



An Investigation on Physical, Chemical and Microbial Quality of Swimming Pools in Meshkin Shahr Hot Springs

Leila Movassagh¹, Gholamreza Zarrini ^{*2}, Mehdi Ghiyamirad ³

Abstract

According to sanitation standards, swimming pools water like drinking water should have acceptable physicochemical and microbial qualifications. This survey was conducted to investigate physicochemical and microbial qualities of hot spring pools in Meshkin Shahr, Ardabil Province in 2014-2015. In this cross-sectional study, 52 samples were taken from mineral hot springs in Meshkin Shahr (Gheynarcheh and Moeil) from Sep 2014 to Aug 2015. The physicochemical parameters including temperature, pH, EC, hardness, alkalinity and residual chlorine and microbial parameters such as *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, total coliform, fecal coliform and fecal streptococci were determined by the standard methods. None of the measured physico-chemical parameters complied with the standards. Total coliform, fecal coliform and *Pseudomonas aeruginosa* in 88.46%, 73.07% and 53.84% of the samples were respectively above the standard rates. Fecal streptococci were observed in 3.85% of the samples. According to this study results there is a need to monitor water quality to increase swimmers awareness of the risks to prevent the transmission of certain diseases.

Keywords: Hot Spring Pools, Physicochemical Properties, Microbial Contamination, Swimming Pool, Meshkin Shahr.

Received: 2016/09/25
Accepted: 2017/02/25

1-MSc Student of Microbiology, Department of Microbiology, Azad University of Ahah
2. Associate Professor of Microbiology, Department of Biology, University of Tabriz
3. Assistant Professor of Microbiology, Department of Microbiology, Azad University of Ahah
*- Corresponding Author: zarrini@tabrizu.ac.ir

بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی حوضچه‌های شنای چشمه‌های آبگرم مشکین‌شهر

لیلا موثق^۱، غلامرضا زرینی^{*۲}، مهدی قیامی‌راد^۳

چکیده

بر طبق استانداردهای بهداشتی، آب مصرفی در حوضچه‌های شنای چشمه‌های آب گرم همانند آب آشامیدنی باید دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی مناسب باشد. این مطالعه در راستای ارزیابی کیفیت فیزیکی‌وشیمیایی و بار میکروبی آب حوضچه‌های شنای چشمه‌های معدنی شهرستان مشکین‌شهر در استان اردبیل در سال ۹۴-۹۳ انجام گرفت. در این مطالعه توصیفی-مقطعی، تعداد ۵۲ نمونه از چشمه‌های آب گرم معدنی شهرستان مشکین‌شهر (قینرجه و موئیل) در طی مهر ۹۳ تا شهریور ۹۴ برداشته شد. خواص فیزیکی‌وشیمیایی شامل دما، pH، سختی، قلیانیت و کلر باقیمانده و میزان پارامترهای میکروبی شامل استافیلوکوکوس اورئوس، سودوموناس آئروژینوزا، کلی‌فرم‌های تام و مدفوعی و انتروکوکوس‌های مدفوعی بر اساس روش‌های استاندارد تعیین شدند. هیچ‌یک از خواص فیزیکی‌وشیمیایی اندازه‌گیری شده مطابق با استاندارد نبود. جمعیت باکتری‌های کلی‌فرم تام، کلی‌فرم مدفوعی و سودوموناس آئروژینوزا به ترتیب در ۸۸/۴۶، ۷۳/۰۷ و ۵۳/۸۴ درصد نمونه‌ها بیش از حد استاندارد بود و باکتری انتروکوکوس مدفوعی در ۳/۸۵ درصد نمونه‌ها مشاهده شد. با توجه به بار میکروبی بالای دیده شده در این مطالعه، پایش مستمر کیفیت آب استخرهای شنای مورد استفاده برای افزایش ایمنی و سلامت شناگران ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی میکروبی، استخرهای شنا، چشمه‌های آب‌های گرم معدنی، خواص فیزیکی‌وشیمیایی، مشکین‌شهر.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد میکروب شناسی، گروه میکروب شناسی، دانشگاه آزاد واحد اهر
۲-دانشیار میکروبیولوژی، گروه زیست شناسی، دانشگاه تبریز
۳-استادیار میکروب شناسی، گروه میکروب شناسی، دانشگاه آزاد واحد اهر
* نویسنده مسئول



مقدمه

محدوده استاندارد قرار داشتند (باقری اردبیلیان و همکاران ۱۳۹۳).

مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۲ با عنوان بررسی میکروبی فیلتر استخرهای عمومی در مترو- آتلانتای جورجیا نشان داد که آلودگی سودوموناس آئروژینوزا در ۹۵٪ نمونه‌ها و آلودگی اشرشیاکلی به‌عنوان یک شاخص مدفوعی در ۵۸٪ از نمونه‌ها مشاهده شد (مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری، ۲۰۱۳). همچنین در مطالعه‌ای در ایرلند در سال ۲۰۰۲ شیوع بسیار بالایی از باکتری سودوموناس آئروژینوزا گزارش شده است در این مطالعه عنوان شده است که ۳۸٪ استخرهای شنا و ۷۳٪ جکوزی و چشمه‌های آب گرم آلوده بوده‌اند (موره و همکاران، ۲۰۰۲).

