

کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب استخرهای آبگرم معدنی، با تاکید بر باکتری استافیلوکوکوس اورئوس:

شهر توریستی سرعین، اردبیل

هادی صادقی^۱، پری باقری اردبیلیان^۱، روح اله رستمی^۲، یوسف پورعشق^۳، مهدی فضل زاده دوپل^{۴*}

۱. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۲. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

۳. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۴. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۰/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: این مطالعه در راستای ارزیابی کیفی آبگرمهای معدنی شهر توریستی سرعین در استان اردبیل، با تاکید بر باکتری *S.aureus* بعنوان یکی از ارگانیزمهای دخیل در عفونت‌های پوستی و چشمی در نیمه اول سال ۹۰ انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تعداد ۸۵ نمونه ترکیبی از چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان سرعین در طی ماههای اردیبهشت تا شهریور در زمان پیک حضور شناگر برداشته شد. میزان کلر آزاد باقیمانده، دما، pH، کدورت، H_2S ، ORP، DO و EC در محل نمونه‌برداری توسط دستگاه‌های پرتابل اندازه‌گیری شد. آزمایشات مربوط به کل و فیکال کلیفرمها، استافیلوکوکوس اورئوس، شمارش بشقابی هتروتروفیک و فیکال استرپتوکوکها، بر اساس کتاب روش‌های استاندارد انجام گرفت.

یافته‌ها: داده‌ها نشان داد که بیشترین آلودگی به کل کلیفرمها در مردادماه، ($MPN/100=309/82$)، فیکال کلیفرمها در تیرماه ($MPN/100=69/59$)، کمترین آلودگی آنها مربوط به استرپتوکوکهای مدفوعی در مرداد و شهریور، بیشینه باکتریهای هتروتروف در شهریورماه با $4774/12$ cfu/mL و استافیلوکوک اورئوس با $1149/35$ cfu/100mL در مرداد ماه ثبت گردید. در این مطالعه نتایج مقایسه میانگینها، بین ماههای نمونه‌برداری و میزان آلودگی به باکتری *S. aureus* ارتباط آماری معنی‌داری را نشان نداد.

نتیجه‌گیری: داده‌ها نشان داد که $2/52$ نمونه‌ها از نظر کل کلیفرمها، $9/41$ نمونه‌ها از نظر فیکال کلیفرمها، $84/71$ نمونه‌ها از نظر HPC، و $81/18$ درصد نمونه‌ها از نظر *S. aureus* آلودگی بیش از حد مجاز داشتند که این امر زنگ هشدار برای وقوع بیماری‌های پوستی و عفونت‌های احتمالی برای شناگران به شمار می‌آید.

کلمات کلیدی: آبگرم معدنی، استخرهای شنا، شاخص‌های کیفی، استافیلوکوکوس اورئوس

* دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل

ایمیل: m.fazlzadeh@gmail.com - شماره تماس: ۰۴۵-۳۳۵۱۳۴۲۸

مقدمه

در بهره‌برداری و استفاده از استخرهای شنا حفظ سلامتی شناگران حائز اهمیت است چرا که اضافه شدن موادی نظیر چربی، عرق و سایر ترشحات بدن به آب که ممکن است حاوی میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا باشند، باعث آلودگی آب استخرها شده و عدم وجود گندزدا در غلظت مناسب می‌تواند زمینه ساز شیوع بیماری‌های عفونی گردد.^۱ در این خصوص معیارهای بهداشتی برای استخرهای شنا تدوین شده است که از آن جمله می‌توان میزان کدورت آب، درجه حرارت، کلر باقیمانده، pH و نیز شاخص‌های میکروبی نظیر گروه باکتری‌های کلیفرم، سودوموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوس اورئوس را نام برد.^۲ در استخرهای شنا علاوه بر احتمال بلع آب آلوده توسط شناگران، چشم، گوش و مجاری تنفسی نیز به طور مستقیم با آب در تماس هستند و در صورت کافی نبودن مراحل تصفیه آب استخر، علاوه بر مسمومیت‌های گوارشی، امکان ابتلای شناگران به بیماری‌های پوستی، عفونت چشم، گوش و دستگاه تنفس نیز وجود دارد. بنابراین انجام آزمون‌های میکروبیولوژی آب استخر شنا برای تعیین کیفیت بهداشتی آب ضروری است.^۳

افراد در اثر شنا در آب استخر، همواره موادی را وارد آب می‌نمایند. این مواد عمدتاً شامل سلولهای مرده پوست، عرق، چربی، مواد آرایشی و مقدار کمی از ترشحات دستگاه گوارش می‌باشد. از طرفی ساخته شدن مواد آلی در استخرهای آبگرم معدنی، بدلیل دمای بیشتر آب، سریع‌تر از سایر استخرها رخ می‌دهد که در صورت عدم حذف، این مواد به عنوان یک منبع غذایی مناسب در اختیار میکروبها قرار می‌گیرد.^۴ کاهش مواد آلی می‌تواند با محدود کردن تعداد شناگران، وادار کردن آنها به استفاده از دوش قبل از ورود به آب و همچنین استفاده از صابون جهت حذف چربی‌های روی پوست قبل از استفاده از

استخر، اتفاق بیفتد.^۵

داده‌های مرکز کنترل بیماری‌ها در ایالات متحده نشان می‌دهد که در بین سال‌های ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۰، ۵۹ مورد همه‌گیری در ۲۳ ایالت به ثبت رسیده است که همگی مرتبط با مواجهه افراد با استخرها و آب‌های تفریحی خصوصاً چشمه‌های آبگرم بوده‌اند. در این مطالعه خطرپذیرترین اقشار جامعه در مقابل آلودگی ناشی از استخرها و چشمه‌های آبگرم معدنی، زنان باردار، افراد با سیستم ایمنی تضعیف شده، کودکان، سالمندان و نیز افراد سیگاری عنوان شده است.^{۶-۹} در مطالعه ای در اسپانیا مشخص گردید که آلودگی استخرهای شنا که از آب دریا و آب شیرین کلرزی شده تغذیه می‌شدند، در درجه اول ناشی از *S. aureus* و در درجه دوم ناشی از گونه‌های مایکوباکتریوم بوده است.^{۱۰} Bello و همکاران نیز در راستای ارزیابی کیفیت میکروبی استخرهای شنا، در کنار قارچها، باکتریایی نظیر استرپتوکوکوس فیکالیس، اشریشیاکلی، استافیلوکوکوس اورئوس و کلستریدیوم پرفرینژنس را مورد توجه قرار دادند.^{۱۱}

