

بررسی کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب جکوزی‌های شهر یزد در سال ۱۳۹۰

محمد تقی قانعان^۱، محسن امرالهی^۲، محمد حسن احرامپوش^۳، محبوبه دهواری^۲

پذیرش: ۹۱/۰۹/۱۹

دریافت: ۹۱/۰۶/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: مجموعه‌های آبی از جمله جکوزی‌ها از پرطرفدارترین مراکز تفریحات آبی برای مردم بشمار می‌روند که عدم رعایت معیارهای بهداشتی در آنها می‌تواند منجر به افزایش رشد میکروبی در آب آنها و در نتیجه افزایش شیوع بیماری‌های عفونی شود. این تحقیق با هدف بررسی جامع آب جکوزی‌های شهر یزد و مقایسه نتایج با استانداردهای ملی و بین‌المللی صورت گرفته است.

روش بررسی: این تحقیق یک مطالعه توصیفی-تحلیلی بوده که جامعه آماری آن شامل جکوزیهای شهر یزد است. نمونه‌برداری از کلیه جکوزی‌ها هر دو هفته یکبار و به مدت ۳ ماه (تابستان ۱۳۹۰) انجام گردیده و پارامترهای درجه حرارت، pH ، میزان کلر باقیمانده، کدورت، کلیتیت، سختی، جمعیت باکتری‌های هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آیروژینوزا، استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم مدفوعی مطابق با روشهای استاندارد مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. از نرم افزار SPSS و آزمون‌های آماری ANOVA و T -test یا $Kruskal-Wallis$ و $Mann-Whitney$ برای توصیف داده‌ها استفاده و نتایج حاصل از تحقیق به روش مقایسه با استانداردها نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: با توجه به نتایج این مطالعه، میانگین کلر آزاد و ترکیبی باقیمانده به ترتیب برابر با $0/628$ mg/L و $0/337$ ، کلیتیت $mg/LCaCO_3$ $141/928$ و سختی برابر با 275 $mg/LCaCO_3$ بوده است. میانگین pH ، کدورت و دما به ترتیب برابر با $7/88$ ، $0/457$ NTU و $38/121$ $^{\circ}C$ بود و از نظر باکتری‌های شاخص، میانگین جمعیت باکتریهای هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آیروژینوزا و کلیفرم مدفوعی به ترتیب $20465/7$ ، $120/77$ ، $209/91$ و $31/143$ در 100 mL بوده است. آنالیز آماری داده‌ها نشان داد بین کدورت و pH ($Pvalue = 0/018$) رابطه مستقیم و بین جمعیت باکتری‌های هتروتروف و کلر آزاد باقیمانده، رابطه عکس ($Pvalue = 0/026$) وجود دارد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، پارامترهای جمعیت باکتری هتروتروف و کلیتیت کمترین تطابق را با استاندارد داشتند که نشان‌دهنده ضرورت پایش مداوم پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب جکوزی، کنترل تعداد و تراکم افراد استفاده‌کننده از جکوزی و پایش مداوم عملکرد فرایند فیلتراسیون و کلرزی آب جکوزی‌ها است.

واژگان کلیدی: جکوزی، کیفیت فیزیکی، کیفیت شیمیایی، کیفیت میکروبی، تصفیه آب، یزد

۱- دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

۲- (نویسنده مسئول): کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد
mahboobehdehvari@yahoo.com

۳- دکترای بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

مقدمه

جکوزی‌ها، استخرهای با جریان پیوسته هستند که در درون آنها آب داغ از طریق تزریق هوا به داخل فضای فراهم شده برای شناگران به حباب تبدیل می‌گردد (۱). جکوزی‌ها متشکل از حجم نسبتاً کمی از آب گرم با درجه حرارت $36-40^{\circ}\text{C}$ (مطابق با استاندارد WHO هستند (۲-۴)). وان‌های آبگرم دارای اسامی مختلفی از جمله حوض‌های آبگرم، حوض‌های گردابی، حمام جوشان و جکوزی هستند که متداول‌ترین آن، جکوزی است (۲، ۳ و ۵). باکتری‌های خاص محیط‌های آبی و آمیب‌ها می‌توانند در وان‌های آبگرم و حتی روی اجزاء یا تأسیسات شامل سیستم گرمایشی و سیستم تهویه هوا یا روی سطح مرطوب رشد کنند. برخی از این موجودات می‌توانند سبب بیماری‌های مختلف عفونی از قبیل بیماری‌های تنفسی، عفونت‌های گوش و چشم، عفونت‌های قارچی پوست، عفونت‌های معده-روده‌ای (ناراحتی معده) و یا عفونت‌های سیستم اعصاب مرکزی شوند (۲، ۵ و ۶). از جمله باکتری‌های بیماری‌زای غیر روده‌ای که در استخرهای شنا و محیط‌های تفریحی مشابه یافت می‌شوند می‌توان به گونه‌های لژیونلا، سودوموناس آئروژینوزا و استافیلوکوکوساورئوس اشاره کرد (۲ و ۵). از آنجا که جکوزی‌ها شامل آب متلاطم هستند، می‌توانند منجر به تشکیل آئروسول‌های قابل استنشاق شوند. این بدین معناست که حتی افرادی که از نزدیکی جکوزی‌ها عبور می‌کنند نیز می‌توانند آئروسول را تنفس کنند که ممکن است حاوی عوامل میکروبی نظیر لژیونلا و عوامل شیمیایی نظیر کلر و تری‌هالومتان‌ها باشد (۵ و ۷). گونه‌های لژیونلا سبب ایجاد لژیونلوزیس می‌شوند که بیماری‌های تنفسی و غیر تنفسی را در بر دارد (۸). بالا بودن مقدار مواد آلی در جکوزی‌ها باعث رشد سریع پاتوژن‌هایی همچون سودوموناس آئروژینوزا در این محیط‌های آبی می‌شود (۵). اصلی‌ترین اثر بهداشتی حضور سودوموناس آئروژینوزا در جکوزی، فولیکولیت‌ها (بثورات قرمز رنگ مسبب عفونت فولیکول‌های مو) است (۲، ۵ و ۹). علاوه بر مواجهه با عوامل میکروبی سه راه اصلی مواجهه با ترکیبات شیمیایی وجود دارد که شامل بلع مستقیم آب، استنشاق مواد فرار یا آئروسول‌های حاوی مواد محلول، تماس پوستی و جذب از طریق پوست است. آلاینده‌های شیمیایی که ممکن است