شهرستان مشکین‌شهر از توابع استان اردبیل در فاصله ۹۰ کیلومتری مرکز استان و در دامنه و ضلع شمال غربی کوه سیلان واقع گردیده است و چشمه‌های آب گرم معدنی بنام‌های قینرجه و موئیل سویی در حدود ۲۰ کیلومتری از مرکز شهرستان قرار دارند.

بر اساس آمار ارائه شده از طرف اداره میراث فرهنگی و صنایع دستی شهرستان مشکین‌شهر سالانه بیش از ۸۰۰۰۰۰ نفر جهت استفاده از خاصیت درمانی چشمه‌های آب گرم معدنی و جاذبه‌های طبیعی و توریستی منطقه به این محل مراجعه می‌کنند (علی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷).

لذا با توجه به اهمیت شناسایی و کنترل آلودگی میکروبی در استخرها و چشمه‌های آب گرم معدنی و باهدف تعیین و ارزیابی کیفیت فیزیکی شیمیایی و میکروبی چشمه‌های آب گرم معدنی شهرستان مشکین‌شهر این مطالعه برای نخستین بار در سال ۹۴-۱۳۹۳ در استخرهای آبگرم معدنی قینرجه و موئیل واقع در این شهرستان و به‌عنوان بخشی از یک مطالعه گسترده در زمینه بررسی شاخص‌های کیفی استخرهای معدنی استان اردبیل صورت گرفت.

استخرها و حوضچه‌های شنای چشمه‌های آبگرم به علت این که به‌طور همزمان مورد استفاده افراد متعددی قرار می‌گیرند، با مسائل و خطرات بهداشتی همراه می‌باشند. این خطرها را می‌توان به سه دسته خطرات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی تقسیم نمود و به‌طور معمول مهم‌ترین خطر، خطر میکروبی و بیماری‌های ناشی از آن است. از جمله این بیماری‌ها می‌توان به بیماری‌های دستگاه گوارش (وبا، حصه، اسهال باسیلی، هپاتیت عفونی E و A) بیماری‌های چشم (تراخم، ورم ملتحمه)، گوش، حلق و بینی (گلو درد چرکی) و بیماری‌های پوستی (انواع کچلی، عفونت قارچی بین انگشتان پا و عفونت‌های ناشی از مایکوباکتریوم مارینوم^۱) اشاره کرد. از این‌رو مدیریت مناسب و پایش مداوم حوضچه‌های شنا به‌منظور اطمینان از روش‌های تصفیه و سالم بودن آب در راستای حفاظت از بهداشت عمومی، امری ضروری و لازم به شمار می‌آید (مختاری و همکاران، ۱۳۹۱) و (استاندارد ۹۴۱۲، ۱۳۸۶).

چندین فاکتور به‌عنوان شاخص کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرها پیشنهاد شده است که با اندازه‌گیری آن‌ها می‌توان از سلامت کیفی آب استخرها آگاهی حاصل نمود. شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی شامل دمای آب، pH، قلیائیت، سختی و کلر آزاد باقی‌مانده^۲ و شاخص‌های میکروبی از قبیل جمعیت میکروبی باکتری‌های کلی فرم تام^۳، کلی فرم مدفوعی^۴ و استرپتوکوکوس مدفوعی^۵ به‌عنوان نشانگر آلودگی مدفوعی و باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس^۶ و سودوموناس آئروژینوزا^۷، به‌عنوان شاخص‌های مخاطره‌ای بهداشتی آب استخر در نظر گرفته می‌شود (سالواتو و همکاران ۲۰۰۳).

در مطالعه‌ای با عنوان شاخص‌های کیفی آب در چشمه‌های آب گرم معدنی شهرستان نیر، با تأکید بر باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نشان داده شد که ۸۶/۶۷٪ نمونه‌ها در مقایسه با حد مجاز استافیلوکوکوس اورئوس، بالاتر از

¹ Mycobacterium marinum

² Residual chlorine

³ Total coliform

⁴ Fecal coliform

⁵ Fecal streptococcus

⁶ Staphylococcus aureus

⁷ Pseudomonas aeruginosa



مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی-مقطعی، تعداد ۵۲ نمونه از چشمه‌های آب گرم معدنی قینرجه و موئیل واقع در شهرستان مشکین‌شهر در استان اردبیل در فصول پاییز و زمستان ۹۳ و بهار و تابستان ۹۴ برداشته شد.

نمونه‌برداری از آب حوضچه‌های شنای چشمه‌های آب گرم مشکین‌شهر (آب ورودی و خروجی استخر) به صورت تصادفی، همگن و یکنواخت مطابق روش استاندارد 9213B روش‌های استاندارد برای آزمایش‌ها آب و فاضلاب صورت گرفت (روش استاندارد برای آزمایش‌ها آب و فاضلاب، ۲۰۰۵). برای نمونه‌برداری از بطری‌های یک لیتری استفاده شد که به دقت شسته شده و در مرحله نهایی با آب مقطر آبکشی و سپس استریل شدند و پس از حضور در محل، نمونه‌های بعد از شنا در زمانی برداشته شد که حداکثر شناگران در حوضچه‌های شنا حضور داشتند تا نمونه‌ها شرایط واقعی و بحرانی را نشان دهند. نقطه نمونه‌برداری، محل خروجی آب از حوضچه‌های شنا انتخاب شد.