استافیلوکوکوس اورئوس یک پاتوژن فرصت طلب است که به عنوان میکروفلور در پوست یا مخاط بینی افراد سالم به فراوانی یافت شده و همواره در اثر غوطه ور شدن افراد در آب، وارد آب می‌گردد.^{۱۲} حضور این باکتری در آب به تعداد زیاد، ممکن است ناشی از گندزدایی ناکافی بوده و منجر به عفونت‌های پوستی نظیر جوش، زردخیم، عفونت گوش خارجی، عفونت جراحات پوستی، ورم ملتحمه و نظایر آن گردد. این باکتری گاهی ممکن است منجر به همه‌گیری‌های ناگهانی نیز بشود که البته فراوانی این نوع همه‌گیری‌ها نسبتاً پایین است. نگرانی اصلی در مورد این باکتری مربوط به سویه‌های مقاوم به متی‌سیلین می‌باشد.^{۱۳}

مطالعات بسیار زیادی در مناطق مختلف بر روی کیفیت

گزارش می‌گردد و تعداد واقعی این موارد بسیار بالاتر است.^۹ این مساله خصوصاً در شهرهای توریستی که افراد به عنوان گردشگر مدت زمان کوتاهی را سپری نموده و سپس به شهرهای محل سکونت خود بازمی‌گردند قابل توجه تر است، چرا که در صورت وقوع بیماری نیز هیچ اپیدمی گزارشی نخواهد شد.

با توجه به مطالب عنوان شده و با توجه به اهمیت شناسایی و کنترل باکتری *S. aureus* در استخرها و چشمه‌های آبگرم معدنی و با هدف تعیین و ارزیابی کیفیت فیزیوشیمیایی و میکروبی چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان سرعین، این مطالعه برای نخستین بار و در نیمه اول سال ۱۳۹۰، بر روی استخرهای آبگرم معدنی شهرستان سرعین و بعنوان بخشی از یک مطالعه گسترده در زمینه بررسی شاخصهای کیفی استخرهای معدنی استان اردبیل صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه که یک مطالعه توصیفی - مقطعی می‌باشد، تعداد ۸۵ نمونه ترکیبی از چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان سرعین در استان اردبیل در طی ماههای اردیبهشت تا شهریور سال ۹۰ برداشته شد. با توجه به تاکید مرجع بین المللی «روشهای استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب»^{۱۰} در زمینه برداشت نمونه از استخرها در زمان حداکثر حضور شناگران، این ۵ ماه بعنوان پربارترین ماههای سال از نظر حضور شناگر، جهت نمونه برداری انتخاب شدند. جامعه مورد نظر کلیه چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان سرعین بود که در طول ۵ ماه، مجموعاً ۸۵ نمونه و به ازای هر ماه ۱۷ نمونه (یک نمونه از منبع و یک نمونه از استخر) برداشته شد. لازم به ذکر است که در برخی از استخرها که سازه استخر بر روی چشمه بنا شده بود، نمونه استخر و منبع یکسان بوده و به برداشت یک نمونه اکتفا گردید. نمونه‌برداری مطابق روش 9213B کتاب «روشهای استاندارد» صورت گرفت. به این صورت که از هر استخر دو

میکروبی آب استخرهای شنا انجام گرفته است که نشان دهنده اهمیت این موضوع به خاطر مواجه تعداد بسیار زیادی از افراد با این عوامل می‌باشد. جابری در سال ۱۳۸۲ به بررسی آسیب‌های ورزشی شنا ناشی از آلودگی استخرها در شهر مشهد پرداخته و در این پژوهش میزان شمارش باکتری‌ها، میزان کلر و Hp را مورد بررسی قرار داده است.^{۱۴} مهدی‌نژاد در سال ۱۳۸۲ با تعیین شاخص‌های بهداشتی کیفی آب کلیه استخرهای شنا در شهر گرگان نشان داده است که در آن زمان بسیاری از استخرها دارای آلودگی‌های مختلف میکروبی بوده و راندمان کلرزی پائین‌تر از حد استاندارد بوده است. نامبرده در تحقیق خود مقایسه‌ای از جکوزی‌ها نداشته و کلیه استخرهای شهرستان گرگان (استخرهای رو باز و غیره) را نیز بررسی نموده است.^{۱۵} مراغی و همکارانش نیز در سال ۱۳۷۸ فون و فلور میکروبی در آب استخرهای اهواز را بررسی نموده‌اند.^{۱۶}

مطالعات انجام شده توسط دینگمن نشان می‌دهد که میکروبهایی که از آب استخرها جدا شده‌اند و مشکل‌ساز می‌باشند، کلیفرم و سودوموناس بوده و نقش گندزدایی آب در این مورد موثر است.^{۱۷} در تحقیق دیگری ایسترن و همکاران به بررسی شاخص‌های میکروبی در استخرهای شنای استرالیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که pH در ۴۱ استخر در محدوده استاندارد و در ۳۷ استخر خارج از محدوده استاندارد قرار داشته و ۹۹ درصد استخرها کیفیت باکتریولوژیکی قابل قبول دارند.^{۱۸} متیو در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۰ در ایالات متحده انجام داده است عنوان می‌دارد که بیشترین بیماری‌های مرتبط با چشمه‌های آبگرم معدنی که به‌عنوان شناگاه‌های تفریحی استفاده می‌شوند، التهاب و عفونت‌های پوستی ناشی از سودوموناس آئروژینوزا می‌باشد، به‌گونه‌ای که در بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۴، ۴۸ مورد شیوع بیماری‌های پوستی ناشی از این باکتری در ۹۵۱ استخر آبگرم خصوصی گزارشی شده است.^{۱۹}

