other chemical and physical variables in public swimming pools; a report of a study carried out in Pinellas County.[Online]. 1994 Nov 1.
- [20]. Rabi A, Khader Y, Alkafajei A, Aqoulah AA. Sanitary conditions of public swimming pools in Amman, Jordan. *International journal of environmental research and public health*. 2007;4(4):301-6.
- [21]. Hammer MJ. *Water and wastewater technology*. 1986.
- [22]. Khodadadi M, Barikbin B, Azizi M, Aliabadi R. The investigation of microbial status and physicochemical parameters in swimming pools water of Birjand City. *Journal of Birjand University of Medical Sciences*. 2005;12(3):9-15.
- [23]. Ghaneian M, Ehrampoush M, Dad V, Amrollahi M, Dehviri M, Jamshidi B. An Investigation on Physicochemical and Microbial Water Quality of Swimming Pools in Yazd. 2012.
- [24]. Organization WH. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: coastal and fresh waters: World Health Organization; 2003.
- [25]. Bitton G. *Wastewater microbiology*: John Wiley & Sons; 2005.



## The Status of Physicochemical and Bacterial Indicators of Water in Swimming Pools in Zanjan City

Ali Assadi<sup>1\*</sup>, Ali Alizadeh<sup>2</sup>, Mehran Mohammadian Fazli<sup>1</sup>, Jalil Nasiri<sup>3</sup>, Jamshid Moshiri<sup>4</sup>

1. Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran. ORCID: 0000-0002-9963-3267
2. M.Sc. Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran
3. M.Sc. of Environmental Health Engineering, Zanjan Health Center, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran
4. M.Sc. Student, Department of HSE, School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

### Abstract

**Background** Due to the wide use of swimming pools and the necessity of maintaining the health of swimmers and controlling health issues, management and monitoring of such sites are necessary and necessary for compliance with established standards by competent authorities. The aim of this study was to evaluate the physicochemical and bacteriological indices of swimming pool water in Zanjan in 2016.

**Materials & Methods** This study was descriptive-analytical and all of the active swimming pools were sampled during the summer and autumn seasons. Physical and chemical parameters such as air and water temperature, turbidity, residual free chlorine content, electrical conductivity, oxidation and regeneration potential (ORP) and bacteria including total coliforms and fecal coliforms, plate counting of heterotrophes, fecal *streptococci*, *staphylococcus aureus* and *pseudomonas Aeruginosa* was studied.

**Results** Among the microbial parameters of *pseudomonas aeruginosa* and fecal coliforms, the plate count of heterotrophs was 64%, 26.9% and 12%, respectively, and were at an unsatisfactory level compared to the standard. This indicator was obtained for parameters of turbidity, water temperature, air, pH and free chlorine 98%, 94%, 88.9%, 79.6%, 41.7%, respectively.

**Conclusion** Physicochemical and bacterial parameters are in poor compliance with the national standard. Trainers instructors and managers of swimming pools are responsible for basically exploiting pools, implementing retraining courses for health inspectors, controlling routine operation and interventional parameters such as turbidity and temperature, and effective on the disinfection process and the use of digital and up-to-date digital imaging devices has a significant impact on the water quality of the pools.

**Received:** 2018/01/15  
**Accepted:** 2018/03/29

**Keywords:** bacterial properties of pools, physicochemical parameters, swimming pools.