در محیط جکوزی‌ها وجود داشته باشد شامل ترکیبات جانبی گندزدایی، گندزداها، ترکیبات تنظیم pH و غیره است (۲). ضدعفونی و فیلتراسیون مناسب آب، میکروارگانیسم‌های مضر را نابود، چربیها و روغن‌های بدن را حذف می‌کند و تضمین‌کننده تمیزی، سالم و زلال بودن آب است. بنابراین برای اطمینان از کیفیت آب، جکوزی‌ها باید به نحو مطلوبی مدیریت شوند (۴). مطالعات محدودی در راستای ویژگی‌های کیفیت آب جکوزی‌ها انجام شده، بطوری که Price و همکاران (۱۹۸۸)، McEvoy و همکاران (۲۰۰۰) و Moore و همکاران (۲۰۰۲) آب جکوزی‌ها را از نظر باکتری‌های سودوموناس آئروژینوزا و لژیونلا و بیماری‌های مرتبط با این باکتری‌ها مورد بررسی قرار دادند (۱۲-۱۰). با توجه به اهمیت رعایت ضوابط بهداشتی و ایمنی در جکوزی‌ها و بر اساس نشریه استاندارد شماره ۱۱۲۰۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تمام الزامات مربوط به استخرهای شنا باید در جکوزی‌ها نیز رعایت گردد. از نقطه نظر ویژگی‌های کیفی آب، این الزامات شامل دما، کلردت، pH، قلیائیت و سختی آب و جمعیت باکتری‌های هتروتروف (HPC)، کلیفرم‌های مدفوعی، استافیلوکوکوساورئوس، استرپتوکوک مدفوعی و سودوموناس آئروژینوزا است (۲ و ۴). با توجه به اهمیت کنترل کیفیت آب در جکوزی‌ها، این تحقیق با هدف بررسی وضعیت کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب جکوزی‌های شهر یزد در سال ۱۳۹۰ و مقایسه با استانداردهای ملی، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق یک مطالعه توصیفی-تحلیلی بوده که طی آن، ۷ جکوزی موجود در مجموعه‌های آبی سرپوشیده شهر یزد، از نظر وضعیت فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب، به مدت ۳ ماه و هر دو هفته یکبار در تابستان ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌برداری برای جکوزی‌ها، بین ساعات ۹ صبح تا ۱۰ شب بویژه در شرایطی که تراکم شناگران بالا بوده، صورت گرفته است. نمونه‌های میکروبی در بطری‌های دهانه‌گشاد استریل با گنجایش ۵۰۰ mL و حاوی ۱۰ قطره محلول تیوسولفات سدیم (جهت خنثی‌سازی کلر باقیمانده) برداشته شده و سریعاً به آزمایشگاه رفرانس آب و فاضلاب مرکز بهداشت استان یزد منتقل و آزمایشات بلافاصله پس از نمونه‌برداری انجام شد.

آزاد و ترکیبی باقیمانده به ترتیب در جکوزی های شماره ۱ و ۵ (۱۰۰٪)، ۱ و ۳ (۱۰۰٪)، ۷ (۱۰۰٪) و ۲ و ۳ (۶۷٪) مشاهده شده است. به علاوه بیشترین موارد عدم مطابقت با استانداردها مربوط به پارامترهای کدورت، pH، کلرآزاد و ترکیبی باقیمانده به ترتیب در جکوزی های شماره ۶ (۶۷٪)، ۶ (۶۷٪)، ۲، ۳ و ۵ (۱۰۰٪)، ۴ (۸۳٪) بوده است. از نقطه نظر ویژگی های میکروبی نیز بیشترین تطابق با استانداردهای ملی از نظر جمعیت باکتری های هتروتروف و سودوموناس به ترتیب در جکوزی شماره ۷ (۶۰٪) و ۴ (۶۷٪)، باکتری های استافیلوکوک در جکوزی های شماره ۵ و ۷ (۱۰۰٪) و کلیفرم مدفوعی در جکوزی های شماره ۴، ۵ و ۷ (۱۰۰٪) بوده است. جمعیت باکتری های هتروتروف در جکوزی های شماره ۱، ۲، ۳ و ۶ (۱۰۰٪)، استافیلوکوک در جکوزی های شماره ۱ و ۶ (۶۷٪)، سودوموناس در جکوزی های شماره ۱ و ۲ (۱۰۰٪) و کلیفرم های مدفوعی در جکوزی های شماره ۱ و ۶ (۶۷٪) بیشترین عدم مطابقت را با استاندارد داشتند.