متخصصان تخمین زده اند که درصد بسیار کمی از موارد بیماری‌های مرتبط با چشمه‌های آبگرم به مراکز بهداشتی

نمونه، یکی از سطح آب و دیگری از عمق ۳۰ سانتی متری برداشته شده و بصورت ترکیبی به حجم ۲۵۰ سی سی در بطری‌های استریل حاوی تیوسولفات سدیم ۳٪ (بعنوان ماده کلرزدا) در کوتاهترین زمان ممکن (حداکثر ۳ ساعت) و دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد، در مجاورت بسته‌های یخ و در داخل کلد باکس، به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل انتقال می‌یافت. میزان کلر آزاد باقیمانده، دما، pH، کدورت، H_2S ، ORP، DO و EC در محل نمونه‌برداری و توسط دستگاه‌های پرتابل اندازه‌گیری شد. آزمایشات مربوط به بررسی شاخص‌های میکروبی شامل کل کلیفرم‌ها و فیکال کلیفرم‌ها، استافیلوکوکوس اورئوس، فیکال استرپتوکوک‌ها و شمارش بشقابی هتروتروفیک (HPC)، در آزمایشگاه میکروبیولوژی محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اردبیل انجام گرفت.

جهت بررسی کل کلیفرم‌های موجود در نمونه، از متد استاندارد 9221B (تکنیک MTF) استفاده گردید. محیط کشت مورد استفاده در مرحله احتمالی لاکتوز برات بود. نمونه‌ها پس از تلقیح و انکوباسیون بمدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای 35 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد، در صورت مثبت بودن به مرحله تاییدی منتقل شده و مثبت بودن نتایج در محیط کشت برلیانت گرین لاکتوز بایل برات (BGB) پس از ۲۴ تا ۴۸ ساعت انکوباسیون، حضور کل کلیفرم، و مثبت بودن نتایج در محیط EC برات پس از ۲۴ ساعت حمام آب با دمای $44/5$ درجه، حضور فیکال کلیفرم را تایید می‌کرد. نتایج با استفاده از جدول توزیع پواسون با ۹۵ درصد حدود اطمینان بصورت MPN/100mL گزارش می‌گردید. جهت اندازه‌گیری فیکال استرپتوکوک‌ها از متد ۹۲۳۰ استاندارد متد استفاده گردید. آزمایش به روش ۱۵ لوله‌ای در لوله‌های بدون دورهام صورت گرفته و محیط کشت آزید دکستروز برات در مرحله احتمالی و PSE آگار در مرحله تاییدی بکار گرفته شد. مرحله اول در صورت وجود کدورت پس از ۲۴ یا ۴۸ ساعت در دمای

35 ± 0.5 ، به مرحله دوم منتقل شده و نتایج مرحله دوم پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون مورد بررسی قرار می‌گرفت. وجود کلنی‌های تیره با هاله سیاه تا قهوه‌ای، نشان‌دهنده حضور فیکال استرپتوکوک‌ها بود. در نهایت نتایج بصورت MPN/100 گزارش می‌گردید.

جهت بررسی باکتری‌های هتروتروف، از روش ۹۲۱۵ استاندارد متد استفاده شد. نمونه‌ها به روش آمیخته در محیط کشت R2A آگار کشت شده و تعداد کلنی‌ها پس از ۴۸ ساعت انکوباسیون در دمای 35 ± 0.5 به کمک کلنی کانترا SANA طبق دستورالعمل استاندارد شمارش گردید. نتایج بصورت cfu/mL گزارش شد.

آزمون استافیلوکوکوس اورئوس بر اساس روش 9213B استاندارد متد و به روش ۱۵ لوله‌ای انجام گرفت. محیط کشت مرحله احتمالی M-استافیلوکوکوس برات، و محیط کشت مرحله تاییدی محیط کشت مانیتول فنل رد سالت آگار (MSA) بود. نتایج مرحله اول پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای 35 ± 0.5 با تولید کدورت، مثبت شناخته شده و به محیط کشت حاوی آگار منتقل می‌گردید. ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد نتایج بصورت cfu/100mL براساس شمارش کلنی‌های مات و بیرنگ که در اطراف آنها رنگ زرد حاصل از تخمیر قند مانیتول که منجر به اسیدی شدن محیط و تغییر رنگ معرف فنل رد از قرمز به زرد شده و در نتیجه نشان‌دهنده حضور استافیلوکوکوس اورئوس بود، صورت می‌گرفت.

یافته‌ها

جدول ۱، میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی شامل کلر آزاد باقیمانده (mg/L)، کدورت (NTU)، pH، دما (□)، H_2S (mg/L)، DO (mg/L)، ORP (mV) و $EC(\mu Mho/cm)$ را در آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین به تفکیک آبگرم معدنی نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، بالاترین دمای ثبت شده در چشمه‌های آبگرم شهرستان سرعین در

میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی انجام شده بر روی نمونه‌های آب چشمه‌های آبگرم معدنی شهرستان سرعین نشان داد که بیشترین آلودگی به کل کلیفرم‌ها در مردادماه رخ داده است (MPN/100=309/82). فیکال کلیفرم‌ها در تیرماه در حداکثر خود قرار داشتند (MPN/100=69/59) و کمترین آلودگی ثبت شده به هر دو ارگانیزم در اردیبهشت ماه به ترتیب با 36/65 و 16/12 MPN/100 برای کل کلیفرم‌ها و فیکال کلیفرم‌ها بود (نمودار ۱). کمترین آلودگی مربوط به استرپتوکوک‌های مدفوعی با محدوده میانگین صفر در مرداد و شهریور تا حداکثر 1/24 MPN/100 در اردیبهشت ماه بود (نمودار ۱).