نمونه‌های قبل از شنا نیز از مخزن ورودی به آب استخر که هیچ آلودگی ثانویه نداشتند، برداشته شد. نمونه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (در مجاورت بسته‌های یخ و در داخل کلدباکس)، به آزمایشگاه دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز انتقال یافت.

برخی خواص فیزیکوشیمیایی از قبیل دما با استفاده از دماسنج جیوه‌ای، pH با pH متر ساخت کارخانه Metrohme و کلر آزاد باقی‌مانده توسط کیت سنجش کلر در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و سایر شاخص‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی در آزمایشگاه و طبق روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تعیین شد. آزمایشات میکروبی برای بررسی کلی فرم‌های تام و مدفوعی موجود در نمونه، بر اساس استاندارد شماره 9221B و 9221E آزمایشات آب و فاضلاب با استفاده از روش چند لوله‌ای انجام گرفت. محیط کشت مورد استفاده در مرحله احتمالی لاکتوز براث بود.

نمونه‌ها پس از تلقیح و گرماگذاری در دمای 35 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت، در صورت مثبت بودن به مرحله تأییدی منتقل شده و مثبت بودن نتایج در محیط کشت برلیانت لاکتوز بایل براث (BGB)^۸ پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت گرماگذاری در ۳۵ درجه سانتی‌گراد، حضور کلی فرم تام و در $44/5$ درجه، حضور کلی فرم مدفوعی را تأیید می‌کرد. نتایج با استفاده از جدول توزیع پواسون با ۹۵ درصد حدود اطمینان به صورت $MPN/100$ ^۹ گزارش گردید.

آزمون استافیلوکوکوس اورئوس بر اساس روش استاندارد 9213B در محیط کشت مانیتول سالت آگار، صورت گرفت و کلنی‌های زرد طلایی با انجام آزمون‌های تأییدی به‌عنوان کلنی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس گزارش شد (روش استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب، ۲۰۰۵).

بررسی وجود سودوموناس آئروژینوزا طبق استاندارد 9213E کتاب روش‌های استاندارد در محیط کشت سیترا مید آگار انجام گرفت که پس از ۲۴ ساعت گرماگذاری در دمای 35 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد کلنی‌هایی که پیگمان سبز تولید کرده و در مقابل اشعه فرابنفش^{۱۰} فلورسانس سبز رنگ را ایجاد کردند به‌عنوان کلنی‌های سودوموناس آئروژینوزا شمارش شدند (روش استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب، ۲۰۰۵).

آزمون میکروبی برای بررسی وجود اشرشیا کلی طبق استاندارد شماره 9222C در محیط کشت Endo آگار و M-FC آگار و شناسایی انتروکوکوس مدفوعی نیز بر اساس استاندارد شماره 9230B انجام گرفت (روش استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب، ۲۰۰۵).

در نهایت نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیایی و میکروبی توسط نرم‌افزار Excel و SPSS-16 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نتایج حاصل با استانداردها مقایسه شد.

⁸ Brilliant green bilelactose broth

⁹ Most Probable Number

¹⁰ Ultra Violet



نتایج و بحث

میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب گرم‌های قینرچه و موئیل شامل دما ($^{\circ}\text{C}$)، pH، EC (s/cm μ)، کلر آزاد باقی‌مانده (mg/L)، سختی آب و قلیائیت (mg/L CaCO_3) و مقایسه نتایج با استاندارد ملی در جدول شماره ۱ آمده است.

نتایج حاصل نشان داد که در کل دوره تحقیق، میزان کلر آزاد باقی‌مانده در تمامی نمونه‌های آب‌گرم موئیل صفر و در نمونه‌های آب گرم قینرچه حداقل ۰/۲ و حداکثر ۵ mg/L می‌باشد. در جدول شماره ۲ غلظت عناصر اندازه‌گیری آمده است.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکوشیمیایی به تفکیک استخرهای نمونه‌برداری و مقایسه آن با حد مجاز

نام استخر	درجه حرارت آب	pH	سختی mg/L CaCO_3	قلیائیت mg/L CaCO_3	هدایت الکتریکی ($\mu\text{s/cm}$)	کلر آزاد باقی‌مانده mg/L
قینرچه	۸۳/۸۷±۰/۶۲	۶/۲۳±۰/۲۶	۳۹۹/۶±۱۶/۸	۲۳۳/۱۵±۱۷/۷	۵۵۷۹±۳۴۶/۷۹	۰/۳۵±۰/۱۷
موئیل	۴۲/۵±۰/۴	۵/۴±۰/۳۵	۳۹۵/۷±۸/۶	۲۸/۹۷±۲/۰۵	۱۱۵۳/۵±۷۸/۹	۰
میزان استاندارد	۲۶	۷/۲-۷/۸	۲۰۰-۳۰۰≥	۱۵۰≥		۱-۳
درصد نمونه‌های مطابق با استاندارد	۰	۰	۰	۰	۰	۰

موئیل به تفکیک استخر و فصول مورد بررسی در جدول شماره ۳ و شکل شماره ۱ و ۲ آمده است. در مطالعه حاضر بررسی پارامترهای میکروبی نشان می‌دهد که بیشترین درصد باکتری‌های جدا شده مربوط به کلی‌فرم تام بود و در ۸۸/۴۶ درصد نمونه‌ها خارج از حد استاندارد بود. همچنان که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود درصد مطابقت پارامترهای میکروبی با مقادیر استاندارد از ۱۰۰ تا ۱۱/۵۳ متغیر بود و باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا و کلی‌فرم مدفوعی و تام شایع‌ترین باکتری‌های جدا شده از حوضچه‌های چشمه آب گرم قینرچه و کلی‌فرم تام و مدفوعی شایع‌ترین باکتری جدا شده از نمونه‌های آب موئیل بود.

کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی آب ۱۰۷۲ در موئیل و بالاترین ۵۹۵۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در قینرچه بود. بررسی سختی نمونه‌های آب نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار مربوط به آب گرم قینرچه با ۳۴۰۸ و ۳۷۴/۴ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم بود. کمترین میزان قلیائیت برابر با CaCO_3 ۲۵/۹ mg/L در موئیل بود و بیشترین مقدار CaCO_3 ۲۰۶/۶ در قینرچه به ثبت رسید. میانگین دماهای ثبت شده در طول تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار دما در منبع آب قینرچه با میانگین ۸۳/۸۷ و کمترین دما در موئیل با ۴۲/۵ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است. نتایج آزمون‌های میکروبی صورت گرفته بر آب حوضچه‌های شنای قینرچه و

جدول ۲- غلظت عناصر اندازه‌گیری شده به تفکیک استخرهای نمونه‌برداری (واحد میلی‌گرم بر لیتر)

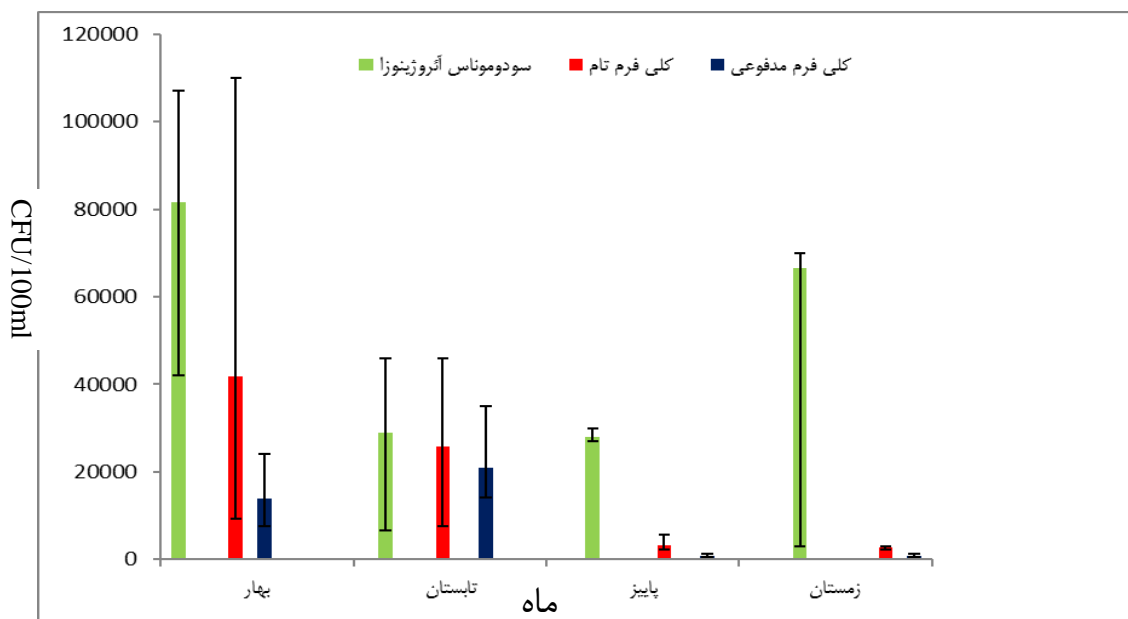
نام استخر	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Na	K	Mg
قینرچه	N.D ¹¹	۲۹۵/۳	۱۵۷۰	۲۵۰	۱۰۷/۴۷	۱۰۰۹	۱۰۱	۳۴/۱
موئیل	N.D	۳۶/۶	۱۵/۹	۴۴۲	۱۱۲/۲۸	۶۹/۷	۲۹/۱	۲۹/۱