مقادیر میانگین و انحراف معیار نتایج حاصل از سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و میکروبی آب به تفکیک جکوزی های مورد بررسی در جداول ۱ و ۲ و همچنین مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب حاصل از اندازه گیری پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب در کل جکوزی ها، به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. بررسی نتایج حاصل از سنجش ویژگی های فیزیکی و شیمیایی در کل جکوزی ها نشان داد که میانگین میزان pH برابر با ۷/۸۸، کلر آزاد باقیمانده برابر با ۰/۶۲۸ mg/L، کلر ترکیبی برابر با ۰/۳۳۷ mg/L، کلیابیت برابر با ۰/۴۵۷ واحد کدورت (NTU)، سختی برابر با ۷۳/۲۸ mg/L CaCO_۳ و دما برابر با ۳۸/۱۲۱ °C بوده است. به علاوه میزان pH در ۷۷/۵۷، کلرآزاد باقیمانده در ۲۳/۸۶، کلر ترکیبی در ۳۹/۱۴، کلیابیت در ۷۳/۴۲، کدورت در ۷۳/۲۸، سختی در ۶۶/۱۴ و دما در ۷۳/۴۲ درصد نمونه ها مطلوب بوده است. از نظر ویژگی میکروبی نیز، میانگین جمعیت باکتری های هتروتروف ۲۰۴۶۵/۷۱ mL و استافیلوکوک اورئوس، سودوموناس آیروژینوزا و کلیفرم های مدفوعی در آب جکوزی ها به ترتیب برابر با ۱۲۰/۷۷، ۲۰۹/۹۱ و ۳۱/۱۴ در ۱۰۰ mL بوده است. جمعیت باکتری های استرپتوکوک مدفوعی، هتروتروف، استافیلوکوک اورئوس،

بطور کلی نمونه برداری از آب مطابق با روش های استاندارد و از عمق ۳۰ تا ۴۰ cm آب برداشت شد. جمع آوری نمونه ها به گونه ای صورت گرفت که فضای خالی در بالای بطری باقی بماند تا عمل اختلاط قبل از انجام آزمایش به راحتی امکان پذیر باشد (۱۳، ۱۴). جهت انجام آنالیز فیزیکی و شیمیایی نیز ۱ L از نمونه آب جکوزی بر اساس شرایط استاندارد و با توجه به عوامل مداخله گر، برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد (۱۵). به علاوه پارامترهای pH، دما، کلر آزاد باقیمانده و کلر ترکیبی در محل نمونه برداری و سایر پارامترهای فیزیکی و میکروبی در آزمایشگاه و طبق دستورالعمل ارائه شده در کتاب روش های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تعیین مقدار گردید (۱۶).

در بررسی های آزمایشگاهی، برای اندازه گیری pH از pH متر دیجیتال (Palintest مدل ۱۰۰۰ Multi)، سنجش کلر آزاد باقیمانده به روش کلرسنجی دیجیتال با قرص (DPD Palintest مدل ۱۰۰۰ Multi) و کیت کلرسنج، دمای آب با دماسنج، کدورت با استفاده از کدورت سنج (EUTECH مدل WLTB۱۰۰۰ CYBERSCAN) و پارامترهای سختی و کلیابیت به روش تیتراسیون تعیین مقدار شدند (۱۳، ۱۶، ۱۷). از نظر شاخص های باکتریولوژیک، جهت تعیین تعداد کلیفرم های مدفوعی از روش تخمیر چند لوله ای، برای تخمین تراکم سودوموناس آیروژینوزا، استرپتوکوک های مدفوعی و استافیلوکوک اورئوس از روش صافی غشایی و برای شمارش باکتری های هتروتروف از روش شمارش بشقابی و بر اساس روش های استاندارد، استفاده شد (۱۶). در نهایت نتایج آزمایشات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی، ثبت و برای توصیف داده ها از نرم افزار SPSS و برای تعیین نرمال و یا غیر نرمال بودن داده ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و سپس آزمون های آماری ANOVA و T-test (برای داده های با توزیع نرمال) یا Kruskal-Wallis و Mann-Whitney (برای داده های غیر نرمال) استفاده شد. به علاوه نتایج حاصل از تحقیق به روش مقایسه با استانداردها نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها

با توجه به نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی انجام شده بر روی آب جکوزی های شهر یزد، حداکثر موارد مطابقت با استانداردهای ملی در رابطه با پارامترهای کدورت، pH، کلر

سودوموناس و کلیفرم مدفوعی به ترتیب در جکوزی شماره ۱ (۶۵۸۳۴ در mL)، ۶ (۴۵۹ در mL)، ۱ (۶۲۱ در mL)، ۱ (۱۱۹ در mL) مشاهده گردید (جدول ۱ و ۲). از نقطه نظر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی، قلیائیت بالاترین درصد موارد نامطلوب (۹۱/۸۵۷٪) را به خود اختصاص داده است (جدول ۳ و ۴). بیشترین آلودگی میکروبی مربوط به باکتری های هتروتروف (۸۳/۸۶٪ نامطلوب) است.

بحث

سودوموناس آيروژینوزا و کلیفرم مدفوعی به ترتیب در ۱۰۰، ۱۶/۱۴، ۶۶/۵، ۳۰/۴۲۸ و ۷۱/۴۳٪ موارد مطلوب بوده است. بیشترین میزان میانگین سختی، قلیائیت، کدورت، دما، pH، کلر آزاد و ترکیبی باقیمانده به ترتیب در جکوزی شماره ۳ (۶۳۰ mg/L CaCO₃)، ۶ (۱۶۳ mg/L CaCO₃)، ۶ (۸/۰۵)، ۲ (۳۹/۴ °C)، ۷ (۲/۱۵ mg/L) و ۴ (۰/۹ mg/L) دیده شده است. در مورد پارامترهای میکروبی، بیشترین میانگین جمعیت باکتری های هتروتروف، استافیلوکوک،