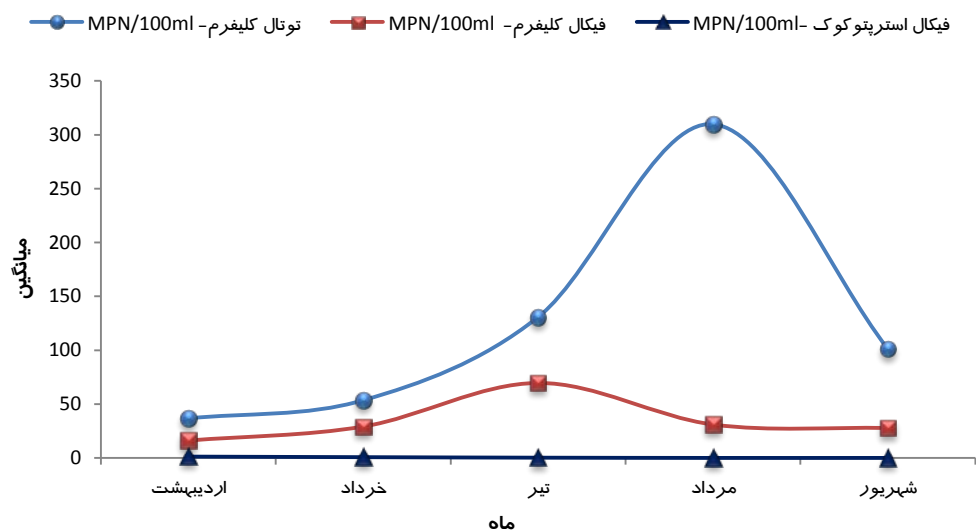
آبگرم GG-P با 44/1 درجه سانتی گراد و پایین ترین دما (9/1 □) در آبگرم VD-S می‌باشد. کدورت بین 1/0 تا 53/1 به ترتیب در AT-P و S-P متغیر بوده و pH محدوده ای از 5/7 تا 7/3 را در VD-S و AT-P به خود اختصاص داده است. کلر آزاد باقیمانده در تمامی نمونه‌ها صفر بوده و H₂S در بیشترین مقدار خود در GG-P به 0/4 ppm رسیده است. کمینه اکسیژن محلول در 2/42J-P و بیشینه آن در 6/10 VD-S میلی گرم در لیتر به ثبت رسیده است (جدول ۱). مطابق جدول ۱، هدایت الکتریکی آب حداقل 603/0 در VD-S و حداکثر 1569/0 میکروزیمنس بر سانتی متر در GHS-P بوده است. پتانسیل ردوکس (ORP) نیز در محدوده 28/0 تا 173/6 میلی ولت به ترتیب در BB-S و AT-P به ثبت رسید.

جدول ۱: میانگین پارامترهای فیزیوشیمیایی در آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین در طول دوره تحقیق

کلر آزاد باقیمانده (mg/L)	ORP (mV)	EC (μMho/ cm)	کدورت (NTU)	pH	دما (□)	H ₂ S (ppm)	DO (mg/L)	پارامتر کد آبگرم معدنی	شماره
0	43/6	1372/4	3/5	5/8	43/3	0	3/27	P-S	۱
0	69	1509/6	25/8	5/8	41/3	0	3/36	P-P	۲
0	104/2	1527/8	9/5	6/2	43/3	0	4/33	GHS-S	۳
0	103/8	1569	22/6	6/4	39/4	0	4/09	GHS-P	۴
0	56/8	1388/4	20/6	5/8	44/1	0/4	5/63	GG-P	۵
0	47/4	1279	15/0	6/2	41/2	0	4/58	S-S	۶
0	107	1552	53/1	6/4	36/7	0	4/20	S-P	۷
0	154/4	1126	1/8	6/4	37/0	0	4/28	IR-S	۸

هادی صادقی و همکاران

•	۱۲۶	۱۱۶۹/۸	۱۶/۷	۶/۷	۳۵/۰	•	۴/۶۰	IR-P	۹
•	۱۷۳/۶	۶۳۱/۴	۱/۰	۷/۳	۳۲/۶	•	۴/۹۵	AT-P	۱۰
•	۷۱	۱۵۰۵/۶	۳۴/۳	۶/۴	۳۸/۰	•	۳/۳۱	BB-P	۱۱
•	۲۸	۱۴۰۷/۶	۷/۲	۶/۴	۴۲/۰	•	۲/۹۲	BB-S	۱۲
•	۱۶۸/۸	۶۰۳	۱۵/۹	۵/۷	۹/۱	•	۶/۱۰	VD-S	۱۳
•	۴۵/۸	۱۳۳۵/۸	۵/۸	۵/۸	۳۹/۷	•	۳/۳۰	J-S	۱۴
•	۶۳/۶	۱۴۶۸	۱۷/۷	6.1	۳۸/۳	•	۲/۴۲	J-P	۱۵
•	۹۸	۱۲۸۲/۸	۶/۰	6.1	۴۲/۷	•	۲/۹۳	SS-S	۱۶
•	۱۵۰/۶	۱۳۹۳/۲	۲۱/۵	6.4	۳۹/۴	•	۳/۶۵	SS-P	۱۷



نمودار ۱: میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی کل کلیفرمها، کلیفرمهای مدفوعی و استرپتوکوکهای مدفوعی برای آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین به تفکیک ماه