¹¹ Not detect

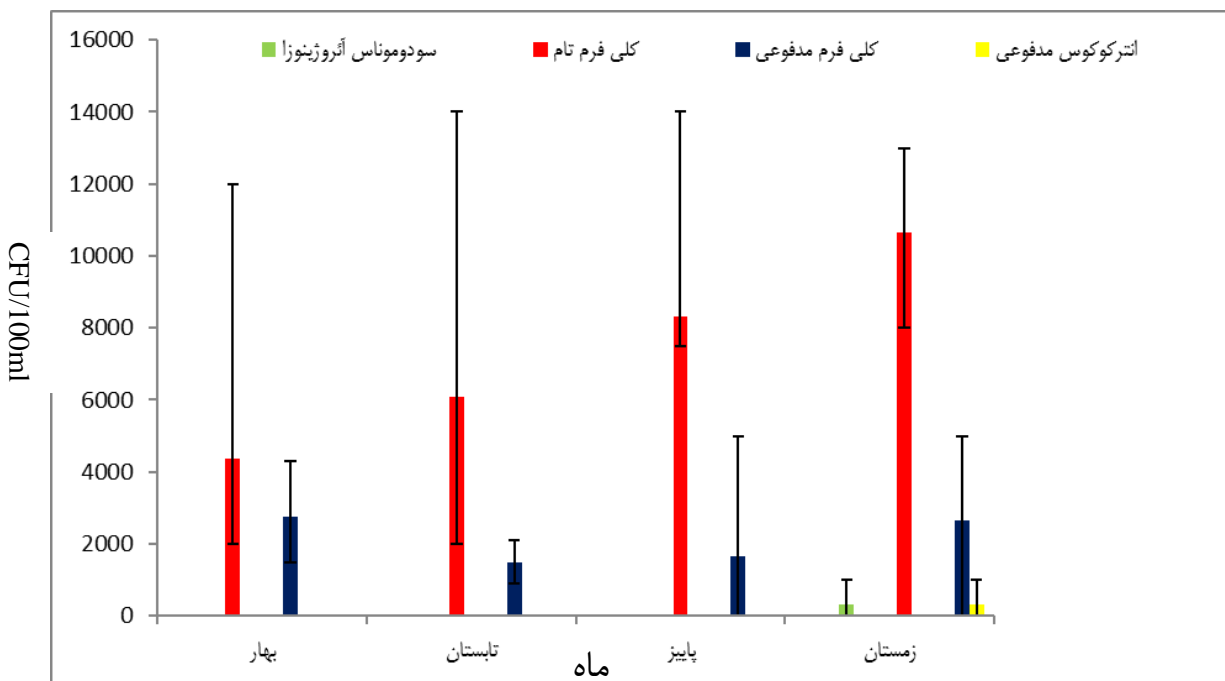


جدول ۳- میانگین و انحراف معیار نتایج آزمون‌های میکروبی به تفکیک استخرهای نمونه برداری و مقایسه با حد مجاز

دوره زمانی	نام استخر	استافیلوکوس اورئوس (ml) (تعداد/۱۰۰)	سودوموناس آئروژینوزا (تعداد/۱۰۰ ml)	کلی فرم تام (MPN/100ml)	کلی فرم مدفوعی (MPN/100ml)	اشرشیاکلی (تعداد/۱۰۰ ml)	انتروکوکوس مدفوعی (تعداد/۱۰۰ ml)
پاییز	قینرجه	۰	۲۸۰۰۰±۱۷۳۲/۰۵	۱۱۰۰±۱۹۰۵/۲۵	۳۳±۴۰۴/۱۴	-	۰
	موئیل	۰	۰	۸۳۳۳/۳±۷۳۷۱/۱۱	۲۳۳	-	۰
زمستان	قینرجه	۰	۶۷±۳۷۵۸۱/۰۲ ۶۶۶۶۲	۲۶۶۶/۶۷±۲۵۱۶/۶۱	۷۶۶/۶۷±۳۷۸/۵۹	۱۳۷۱/۳۳±۹۰/۳۱	۰
	موئیل	۰	۳۳۳/۳±۵۷۷/۳۵	۱۰۶۶۶/۶۷±۲۵۰۰	۲۶۶۶±۲۵۰۰	۸۶۴۰/۳۳±۵۱۴۲/۸۷	۳۳۳/۳۳±۵۷۷/۳۵
بهار	قینرجه	۰	۸۱۵۰۰±۲۸۲۴۲/۹۹	۴۱۸۲۵±۱۱۷۹۹/۲۵	±۷۴۲۳/۶۱	۱۴۹۹۴/۲۵±۳۳۶۴/۱۶	۰
	موئیل	۰	۰	۴۳۷۵±۵۰۹۲/۷۲	۲۷۵۰±۱۸۰۶/۴۷	۱۵۶۸/۲۵±۴۶۴/۷۲	۰
تابستان	قینرجه	۰	۲۹۰۰۰±۴۴۱۷۰/۱۲	۲۵۸۳۳/۳۳±۱۹۳۱۵/۳۶	±۱۲۱۲۴/۳۵	۶۹۴۹/۶۷±۶۹۴۹/۶۶	۰
	موئیل	۰/۶۷±۱/۱۵	۰	۶۱۰۰±۶۸۴۳/۲۴	۱۵۰۰±۶۰۰	۱۴۹۵/۳۳±۸۰/۴۱	۰
میزان استاندارد		۵۰	۱>	۰	۱>	۱>	۱۰۰
درصد نمونه‌های مطابق با استاندارد		۱۰۰	%۴۶/۱۵	%۱۱/۵۳	%۲۶/۹۲	%۲۶/۹۲	%۹۶/۱۵



شکل ۱- میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی برای آب گرم معدنی قینرجه به تفکیک فصول مورد بررسی



شکل ۲- میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی برای آب گرم معدنی مویبل به تفکیک فصول مورد بررسی