جدول ۱. مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب جکوزی ها

شماره جکوزی	سختی (۱۸۰-۲۵۰ mg/L CaCO ₃)	قلیائیت (۸۰-۱۲۰ mg/L CaCO ₃)	کدورت (حداکثر ۰/۵ NTU)	دما (حداکثر ۴۰°C)	pH (۷/۲-۸)	کلر آزاد باقیمانده (۱-۳ mg/L)	کلر ترکیبی (حداکثر نصف کلر آزاد باقیمانده)
۱	۱۸۷ ± ۱۹/۶۶	۱۴۳ ± ۱۰/۳۳	۰/۲۲ ± ۰/۱۸	۳۷/۷۵ ± ۱/۹۹	۷/۷ ± ۰/۱۹	۰/۲۹ ± ۰/۴۶	۰/۱۶ ± ۰/۰۷۶
۲	۱۷۷ ± ۱۲/۱۱	۱۲۲/۵ ± ۳۸/۱۸	۰/۲۲ ± ۰/۲۱۵	۳۹/۴ ± ۱/۸۰	۷/۹ ± ۰/۱۸۶	۰/۴۵ ± ۰/۴۵۷	۰/۲۳ ± ۰/۱۴
۳	۶۳۰ ± ۵۴/۷۷	۱۳۵ ± ۱۰/۴۹	۰/۴۴ ± ۰/۱۸۹	۳۷/۶ ± ۳/۳۸	۷/۷۷ ± ۰/۱۲۱	۰/۵۸ ± ۰/۳۳۵	۰/۱۸ ± ۰/۱۲۸
۴	۲۵۰ ± ۴۶/۴۸	۱۴۶ ± ۱۲	۰/۷۳ ± ۰/۶۳	۳۸/۲ ± ۱/۲۹	۷/۹۶ ± ۰/۱۰۷	۰/۶۸ ± ۰/۵۴	۰/۹ ± ۰/۵۵
۵	۱۹۰ ± ۷/۰۷	۱۳۲ ± ۱۳/۰۴	۰/۲۱ ± ۰/۱۰۹	۳۸/۴ ± ۳/۹۸	۷/۸۸ ± ۰/۱۵	۰/۰۷ ± ۰/۰۵۶	۰/۲۱ ± ۰/۱۰۹
۶	۲۹۷ ± ۸۹/۶۳	۱۶۳ ± ۲۵/۱۷	۰/۸ ± ۰/۲۶	۳۸/۲ ± ۳/۸۸	۸/۰۵ ± ۰/۷	۰/۱۸ ± ۰/۱۷۸	۰/۲۱ ± ۰/۲۶۶
۷	۱۹۴ ± ۲۵/۱	۱۵۲ ± ۸/۳۷	۰/۵۲ ± ۰/۵۷۸	۳۷/۳ ± ۱/۹۹	۷/۹ ± ۰/۲۷	۲/۱۵ ± ۰/۷۱۸	۰/۴۷ ± ۰/۳۷

جدول ۲. مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترهای میکروبی آب جکوزی ها

شماره جکوزی	باکتری هتروتروف (حداکثر ۲۰۰ در mL)	باکتری استافیلوکوک (حداکثر ۵۰ در ۱۰۰ mL)	باکتری سودوموناس (صفر در ۱۰۰ mL)	باکتری استرپتوکوک مدفوعی (حداکثر ۱۰۰ در ۱۰۰ mL)	باکتری کلیفرم مدفوعی (صفر در ۱۰۰ mL)
۱	۶۵۸۳۴ ± ۴۰۶۵۱/۸	۷۹ ± ۷۴/۸۳	۶۲۱ ± ۸۹۳/۵۶	.	۱۱۹ ± ۱۷۷/۹۳
۲	۱۷۲۵ ± ۷۳۰۵/۸۲	۲۱۵ ± ۳۲۱/۹۲	۵۶۲ ± ۶۰۳/۰۷	.	۳/۲ ± ۶/۰۱
۳	۲۱۴۰ ± ۲۹۶۰۵/۷۴	۴۰ ± ۵۴/۳۹	۹۴ ± ۱۱۵/۲	.	۷/۸ ± ۱۷/۳۰
۴	۸۶۸۶ ± ۱۱۳۹۵	۳۸ ± ۲۹/۹۴	۱۷ ± ۲۵/۸۲	.	.
۵	۴۱۸۲ ± ۳۶۱۲/۶۴	۱۰ ± ۱۱/۰۹	۱۳۰ ± ۱۸۷/۲۷	.	.
۶	۲۴۵۳۳ ± ۲۴۸۰۰	۴۵۹ ± ۷۲۸/۶۴	۳۹ ± ۵۳/۳۰	.	۸۸ ± ۱۳۲/۴۲
۷	۱۳۷۵ ± ۲۴۹۳/۲۶	۴/۴ ± ۴/۰۴	۶/۴ ± ۱۰/۸۳	.	.