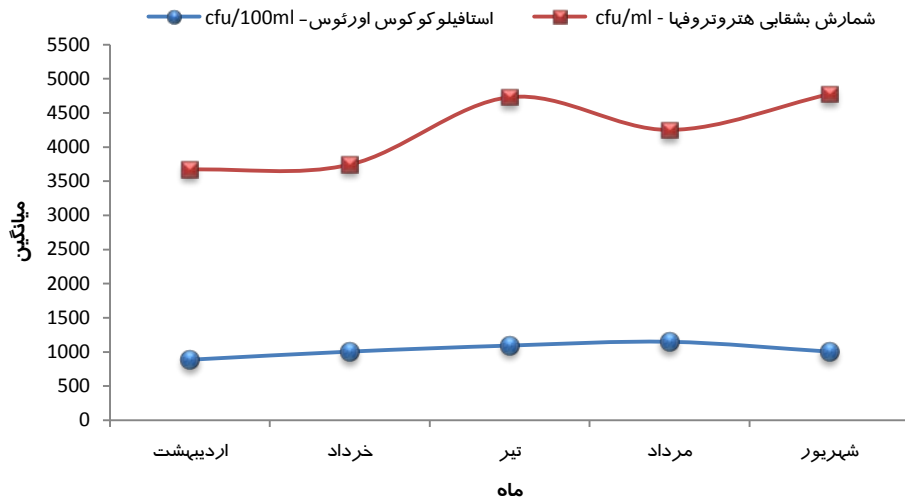
حسب $cfu/100mL$ به ترتیب در اردیبهشت و مرداد متغیر بود (نمودار ۲).

در جدول ۲ تعداد باکتری *S. Aureus* در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین (به تفکیک ماه و

همچنین همانگونه که در نمودار ۲ ملاحظه می‌گردد، باکتریهای هتروتروف محدوده ای از ۳۶۷۰ در اردیبهشت تا ۴۷۷۴/۱۲ در شهریورماه را بر حسب واحد cfu/mL نشان دادند. استافیلوکوکوس اورئوس نیز بین ۸۸۶/۶۵ و ۱۱۴۹/۳۵ ابر

کیفیت میکروبی و فیزیوشیمیایی آب استخرهای آبگرم معدنی، با تاکید بر باکتری استافیلوکوکوس اورئوس: شهر توریستی سرعین، اردبیل

آبگرم معدنی) و مقایسه آن با حد مجاز آمده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، بیشترین تعداد میکروارگانیسم مذکور، در تیرماه و در آبگرم SS-P شمارش شده است. شهریهور با شمارش صفر باکتری *S. aureus* در حداقل آلودگی قرار داشتند (جدول ۲).



نمودار ۲: میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی HPC و *S. aureus* برای آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین به تفکیک ماه

جدول ۲: شمارش *S. aureus* در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین به تفکیک ماه و مقایسه آن با حد مجاز^۳

کد آبگرم معدنی	ماه					انحراف معیار	میانگین و
	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریهور		
P-S	۲	۲	۳	۰	۰	$1/4 \pm 1/34$	۱
P-P	۱۷۰۰	۱۷۲۰	۲۱۰۰	۱۷۵۰	۱۸۰۰	$1814 \pm 164/26$	۲
GHS-S	۵۰۰	۹۰۰	۱۰۵	۲۶	۷۰	$320/2 \pm 375/49$	۳
GHS-P	۹۰۰	۹۰۰	۱۸۰۰	۱۶۸۰	۱۶۰۰	$1376 \pm 440/32$	۴
GG-P	۱۷۰	۲۲۰	۱۵۰	۱۷۰۰	۱۱۰	$470 \pm 688/73$	۵
S-S	۹۰۰	۹۰۰	۱۵۰	۱۷۵۰	۱۱۰	$762 \pm 673/40$	۶
S-P	۱۷۴۰	۱۷۰۰	۸۵۰	۱۹۰۰	۹۰۰	$1418 \pm 501/62$	۷
IR-S	۳۵۰	۵۰۰	۲۱۰۰	۱۵۰۰	۱۶۵۰	$1220 \pm 760/43$	۸
IR-P	۵۰۰	۹۰۰	۱۶۵۰	۱۷۰۰	۱۸۶۰	$1322 \pm 590/27$	۹
AT-P	۵۰۰	۹۰۰	۰	۲۸۰	۰	$336 \pm 378/79$	۱۰

هادی صادقی و همکاران

۱۸۴۶±۱۳۰/۶۹	۱۸۰۰	۱۸۸۰	۲۰۵۰	۱۸۰۰	۱۷۰۰	BB-P	۱۱
۱۲۸۸/۲±۸۳۷/۰۳	۱۸۰۰	۲۳	۲۱۲۰	۱۶۰۰	۹۰۰	BB-S	۱۲
۴۸/۶±۵۱/۶۴	۱۴	۱۴۰	۲۵	۳۰	۳۴	VD-S	۱۳
۱۷۰۰±۱۸۰/۴۲	۱۹۹۰	۱۵۵۰	۱۷۶۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	J-S	۱۴
۱۶۵۲±۱۴۳/۲۵	۱۵۰۰	۱۸۰۰	۱۵۰۰	۱۷۰۰	۱۷۶۰	J-P	۱۵
۶۵/۶±۴۱/۴۵	۹۰	۱۱۰	۸۵	۲۶	۱۷	SS-S	۱۶
۱۸۴۰±۱۷۸/۱۹	۱۸۰۰	۱۷۵۰	۲۱۵۰	۱۷۰۰	۱۸۰۰	SS-P	۱۷

۵۰cfu/100mL

حد مجاز

که pH بقیه استخرها در حدود ۶ و بالاتر می‌باشد، اما فقط استخر AT-P از pH استاندارد تبعیت نموده است. البته با توجه به اینکه استانداردهای مذکور برای استخرهای غیر معدنی تدوین شده اند، این عدم تطابق لزوم تدوین استانداردهای ویژه ای را برای آبهای معدنی طبیعی بیش از پیش آشکار می‌سازد. چرا که برخی از استخرهای آبگرم معدنی بر روی چشمه‌های طبیعی احداث شده اند و املاح وارد شده به استخر یا سایر شرایط ویژه و طبیعی آب، خود دارای خواص درمانی می‌باشد. لذا چنین بنظر می‌رسد که در چنین آبهایی بعنوان مثال در مورد کدورت، افزایش کدورت ناشی از حضور شناگران، مورد پایش و کنترل قرار گرفته و بر اساس پایه کدورت طبیعی موجود، مورد ارزیابی قرار گیرد.