نمونه‌ها صفر گزارش شد (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۹۳) و همچنین در مطالعه صادقی و همکاران بر روی استخرهای استان اردبیل نیز میزان کلر آزاد باقی‌مانده، صفر بود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱). لذا نتایج مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعه اردبیلیان و همکاران در شهرستان نیر و مطالعه صادقی و همکاران در استان اردبیل، وضعیت نامطلوب استخرهای آب گرم از نظر کلر آزاد باقی‌مانده را تأیید کرد. pH یکی دیگر از پارامترهای مورد مطالعه می‌باشد. مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله‌ها و اتصالات انتقال آب، ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست شناگران و مقادیر بالای pH باعث رسوب‌گذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب می‌شود (منصوریان و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر، pH محدوده‌ای از ۶/۶۳ تا ۵/۰۳ در مویبل را به خود اختصاص داده است که نشان دهنده شرایط اسیدی در این آب‌های معدنی گرم بود. در واقع در هیچ‌کدام از استخرها، pH در محدوده ۷/۸-۷/۲ نبود. ارزیابی شاخص‌های بهداشتی کیفیت آب استخرهای شنای شهر کرمان نشان می‌دهد که pH

در تحقیق حاضر، هیچ‌یک از پارامترهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی، با معیارها و استانداردهای موجود برای آب استخرها مطابقت نداشت. لذا با توجه به این که این استانداردها برای آب استخرها تدوین شده‌اند و با عنایت به این عدم تطابق، تدوین استانداردهای ویژه برای آب‌های معدنی طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. بررسی نتایج نشان داد که میزان کلر آزاد باقی‌مانده در نمونه‌های برداشت شده از قینرجه بین ۰/۲ تا ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر متغیر بود و در واقع در تمامی نمونه‌های آب قینرجه ماده گندزدا به حد کافی وجود نداشت. می‌توان گفت که علت کم کلر، دمای بالای آب در قینرجه است که باعث خروج کلر از آب می‌شود. در کل دوره تحقیق میزان کلر آزاد باقیمانده در تمامی نمونه‌های آب گرم مویبل، صفر بود که عدم وجود کلر باقی‌مانده و آلودگی باکتریایی موجود نشان از ناکافی بودن مقدار کلر یا عدم کلرزنی مداوم می‌باشد. میانگین کل کلر آزاد باقی‌مانده در کل دوره تحقیق حاضر، ۰/۳۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. در تحقیق اردبیلیان و همکاران بر روی استخرهای آبگرم شهرستان نیر، میزان کلر آزاد باقی‌مانده در تمامی



و در ۸۸/۴۶ درصد نمونه خارج از حد استاندارد بود. درصد مطابقت پارامترهای میکروبی با مقادیر استاندارد از ۱۰۰ تا ۲۶/۹۲ متغیر بود و باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا و کلی‌فرم مدفوعی و تام از شایع‌ترین باکتری‌های جدا شده از حوضچه شنای چشمه آب گرم قینرجه بود و کلی‌فرم تام و مدفوعی شایع‌ترین باکتری جدا شده از نمونه‌های آب موئیل بود. همچنین در مورد کلی‌فرم مدفوعی نتایج نشان داد در فصل پاییز و زمستان نمونه‌های آب خروجی موئیل آلودگی بالایی از نظر کلی‌فرم مدفوعی نسبت به نمونه‌های قینرجه داشت و در فصل بهار و تابستان نمونه‌های آب گرم قینرجه آلودگی بیشتری نسبت به نمونه‌های موئیل از نظر کلی‌فرم مدفوعی نشان دادند.

میزان شمارش استافیلوکوکوس اورئوس در هیچ یک از نمونه‌ها بالاتر از حد استاندارد (۱۰۰ در میلی‌لیتر) نبود. یکی دیگر از پارامترهای مهم میکروبی آب، میزان استرپتوکوکوس فیکالیس است. باکتری انتروکوکوس مدفوعی فقط در یک نمونه، نمونه دی ماه از موئیل مشاهده شد که بالاتر از حد استاندارد بود.

باکتری سودوموناس آئروژینوزا در اکثر نمونه‌های آب موئیل (ورودی و خروجی) به غیر از دو نمونه، صفر و یا پایین‌تر از حد استاندارد بود (۷/۶۹٪) و همچنین در نمونه‌های آب ورودی قینرجه نیز موردی از حضور باکتری مذکور مشاهده نشد، ولی در تمامی نمونه‌های آب خروجی از قینرجه، یعنی در ۱۰۰٪ نمونه‌ها، باکتری سودوموناس آئروژینوزا، بالاتر از حد استاندارد گزارش شد.

به‌طور کلی در طول ماه‌های نمونه‌برداری در ۵۳/۸۴٪ موارد آلودگی به سودوموناس آئروژینوزا وجود داشت که نمونه خرداد با 1.07×10^4 CFU/100ml، بالاترین میزان آلودگی به باکتری سودوموناس آئروژینوزا را داشت.