جدول ۳. مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب جکوزی ها

پارامترها	میانگین ± انحراف معیار	موارد مطلوب (درصد)	موارد نامطلوب (درصد)
سختی (mg/L CaCO ₃)	۲۷۵ ± ۳۶/۴۰۳	۶۶/۱۴۳	۳۳/۸۵۷
قلیائیت (mg/L CaCO ₃)	۱۴۱/۹۲۸ ± ۱۶/۷۹۷	۸/۱۴۳	۹۱/۸۵۷
دما (°C)	۳۸/۱۲۱ ± ۲/۶۱۶	۷۳/۴۲۸	۲۶/۵۷
pH	۷/۸۸ ± ۰/۲۴۶	۷۷/۵۷۱	۲۲/۴۳
کلر آزاد باقیمانده (mg/L)	۰/۶۲۸ ± ۰/۳۹۲	۲۳/۸۶	۷۶/۱۴۳
کلر ترکیبی باقیمانده (mg/L)	۰/۳۳۷ ± ۰/۳۳۴	۳۹/۱۴۳	۶۰/۸۶

جدول ۴. مقادیر میانگین، انحراف معیار و درصد موارد مطلوب و نامطلوب پارامترهای میکروبی آب جکوزی ها

پارامترها	میانگین \pm انحراف معیار	موارد مطلوب (درصد)	موارد نامطلوب (درصد)
باکتری هتروتروف (حداکثر ۲۰۰ در mL)	۲۰۴۶۵/۷۱ \pm ۱۷۱۲۳/۴۶۶	۱۶/۱۴	۸۳/۸۶
باکتری استافیلوکوک (حداکثر ۵۰ در mL ۱۰۰)	۱۲۰/۷۷۱ \pm ۱۷۴/۹۷۸	۶۶/۵۰	۳۳/۵
باکتری سودوموناس (صفر در mL ۱۰۰)	۲۰۹/۹۱۴ \pm ۲۵۵/۵۷۸	۳۰/۴۲۸	۶۹/۵۷
استرپتوکوک مدفوعی (حداکثر ۱۰۰ در mL ۱۰۰)	۰	۱۰۰	۰
کلیفرم مدفوعی (صفر در mL ۱۰۰)	۳۱/۱۴۳ \pm ۴۷/۶۶۶	۷۱/۴۳	۲۸/۵۷

و مقادیر بالای pH باعث رسوب گذاری، کاهش کارایی کلر و کدر شدن آب (ابری شدن) می شود (۱۳). بررسی واکنش یونیزاسیون اسید هیپوکلرو نشان می دهد که در pH پایین، کلر بیشتر بصورت اسید هیپوکلرو (HOCL) و در pH بالا، عمدتاً به شکل یون هیپوکلریت (OCL-) در آب است. طبق نظریه Muris، اثر اسید هیپوکلرو در گندزدایی باکتری های مدفوعی و تک سلولی ها ۱۰۰ بار بیشتر از یون هیپوکلریت است. بنابراین با افزایش pH، قدرت گندزدایی کلر به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد (۲۰). در مطالعه حاضر، میانگین pH آب استخرها ۷/۸۸ بوده که با استانداردهای ملی (۷/۲-۸) تطابق داشته ولی در مجموع pH نمونه آب جکوزی ها در ۲۲/۴۳٪ از موارد، نامطلوب بوده است.

سختی و قلیائیت از جمله عوامل شیمیایی است که دارای حدود استاندارد ملی در آب استخرها و جکوزی ها بوده و بر خورنده و یا رسوب دهنده بودن آب و در نتیجه کاهش عمر مفید تأسیسات استخرهای شنا مؤثر هستند (۲۱). به عبارتی این دو پارامتر عمدتاً از نگاه فنی - اقتصادی اهمیت دارند. بر اساس نتایج از مجموع ۴۲ نمونه مورد آزمایش، از نظر سختی در ۳۳/۸۵۷٪ موارد، نامطلوب (بیش از حد استاندارد) و از نظر قلیائیت ۹۱/۸۵۷٪ موارد، نامطلوب بوده است.

کدورت باعث کاهش شفافیت آب می شود. پیشنهاد می شود که کدورت آب به گونه ای حفظ شود که از کنار استخر، خط کشی کف استخر یا دیگر علائم کف استخر در عمیق ترین نقطه آن به وضوح دیده شود. به منظور گندزدایی مؤثر، مقدار کدورت آب جکوزی ها باید در حد ۰/۵ NTU باشد (۲ و ۲۲). مقادیر بیش از حد استاندارد کدورت باعث افت کیفیت آب و نیز

مجموعه های آبی در فصول مختلف بویژه در فصل تابستان مراجعه کنندگان زیادی داشته و رعایت نکات بهداشت فردی، بهداشت محیط و عدم آلودگی آب این مجموعه ها اهمیت ویژه ای در سلامت شناگران دارد. بر اساس استاندارد شماره ۱۱۲۰۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران کلیه الزامات عمومی ارائه شده جهت استخرهای شنا در جکوزی (استخر آبگرم) نیز باید رعایت شود (۴).

دما، pH، قلیائیت و سختی آب فاکتورهای اصلی در تعیین تعادل آب شیمیایی هستند (۱۵). به منظور اطمینان از بهترین شرایط بهره برداری برای انواع گندزدهای مورد استفاده در جکوزی ها، دما باید بطور منظم سنجش گردد (۱۸). درجه حرارت آب از جمله عوامل مؤثر بر گندزدایی بوده و باید در حد مقادیر توصیه شده، تنظیم شود. دمای بالای آب در جکوزی ها می تواند باعث خواب آلودگی شناگران شده که این امر ممکن است منجر به از دست دادن هوشیاری یا گرمزدگی و مرگ شود. به علاوه دماهای بالاتر باعث ناراحتی برای استفاده کنندگان و افزایش دمای بدن (hyperthermia) می شود (۲، ۱۸ و ۱۹). مطابق با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، میزان درجه حرارت آب در ۲۶/۵۷٪ از موارد، نامطلوب بوده است.

pH یکی دیگر از پارامترهای کیفی مورد مطالعه در این تحقیق است. pH آب جکوزی به منظور کارایی مطلوب گندزدها باید در محدوده ۷/۲-۸ باشد. ترکیبات شیمیایی مورد نیاز جهت تنظیم pH، معمولاً به اسیدی یا قلیایی بودن گندزدای مورد استفاده، وابسته است (۲). مقادیر پایین pH باعث خوردگی لوله ها و اتصالات انتقال آب و همچنین ایجاد عوارضی همچون ایجاد لک، تحریک و سوزش چشم و پوست شناگران

است (۳ و ۲) که در مطالعه حاضر در ۷۱/۴۳٪ نمونه‌ها، کیفیت آب در حد استاندارد بوده است.