در دوره تحقیق میزان کلر آزاد باقیمانده در تمامی نمونه‌ها صفر بود که عدم وجود کلر باقیمانده و آلودگی باکتریایی موجود، نشان از ناکافی بودن مقدار کلر^{۲۲} یا عدم کلرزنی مداوم می‌باشد که در استخرهای مورد بررسی، در حذف میکروارگانیسم‌های شاخص و موکداً *S. aureus* تاثیری نداشته است. میزان کلر باقیمانده در آب استخر، مطابق استاندارد ایران، در حدود ۱/۵ میلی گرم در لیتر تعیین شده است.^۳ البته به‌طور کلی در رابطه با انتخاب گزینه کلر جهت گندزدایی استخرهای

در این مطالعه نتایج مقایسه میانگین‌ها، بین ماه‌های نمونه‌برداری و میزان آلودگی به باکتری *S. aureus* ارتباط آماری معنی‌داری را نشان نداد. از طرفی آنالیز آماری خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها و مقایسه آن با آلودگی به *S. aureus* نشان داد که بین آلودگی به این میکروارگانیسم با EC آب همبستگی آماری معنی‌دار ($p < 0/05$) و بین آلودگی به *S. aureus* و کدورت، دما، H_2S ، pH، ORP و DO ارتباط آماری معنی‌دار وجود نداشت.

بحث

مقایسه نتایج بدست آمده با استاندارد آب استخرهای شنا نشان می‌دهد که میانگین کدورت در تمامی استخرها بالاتر از حد استاندارد، که کمتر از ۵/۰ NTU می‌باشد اندازه‌گیری شده است.^{۲۱،۲۲} همچنین میانگین دما حداکثر ۴۴/۱ و حداقل ۹/۱ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسید. مطابق استاندارد، دمای مناسب استخرهای شنا حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است.^{۲۱،۲۲} همچنین با توجه به جدول ۱ میانگین pH در ۵ آبگرم معدنی شهرستان سرعین، حدود ۵/۸ ثبت گردید که با استاندارد مربوطه که این رقم را در محدوده خنثی (۷/۲-۸) تعیین نموده است، مغایرت دارد.^{۲۱،۲۲} با توجه به مقادیر مذکور هرچند

آبگرم، اشکالاتی وارد است که بحث درباره آن خارج از اهداف این مطالعه می‌باشد. در استخرهای AT-P و IR-P نیز از ازن جهت گندزدایی استفاده می‌شد که این روش با توجه به آلودگی میکروبی موجود چندان در حذف باکتری‌های مورد بررسی کارآمد نبوده است.

ذکر این نکته نیز ضروری به نظر می‌رسد که گندزدایی متداول و مداوم استخر، در صورت عدم وجود نظارت بر روی تعداد شناگرانی که در واحد زمان از استخر استفاده می‌کنند، تأثیری در از بین بردن بار میکروبی که بیش از ظرفیت پالایش استخر می‌باشد نخواهد داشت. چرا که مطابق دستورالعمل وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، در زمان بالابودن بار آلودگی و تعداد زیاد شناگران، تنها روش اصلاح مشکل آلودگی سوپرکلریناسیون می‌باشد^{۲۱}. این مساله در استخرهای مورد بررسی که هیچگونه محدودیتی در پذیرش تعداد شناگران در آنها اعمال نمی‌گردد، نگران کننده بنظر می‌رسد.

همچنین ساخته شدن مواد آلی در استخرهای آبگرم معدنی، به دلیل دمای بیشتر آب سریعتر از سایر استخرها رخ می‌دهد که در صورت عدم حذف، این مواد به عنوان یک منبع غذایی مناسب در اختیار میکروبه‌ها قرار می‌گیرد^{۲۲}. کاهش مواد آلی می‌تواند با محدود کردن تعداد شناگران، وادار کردن آنها به استفاده از دوش قبل از ورود به آب و همچنین استفاده از صابون جهت حذف چربیهای روی پوست قبل از استفاده از استخر، اتفاق بیفتد^{۲۳}.

مقدار استاندارد ORP در استخرها و چشمه‌های آب معدنی، $\geq 650\text{mV}$ توصیه شده است^{۲۴-۲۵}. ORP به عنوان معیاری مفید از عدم حضور میکروارگانیسم‌های بیماریزا، در سلامت مواد غذایی، آب آشامیدنی و تصفیه فاضلاب پیشنهاد شده است^{۲۶-۲۸}. آلمان استاندارد ORP را از سال ۱۹۸۲ در استخرهای شنا به مورد اجرا گذارده است. سازمان جهانی بهداشت نیز ORP را بعنوان معیاری ارزشمند از کیفیت آب در رهنمودهای بهداشتی آبهای تفریحی ذکر کرده است^{۲۹}. در

حداقل ۸ ایالت آمریکا در کنار معیارهای سنتی کیفیت آب نظیر کلر آزاد و pH، در استانداردهای کیفیت آب به ORP بعنوان شاخص مکمل توجه شده است. در این استانداردها اشاره شده است که استخرها یا اسپاهای با $\text{ORP} < 650\text{mV}$ بایستی بدون توجه به سایر پارامترهای کیفیت آب، سریعاً تعطیل شود^{۲۹}. با توجه به جدول ۱ که پتانسیل ردوکس در نمونه‌ها را در محدوده ۲۸/۰ تا ۱۷۳/۶ میلی ولت نشان می‌دهد، هیچ یک از نمونه‌های مورد بررسی با استانداردهای موجود مطابقت نداشتند. این مساله می‌تواند ناشی از گندزدایی ناکافی و یا حضور مواد احیاکننده طبیعی در آب چشمه‌ها باشد که نیازمند مطالعات تکمیلی است.