نتایج آزمون‌های میکروبی انجام شده روی نمونه‌های آب چشمه‌های آب گرم معدنی مشکین‌شهر نشان داد که بالاترین میزان آلودگی به کلی‌فرم تام و مدفوعی، اشرشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا در نمونه خرداد آب حوضچه شنای

در ۲۶/۷ درصد موارد کمتر از حد استاندارد بود. تحقیقی که توسط مسترو متیو^{۱۲} و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام شد نشان داد که بر اساس میزان pH، کلر آزاد باقی‌مانده و تعداد شناگران در استخر می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد در خصوص میزان آلودگی میکروبی قضاوت کرد (منصوریان و همکاران، ۱۳۹۲). بالاترین دمای ثبت شده مربوط به آب گرم قینرجه با $84/5^{\circ}\text{C}$ (دمای منبع آب) و پایین‌ترین دما (42°C) در آب گرم موئیل می‌باشد. در مطالعه‌ای که توسط رابی^{۱۳} و همکاران در سال ۲۰۰۵ در آب تمام استخرهای عمومی شهر امان در کشور اردن انجام گرفت، کلر باقی‌مانده در $4/49$ ، pH در $8/87$ و درجه حرارت در $8/48$ ٪ موارد با استاندارد مطابقت داشتند (رابی و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه دیگری که توسط قانعیان و همکاران در آب استخرهای شنای شهر یزد انجام گرفت، pH در $27/15$ ٪، کلر آزاد باقی‌مانده در $2/55$ ٪ موارد، خارج از حد استاندارد بوده است (قانعیان و همکاران، ۱۳۹۱) که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر وضعیت مناسب‌تری را نشان می‌دهند.

کم‌ترین مقدار هدایت الکتریکی آب ۱۰۷۲ در موئیل و بالاترین ۵۹۵۱ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر در قینرجه بود. سختی و قلیائیت از جمله عوامل شیمیایی است که بر خوردگی و رسوب دهندگی آب و در نتیجه بر کاهش عمر مفید تأسیسات استخرهای شنا مؤثر می‌باشد (غلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

بررسی سختی نمونه‌های آب نشان می‌دهد که بیشترین و کمترین مقدار CaCO_3 به ترتیب با ۴۰۸ و $374/4$ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به آب گرم قینرجه بود که بالاتر از حد استاندارد ($200-300 \text{ mg/L CaCO}_3$) می‌باشد.

کمترین میزان قلیائیت برابر با $25/9 \text{ mg/L CaCO}_3$ در موئیل بود که کمتر از حد استاندارد می‌باشد و بیشترین مقدار $206/6$ میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم در قینرجه به ثبت رسید که بالاتر از محدوده استاندارد قرار دارد.

در مطالعه حاضر بررسی پارامترهای میکروبی نشان می‌دهد که بیشترین درصد باکتری‌های جدا شده مربوط به کلی‌فرم تام بود

¹⁴Colony-Forming Units

¹²Mastromatteo

¹³Rabi



نشان می‌دهد ولی در مقایسه با نتایج آب گرم موئیل (۳/۸۴٪) وضعیت نامطلوب‌تری را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر عنوان شد که ۸۸/۴۶٪، ۷۳/۰۷٪ و ۵۳/۴۸٪ نمونه‌ها به ترتیب از نظر آلودگی به کلی‌فرم تام، کلی‌فرم مدفوعی و سودوموناس آئروژینوزا بیش از حد استاندارد بودند. وجود این باکتری‌ها در آب نشان دهنده ناکافی بودن فرآیند تصفیه و همچنین آلودگی متناوب و اخیر آب با مدفوع انسان و حیوان است. با توجه به نتایج، کنترل عملکرد سیستم تصفیه و کلرزنی آب، محدود کردن تعداد شناگران و رعایت بهداشت فردی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش بار میکروبی آب حوضچه‌های شنا می‌باشد. به‌علاوه لزوم تدوین استانداردهایی مختص آب‌های گرم طبیعی که بدون لطمه زدن به خواص درمانی و طبیعی آن‌ها بیشترین مطابقت را با شرایط استخرهای مطلوب داشته باشد، کاملاً مشهود است.

منابع

باقری اردبیلیان، پ. صادقی، ه. فضل زاده دوپیل، م. رستمی، ر. پورعشق و محمدنیا، ع.، ۱۳۹۳. شاخص‌های کیفی آب در چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان نیر، با تأکید بر باکتری استافیلوکوکوس اورئوس. مجله سلامت و بهداشت، (۲)، ۵، ۱۲۶-۱۱۵.

صادقی، ه. باقری اردبیلیان، پ. فضل زاده دوپیل، م. رستمی، ر. و پور عشق، ی.، ۱۳۹۱. بررسی وجود باکتری سودوموناس آئروژینوزا در استخرهای آب گرم معدنی استان اردبیل. مجله دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، (۴)، ۱۲: ۴۳۸ - ۴۴۶.

علی زاده، س. سموات، ح. صمدی، م.، ۱۳۸۷. بررسی گامای محیطی چشمه‌های آب گرم قینرجه، ایلان‌دو و موییل سویی شهرستان مشکین‌شهر در سال ۸۶-۱۳۸۵، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، (۳)، ۸: ۲۸۷-۲۸۱.

غلامی، س. ر. راستکاری، ن. اصل هاشمی، الف. بینیای مطلق، پ. شقاقی، غ. ل. ایزدپناه، ف.، ۱۳۹۲. راهنمای نظارت و پایش آب استخرهای شنا و شناگاه‌های طبیعی، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی.

قانعیان، م. احرام پوش، م. داد، و. امراللهی، م. دهواری، م. جمشیدی، ب.، ۱۳۹۱. بررسی وضعیت کیفیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی

قینرجه رخ داده است که احتمال می‌رود به علت تجمع زیاد شناگران باشد.