سودوموناس آئروژینوزا یکی دیگر از باکتری‌های شاخص بوده که در آب، پوشش گیاهی و خاک وجود دارد و انتقال آن به استخر از طریق انسان آلوده و همچنین محیط اطراف صورت می‌گیرد (۱۵). پایش منظم سودوموناس آئروژینوزا در وان‌های آبگرم عمومی و نیمه عمومی و چشمه‌های آب-گرم طبیعی توصیه شده است. کنترل رشد گونه‌های لژیونلا و سودوموناس آئروژینوزا در جکوزی‌ها نسبت به استخرها دشوارتر است. زیرا طراحی و بهره‌برداری از جکوزی‌ها به منظور دستیابی به حد مطلوب مواد گندزدا در آنها مشکل‌تر است. در صورتی که شمارش بالایی از سودوموناس آئروژینوزا در آب مشاهده شود، باید کدورت، غلظت گندزدا باقیمانده و pH کنترل گردد و نمونه برداری مجدد صورت گیرد. در صورتی که میزان سودوموناس آئروژینوزا همچنان بالا باشد باید جکوزی تعطیل و آب آن تخلیه شود و پس از تمیز کردن دوباره آگیری شود (۲). درجه حرارت آب جکوزی‌ها نسبتاً بالاست و نگهداری مناسب کلر آزاد باقیمانده دشوار است، از این رو احتمال بقاء سودوموناس و دیگر عوامل بیماری‌زا در این شرایط زیاد است. عفونت‌های پوستی و چشمی ناشی از سودوموناس آئروژینوزا در چندین تحقیق گزارش شده است (۹ و ۳۰-۳۲). عمده‌ترین مخاطره بهداشتی ناشی از حضور سودوموناس آئروژینوزا، فولیکولیت بوده که اصلی‌ترین علت‌های آن شامل مدت یا تعداد تماس‌ها با آب، تعداد شناگران و سن شناگران است (۲، ۹ و ۳۳). دمای زیاد آب و اختلاط شدید در جکوزی‌های هوادهی شده سبب افزایش ورود تعرق و سلول‌های پوست به داخل آب می‌شود. این مواد، باکتری‌ها را از تماس با گندزداها باز داشته و مواد آلی موجود در آب را افزایش می‌دهند (۲ و ۱۰). محققین بر این باورند که آبگرم سبب فوق‌اشباع شدن پوست، بزرگ شدن حفره‌های پوستی و تسهیل ورود سودوموناس آئروژینوزا به آن می‌شود (۲ و ۹). مطالعات قبلی نشان داد که سودوموناس را می‌توان از آبگرم با داشتن ۳-۲ mg/L کلر باقیمانده، جدا کرد (۲۵). طی مطالعه‌ای توسط Price و Ahearn (۱۹۸۸)، سودوموناس آئروژینوزا از ۹ جکوزی مورد بررسی (که هفت

ایجاد خطر جدی برای سلامتی شناگران می‌شود (۲). میانگین کدورت در آب جکوزی‌های مورد مطالعه برابر با NTU ۰/۴۵۷ بوده که با استاندارد، مطابقت داشته است. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، ۲۶/۷۱٪ از نمونه‌های آب مورد بررسی دارای کدورت بیش از حد مجاز بوده‌اند.

کلر، معمول‌ترین گندزداي مورد استفاده در آب استخرها و جکوزی‌ها است. استفاده مداوم از جکوزی امکان آلودگی آن را افزایش می‌دهد. غلظت کلر آزاد پیشنهادی برای آب جکوزی‌ها، ۴-۲ mg/L است، با این حال در شرایطی که جکوزی در حال استفاده است، سطح ایده‌آل کلر، ۳ mg/L است (۱۳، ۱۸، ۲۳ و ۲۴). به نظر می‌رسد کلر آزاد باقیمانده ۳-۲ mg/L در غیر فعال کردن ارگانسیم‌ها در این شرایط مؤثر باشد (۲۵ و ۲۶). در جکوزی‌ها به علت تراکم شناگران و دمای بالاتر آب، باید میزان غلظت باقیمانده کلر بالاتر (۳-۲ mg/L) باشد تا از گندزدایی اطمینان حاصل شود (۲). لازم به ذکر است که جکوزی هر هفته یکبار باید تا حد ۱۰ mg/L توسط کلر، گندزدایی (فوق کلرینه) شود (۴). پیشنهاد کلی وجود حداقل ۱ mg/L کلر آزاد باقیمانده در آب در طی شرایط زمانی مختلف است. به علاوه غلظت کلر ترکیبی باید کمتر از ۱ mg/L باشد (۱۳، ۲۷). نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر نشان‌دهنده نامطلوب بودن میزان کلر آزاد باقیمانده در ۷۶/۴۳ درصد از نمونه‌ها است. Sadeghi و همکاران (۱۳۸۷) طی مطالعه‌ای، وضعیت بهداشتی استخرهای شنای شهر مشهد طی سال‌های ۸۳ تا ۸۶ را مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج این محققین، میانگین کلر باقیمانده در جکوزی‌ها برابر با ۲/۶۷ mg/L و میانگین کشت میکروبی برابر با ۴۱۴ بود (۲۸). میانگین کلر آزاد باقیمانده و ترکیبی در جکوزی‌های شهر یزد به ترتیب برابر با ۰/۶۲۸ mg/L و ۰/۳۳۷ بوده است.