در رابطه با کیفیت میکروبی آب، داده‌های این مطالعه نشان داد که شاخص‌های میکروبی مورد بررسی در استخرها، در برخی موارد با استاندارد استخرهای شنا مطابقت نداشتند^{۲۳،۲۱،۲۲}. به طوری که داده‌ها نشان داد که $3/53\%$ نمونه‌ها از نظر کل کلیفرم‌ها بیش از حدود راهنما ($500\text{MPN}/100$)، $9/41\%$ نمونه‌ها از نظر کلیفرم‌های مدفوعی بیش از حدود راهنما ($100\text{MPN}/100$) و $84/71\%$ نمونه‌ها از نظر HPC بیش از $200\text{cfu}/\text{mL}$ (حد راهنمای باکتریهای هتروتروف) آلودگی داشتند. داده‌ها حاکی از عدم تخطی آلودگی به استرپتوکوکهای مدفوعی از حد مجاز ($100\text{MPN}/100$) در کل دوره تحقیق در آبگرم‌های مورد بررسی بود. مطالعه‌ای در نیجریه نشان داد که ۲۰ درصد نمونه‌های استخر از نظر کلیفرم‌های مدفوعی و ۴۰ درصد نمونه‌ها از نظر فیکال استرپتوکوکها از استاندارد تبعیت نکرده بودند. مطالعه مذکور نشان داد که کلیه استخرهای مورد بررسی HPC بیش از حد استاندارد داشتند. همچنین عنوان شد که در ۱۵ مورد از ۲۰ استخر مورد بررسی هیچ رشدی از باکتریهای کلیفرم مشاهده نگردید^{۱۱}.

داده‌های مطالعه حاضر نشان داد که در مجموع ۵ ماه نمونه برداری، تنها ۱۸/۸۲ درصد نمونه‌ها در مقایسه با حد مجاز

استافیلوکوکوس اورئوس^۳، در محدوده استاندارد قرار داشتند (cfu/100mL < 50). لذا آلودگی ۸۱/۱۸ درصدی در آبگرم‌های معدنی شهرستان سرعین زنگ هشدار برای وقوع بیماری‌های پوستی و عفونت‌های احتمالی برای شناگران به شمار می‌آید. مطالعه یوسفی بر روی استخرهای شهر ساری در سال ۱۳۸۸ نیز آلودگی ۹۱/۳ درصدی نمونه‌ها را نشان داد^{۳۰} که در مقایسه با مطالعه حاضر و با توجه به اینکه استخرهای مطالعه مذکور از حدود ۰/۳ تا ۲/۳ میلی‌گرم در لیتر کلر باقیمانده داشته‌اند، وقوع چنین حجمی از آلودگی میکروبی قابل توجه است. این در حالی است که آلودگی آبگرم‌های مطالعه حاضر در شرایط عدم حضور کلر باقیمانده ناشی از کلرزنی ناکافی رخ داده است.