کیفیت میکروبی نمونه‌های برداشت شده از قینرجه در فصول سرد بسیار بهتر از فصول گرم بود ولی در نمونه‌های آب موئیل تفاوت بارزی بین نمونه‌های فصل گرم و سرد از نظر کیفیت میکروبی مشاهده نگردید. می‌توان گفت علت این که در نمونه‌های آب قینرجه در فصول گرم آلودگی بالایی مشاهده شد، به خاطر تفریحی بودن این منطقه است که در فصل بهار و تابستان، تعداد زیادی گردشگر نسبت به فصل‌های پاییز و زمستان به این منطقه مراجع می‌کنند. حوضچه‌ی شنای موئیل، غیر تفریحی است و اغلب مردم روستا از آن استفاده می‌کنند و به همین علت تفاوت بارزی بین نمونه‌های فصل گردشگری با نمونه‌های پاییز و زمستان از نظر آلودگی میکروبی مشاهده نشد.

در مطالعه حجار تبار روی استخرهای شهر تهران، سودوموناس آئروژینوزا در ۶۳/۳٪ نمونه‌ها یافت گردید، درحالی که تنها ۱۸/۶٪ نمونه‌ها حاوی کلی‌فرم های تام و مدفوعی بودند (نیک آیین و همکاران، ۱۳۸۹). در مطالعه‌ای مشابه روی استخرهای شنای شهر شیراز، برآورد گردید که ۵۱/۳٪، ۱۱٪ و ۷٪ نمونه‌های میکروبی به ترتیب آلوده به سودوموناس، کلی‌فرم و استریپتوکوکوس بودند (نقاب و همکاران، ۱۳۸۸).

همچنین بررسی دوساله بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ در ناپل ایتالیا روی ۷ استخر بیانگر آلودگی هر هفت استخر به سودوموناس آئروژینوزا با تعداد میکروارگانیسم در ۲-۱۵CFU/ml بود (گیدا و همکاران، ۲۰۰۹) که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر وضعیت مطلوب‌تری را نشان می‌دهند.

در مطالعه باقری اردبیلیان روی چشمه‌های آب گرم شهرستان نیر، ۳۷/۷۸٪ نمونه‌ها از نظر کلی‌فرم تام بیش از حد استاندارد بودند و ۴۸/۸۹٪ نمونه‌ها از نظر کلی‌فرم مدفوعی بیش از حد استاندارد آلودگی داشتند (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای در ایرلند عنوان شده است که ۷۳٪ جکوزی‌ها و استخرهای آب گرم آلودگی به باکتری سودوموناس را داشتند (موره و همکاران، ۲۰۰۲) که در مقایسه با نتایج مطالعه حاضر در استخر آب گرم قینرجه (۱۰۰٪) وضعیت مناسب‌تری را



- شاخص‌های استاندارد. مجله دانشکده پزشکی اصفهان، (۱۰۸)، ۲۸، ۳۴۶-۳۵۶.
- American Public Health Association, & American Water Works Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. 2005.
- Guida M, Galle F, Mattei ML, Anastasi D, Liguori G., 2009. Microbiological quality of the water of recreational and rehabilitation pools: a 2-year survey in naples, Italy. public Health. 123: 448-451.
- Microbes in Pool Filter Backwash as Evidence of the Need for Improved Swimmer Hygiene —Metro-Atlanta, Georgia, 2012., 2013 .center for disease control and prevention. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. May 17;62(19):385-91.
- Moore JE, Heaney N, Millar BC, Crowe M, Elborn JS., 2002 Jan. Incidence of Pseudomonas aeruginosa in recreational and hydrotherapy pools. Commun dis public health.; 5(1):23-6.
- Rabi A, Khader Y, Alkafagei A , Abu Aqoulah A., 2007. Sanitary Conditions of Public Swimming Pools in Amman Jordan. Int. J. Environ. Res. Public Health. 4(4):301- 306.
- Salvato J and et al., 2003. Environmental Engineering, 5th ed. New York: New Jersey: John Wiley and Sons.
- آب استخرهای شنای شهر یزد. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، (۳) ۲۰: ۳۴۰- ۳۴۹.
- مختاری، م. بابایی، ع.، ۱۳۹۱. بهداشت مسکن و اماکن عمومی، تهران، سبحان.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. آب استخرهای شنا-ویژگی‌های میکروبیولوژی، ۱۳۸۶. شماره استاندارد ۹۴۱۲. www.isiri.org/std/9412.htm.
- منصوریان، ح. رجبی زاده، ا. جعفری مدرک، م. دولتشاهی، ش. حانمی، ب.، ۱۳۹۲. ارزیابی شاخص‌های بهداشتی کیفیت آب استخرهای شنای شهر کرمان در سال ۱۳۹۰. مجله بهداشت و توسعه، (۲) ۱۳۷-۱۲۸.
- نقاب، م. گرجی، ح. بقاپور، م. رجائی فرد، ع.، ۱۳۸۸. بررسی آلودگی آب استخرهای شنا در شهر شیراز. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۳۱، ۴۱ تا ۴۹.
- نیک آیین، م. حاتم زاده، م. وحید دستجردی، م. حسن‌زاده، ا. موسوی، ز و رفیعی، م.، ۱۳۸۹. بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب استخرهای شهر اصفهان با استفاده از