سنجش کیفیت میکروبی آب استخرهای شنا عمدتاً با استفاده از باکتری‌های شاخص آلودگی آب نظیر کلیفرم‌های گرم‌پای، سودوموناس آئروژینوزا، استافیلوکوکوس اورئوس، لژیونلا، گونه‌های مایکوباکتریوم و لپتوسپیرا استفاده می‌شود (۲۹ و ۴). کلیفرم‌های گرم‌پای و اشرشیاکلی شاخص‌های آلودگی مدفوعی آب هستند. میزان رهنمود برای کلیفرم‌های گرم‌پای در آب جکوزی‌ها کمتر از یک عدد در ۱۰۰ mL پیشنهاد شده

بود. DE Araujo و همکاران (۱۹۹۰) در مطالعه خود، اظهار داشتند که آب های تفریحی که تعداد شناگران آن زیاد باشد، خطر انتقال عفونت های استافیلوکوکی را دارند که این خطر با بیماری های اسهالی با منشأ آلودگی مدفوعی قابل مقایسه است (۳۶).

استرپتوکوک های مدفوعی به عنوان یکی دیگر از ارگانیسم های شاخص جهت پایش کیفیت میکروبی آب های تفریحی است. این میکروارگانیسمها، معمولاً مقیم مجرای روده ای انسان و حیوانات خونگرم بوده و جهت ردیابی آلودگی مدفوعی آب بکار میروند (۳۷). حداکثر تعداد مجاز استرپتوکوک های مدفوعی در آب جکوزی برابر با ۱۰۰ عدد در mL ۱۰۰ است، که در تحقیق حاضر استرپتوکوک مدفوعی در هیچ یک از نمونه ها یافت نشد. باکتری های هتروتروف، باکتری هایی هوازی و بی هوازی اختیاری بوده و متعلق به جنس های کلبسیلا، آئروموناس، فلاووباکتریوم، انتروباکتر، سیتروباکتر، اسنیتوباکتر، پروتوس، سراتیا، آلکالیژنس، انتروباکتر و موراکسلا هستند. بعضی از اعضای این گروه مانند آئروموناس و فلاووباکتریوم، پاتوژن های فرصت طلب هستند. درباره تأثیرات تعداد زیاد باکتری های هتروتروف روی سلامتی انسان اطلاعات کمی در دست است (۳۷). حداکثر مجاز جمعیت باکتری های هتروتروف (HPC) برابر با ۲۰۰ در هر mL آب است که این میزان در مطالعه حاضر بطور میانگین برابر با ۲۰۴۶۵/۷۱ در هر mL است.

آنالیز آماری داده های حاصل از این تحقیق با استفاده از آزمون های آماری ANOVA و T-test نشان داد که بین کدورت و pH (pvalue=۰/۰۱۸) رابطه مستقیم و بین جمعیت باکتری های هتروتروف و کلر آزاد باقیمانده (pvalue=۰/۰۲۶) رابطه معکوسی وجود دارد.

نتیجه گیری

بررسی کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که از نظر ویژگی های میکروبی، بیشترین موارد عدم مطابقت با استاندارد مربوط به باکتری های سودوموناس و هتروتروف ها بوده که ضرورت پایش کلر باقیمانده و نظارت دقیق بر عملکرد سیستم های تصفیه و گندزدایی آب را نشان می دهد. با این

مورد آن عمومی و دو مورد خانگی بودند)، جدا شد (۲ و ۱۰). جمعیت این باکتری در اکثر جکوزی ها بین ۱۰۰ الی ۱۰۵ عدد در هر mL بود. در هیچ یک از جکوزی های عمومی بررسی شده، استانداردهای محلی گندزدایی (۳-۵ mg/L کلر یا برم باقیمانده) رعایت نشده بود. در این تحقیق، ۲۴h الی ۴۸ بعد از گندزدایی تعداد سودوموناس آئروژینوزا در دو مورد جکوزی های خانگی ۱۰۴ تا ۱۰۶ عدد در هر mL گزارش گردید (۲). در سال ۲۰۰۲، Moore و همکاران، در ایرلند شمالی و انگلستان حضور سودوموناس آئروژینوزا را در ۷۲٪ جکوزی ها و ۳۸٪ استخرهای شنای مورد بررسی، تأیید کردند (۱۲). Shaw در سال ۱۹۸۴ نشان داد که برای کنترل سودوموناس آئروژینوزا، کلر مؤثرتر از برم عمل می کند. وی در یک بررسی گزارش کرد که علی رغم وجود برم باقیمانده ۵ mg/L در pH=۷/۵، سودوموناس آئروژینوزا در آب مشاهده شده است بطوری که در ۵٪ از جکوزی های گندزدایی شده با برم و در ۰/۸٪ از جکوزی های گندزدایی شده با کلر، سودوموناس وجود داشته است (۳۴). برای استخرهایی که بطور مداوم گندزدایی می شوند، سطح سودوموناس آئروژینوزا کمتر از ۱/۱۰۰ mL و در جایی که جکوزی بدون هیچ باقیمانده گندزدایی بهره برداری می شود، کمتر ۱۰/۱۰۰ mL پیشنهاد می شود (۳). بطور کلی جکوزی که خوب بهره برداری شده باشد، نباید حاوی سودوموناس آئروژینوزا باشد (۱۵). در تحقیق حاضر تعداد این باکتری در آب جکوزی ها بطور میانگین برابر با ۲۰۹/۹۱۴ در mL ۱۰۰ بود بطوری که در ۶۹/۵۷٪ موارد، کیفیت آب نامطلوب بوده است.