در مطالعه بللو و همکاران درصد آلودگی استخرهای شنا به *S. aureus* ۱۰۰٪ برآورد گردید^{۱۱}. در مطالعه‌ای در یونان نشان داده شد که کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا در ۳۲ درصد نمونه‌ها حداقل از نظر یکی از شاخصهای میکروبی از جمله استافیلوکوکوس اورئوس از حد استاندارد بالاتر بوده است. در این مطالعه عنوان شد که ۹۶/۲ نمونه‌ها در استخرهای آموزشی کودکان، ۷۱/۹ درصد استخرهای آبدرمانی بیمارستانی و ۹۷/۷ درصد استخرهای عمومی در محدوده مجاز از نظر استافیلوکوکوس اورئوس قرار داشتند^{۳۱} که در مقایسه با مطالعه حاضر وضعیت مطلوبی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر، پیشنهاد می‌شود که پایش مستمر آب‌های گرم معدنی شهرستان سرعین در کنار محدود نمودن تعداد شناگران، با جدیت بیشتری توسط مسئولین امر و مالکین بخش خصوصی استخرها مد نظر قرار گیرد. بعلاوه لزوم تدوین استانداردهایی مختص آب‌های گرم معدنی که بدون لطمه زدن به خواص درمانی و طبیعی آنها بیشترین مطابقت را با شرایط استخرهای مطلوب داشته باشد، کاملاً مشهود است. همچنین پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی، روشهای مناسب و کارآمد جهت تصفیه و گندزدایی آبگرم‌های معدنی بصورت مقایسه‌ای، با استفاده از ترکیبات و روشهای مختلف در قالب طرحهای پایلوت مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه بخشی از پروژه مصوب شورای محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل می‌باشد که نویسندگان بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Neghab M, Gorji H, Baghapour MA, Rajaiifard AR. A survey on contamination situation of Shiraz swimming pools. *J Kord U Med Sci* 2005;31(1): 41-9 [In Persian].
2. Salvato JA. *Environmental Engineering and sanitation*, 4th ed. John Wiley and sons, New York, 1992.
3. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Standard No. 9412, Swimming pools water-microbiological specifications. Tehran: The institute. 2009 [In Persian].
4. Sandel B. Disinfection by-products in swimming pools and spas. Technical Progress Report Olin Corporation CNHC-RR-90-154. 1990.
5. Health Link BC. Residential Hot Tubs and Pools: Health and Safety Tips. BC Center for Disease Control. 2013 Available from: URL: <http://www.healthlinkbc.ca/healthfiles/hfile27a.stm>. Accessed 2014 June 8.
3. Tablan OC, Anderson LJ, Arden NH, Breiman RF, Butler JC, McNeil MM, and the Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for Prevention of Nosocomial Pneumonia. Atlanta: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, 1994.
4. Broadbent C. Guidance on water quality for heated spas. Rundle Mall SA (Australia): South Australian Health Commission (for the National Environmental Health Forum), 1996.
5. Gerba CP. Ensuring safety: Why the industry needs to standardize residential pool and spa sanitization equipment. *Aqua*, 1999.
6. National Center for Injury Prevention and Control, (US). Disease Control and Prevention. Washington: The institute, 2000
7. Delgado M, Garcia H, Hormigo F, de la Torre H, Marante A. A microbiological and physicochemical analysis of the water in swimming pools of the island of Tenerife. *Rev Sanid Hig Publica (Madr)* 1992;66:281-9.
8. Bello O, Mabekoje O, Egberongbe H, Bello T. Microbial qualities of swimming pools in Lagos, Nigeria. *Int J Appl Sci Tech* 2012;2(8): 89-96.
9. Robinton ED, Mood EW. A quantitative and qualitative appraisal of microbial pollution of water by swimmers: a preliminary report. *J Hyg* 1966;64: 489-99.
10. Begier EM. A high-morbidity outbreak of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among players on a college football team, facilitated by cosmetic body shaving and turf burns. *Clin Infect Dis* 2004;39: 1446-53.
11. Jaber A. A survey on swimming damages because of swimming pools contamination in Mashhad city. Tehran: Tarbiat modarres university; 1382 [In Persian].
12. Mahdinejad H. Determination of health indicators in swimming pools of Gorgan city. *J Gorgan U Med Sci* 2005;12: 89-95 [In Persian].
13. Maraghi SH, et al. A survey on microbial indicators in Ahvaz swimming pools. Proceedings of the 2th national Congress on environmental health. 1999; Tehran, Iran [In Persian].
14. Dingman J. Public pool disinfection-The effectiveness of ultraviolet-light hydrogen-peroxide. *J Environ Health* 1990;52(6): 341-3.
15. Esterman A, Roder DM, Cameron AS, Robinson BS, Walters RP, Lake JA, Christy PE. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System (WISQARS). 2002 Available from: URL: <http://www.cdc.gov/injury/wisqars>. Accessed 2014 June 9.
16. Freije MR. Spas, Hot Tubs and Whirlpool Bathtubs: A Guide for Disease Prevention: HC Information Resources; 2000.
17. Clesceri LS, Eaton AD, Greenberg AE, Association APH, Association AWW, Federation WE. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater: American Public Health Association; USA. 1998.
18. Health ministry of Iran. Guidelines for Swimming Pools Monitoring and Control. Tehran: The Center of Environmental and Occupational Health; 2007.
19. Organization WH. Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Swimming pools and similar environments: World Health Organization. Geneva, 2006.
20. Carlson S, Hasselbarth U, Mecke P. The evaluation of the disinfectant action of chlorinated water in swimming pools through determination of the redox potential. *Arch Hyg Bakteriol* 1968;152: 306-20.
21. Lund E. Inactivation of poliomyelitis virus by chlorination at different oxidation potentials. *Arch Gesamte Virusforsch* 1991;11: 330- 42.
22. World Health Organization. Guidelines for swimming pools and similar environments. 2006 Available from URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf. Accessed 2007 Aug 27.
23. Kim YH. Evaluation of redox potential and chlorine residual as a measure of water disinfection. Stranco Incorporated. Michigan, 1993.
24. Kim C, Hung Y, Brackett RE. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of food borne pathogens. *Int J Food Microbiol* 2000;61: 199-207.
25. WHO. International Standards for Drinking-water. 3rd ed. World Health Organization. Geneva, 1971.
26. Minnesota Department of Health. Minnesota Department of Health 2005 gastroenteritis outbreak summary. Available from URL: <http://www.health.state.mn.us/divs/idepc/dtopics/foodborne/outbreak/outbreaks2005.pdf>.

Accessed 2007 Aug 20.

27. Yousefi Z. Study of the Pollution Condition of Swimming Pools in Sari City for the *Staphylococcus aureus*. Iran J Health Environ 2009;2(3): 178-87 [In Persian].
28. Papadopoulou CH, Economou V, Sakkas H, Gousia P, Giannakopoulos X, Dontorou C, et al. Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. Int J Hyg Environ Health 2008;211: 385-97.

Biological and Physicochemical Quality of Thermal Spring Pools, with Emphasis on Staphylococcus Aureus: Sarein Tourist Town, Ardabil

Hadi Sadeghi¹, Pari Bagheri Ardebilian¹, Roohallah Rostami², Yusef Poureshgh³, Mehdi Fazlzadeh^{4*}

1. Department of Environmental Health, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

2. Department of Environmental Health, School of Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

3. Department of Environmental Health, School of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

4. Department of Environmental Health, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Tehran, Iran

E-mail: m.fazlzadeh@gmail.com

Received: 25 Des 2013 ; Accepted: 4 May 2014

ABSTRACT

Background: This study aimed at evaluating the water quality of thermal spring of Sarein in the province of Ardabil, with emphasis on bacteria *S. aureus* as one of the organisms involved in skin and eye infections, in the first half of 2011.

Methods: In this study, 85 composite samples were collected from all thermal spring pools of Sarein during May to September 2011; in the peak number of swimmers. The concentration of free residual chlorine, temperature, pH, turbidity, H₂S, ORP, DO and EC were measured in-situ in the sampling sites by portable devices. Total and fecal Coliforms, Staphylococcus aureus, fecal Streptococci and HPC tests were done according to the Standard methods for examination of water and wastewater.

Results: Data showed that the maximum contamination of total coliforms were occurred in August (MPN/100=309.82), fecal Coliforms in July (MPN/100=69.59), minimum contamination of samples were related to fecal streptococci in August and September, peak of HPC in September with 4774.12 cfu/mL, and Staphylococcus aureus with 1149.35 cfu/100mL in August were recorded. Results of averages comparing showed no significant difference between the months of sampling and contamination with bacteria *S. aureus*.

Conclusion: Data showed that 3.53%, 9.41%, 84.71%, and 81.18% of samples were contaminated to total Coliform, fecal Coliform, HPC and Staphylococcus aureus, respectively which were higher than standard limits that it was an alarm for the occurrence of skin diseases and infections to swimmers.

Keywords: Thermal springs, Swimming pools, Quality indices, Staphylococcus aureus.