استافیلوکوک اورئوس عامل عفونت های پوستی، چشمی، التهاب گوشخارجی، عفونت مجرای ادرار و زرد زخم بوده و در مخاط بینی، پوست و مدفوع انسان وجود دارد (۱۵). تخلیه مخاط های بینی، گوش، چشم و گلو در آب بوسیله شناگران، دفع ادرار بصورت ناخواسته و شسته شدن آلودگی های پوستی شناگران در آب، احتمال بیماری های با منشأ استافیلوکوک- اورئوس را افزایش می دهد (۳۵). بر اساس استانداردهای ملی ایران، حداکثر مجاز این باکتری در آب استخر شنا و جکوزی ها ۵۰ عدد در mL ۱۰۰ است. در مطالعه حاضر بطور میانگین جمعیت این باکتری برابر با ۱۲۰/۷۷۱ در mL ۱۰۰

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی با عنوان بررسی وضعیت کیفیت فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیک آب استخرهای شنای شهرستان یزد مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید صدوقی یزد در سال ۱۳۹۰ با کد ۱۵۳۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید صدوقی یزد اجرا شده است.

حال مطالعات محدودی در داخل و خارج از کشور در زمینه کیفیت آب جکوزی‌ها انجام شده و استانداردهای شفاف و جداگانه‌ای در رابطه با آب جکوزی در کشور تدوین نشده که با توجه به رهنمودهای WHO ضروری به نظر می‌رسد.

منابع

1. ISIRI. Water used in bathing facilities - Treatment and disinfection, Part 1: General requirements, Standard number 13192-1. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2010 (in Persian).
2. Nabizadeh R, Aslani H, Nemati R. Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Swimming Pools and Similar Environments. Tehran: Mezrab Publication; 2006 (in Persian).
3. WHO. Guidelines for Safe Recreational-water Environments - Swimming Pools, Spas and Similar Recreational-water Environments. Geneva: World Health Organization; 2004.
4. ISIRI. Swimming pools - General requirements, Standard number 11203. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2008 (in Persian).
5. Health Protection Agency and Health Safety Executive. Management of Spa pools, controlling the Risks of infection. London: Health Protection Agency and Health Safety Executive; 2006.
6. Ohio and Nebraska. Centers for Disease Control and Prevention and Morbidity and Mortality Weekly Report. Protracted outbreaks of cryptosporidiosis associated with swimming pool use. 2001;285(23):2967-72.
7. Falkinham JO. Mycobacterial aerosols and respiratory disease. Emerging Infectious Diseases. 2003;9(7):763-67.
8. WHO. Legionella and the Prevention of Legionellosis. Geneva: World Health Organization; 2007.
9. Ratnam S, Hong K, March SB, Butler RW. Whirlpool-associated folliculitis caused by *Pseudomonas aeruginosa*: Report of an outbreak and review. Journal of Clinical Microbiology. 1986;23(3):655-59.
10. Price D, Ahearn DG. Incidence and persistence of *Pseudomonas aeruginosa* in whirlpools. Journal of Clinical Microbiology. 1988;26(9):1650-54.
11. McEvoy M, Batchelor N, Hamilton G, MacDonald A, Faiers M, Sills A, et al. A Cluster of cases of legionnaires' disease associated with exposure to a spa pool on display. Communicable Disease and Public Health. 2000;3(1):43-45.
12. Moore JE, Heaney N, Millar BC, Crowe M, Elborn JS. Incidence of *Pseudomonas aeruginosa* in recreational and hydrotherapy pools. Communicable Disease and Public Health. 2002;5(1):23-26.
13. Münzberg R. Handbook of Swimming Pool and Spa Pool Water Treatment. Germany: Tintometer GmbH; 2011.
14. ISIRI. Water quality- Sampling for microbiological examination of water- Code of practice, Standard number 4208. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1992 (in Persian).
15. WHO. Guidelines for safe Recreational Water Environments: Swimming Pools and Similar Environments. Geneva: World Health Organization; 2006.
16. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
17. ISIRI. Water - Determination of water hardness, Standard number 2356, 3rd ed. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1982 (in Persian).

18. Government of South Australia. Water quality fact sheet, private spa pools: A maintenance guide for owners. Australia: Department of Health, Government of South Australia; 2008.
19. Press E. The health hazards of saunas and spas and how to minimize them. *American Journal of Public Health*. 1991;81(8):1034-37.
20. Kawamura S. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*, 2nd ed. New York: John Willy & Sons; 2000.
21. Ministry of Health and Medical Education. *Guidelines of Swimming pools water health control*. Tehran: Ministry of Health and Medical Education; 2006.
22. ISO. *Water quality-Determination of turbidity, ISO 7027*, 3rd ed. Geneva: International Organization for Standardization; 1999.
23. Recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control, Practices Advisory Committee. *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention; 2003.
24. Davis BJ. Whirlpool operation and the prevention of infection. *Infect Control*. 1985;6(10):394-97.
25. Salvato JA, Nemerow NL, Agardy FJ. *Environmental Engineering*. 5th ed. New York: John Wiley & Sons; 2003.
26. Kushand BJ, Hoadley AW. A preliminary survey of the association of *Pseudomonas aeruginosa* with commercial whirlpool bath waters. *American Journal of Public Health*. 1980;70(3): 279-81.
27. ISIRI. *Water used in bathing facilities - Treatment and disinfection, Part 2: Combined adsorption, coagulation, and filtration and chlorination method*, Standard number 13192-2. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2010 (in Persian).
28. Sadeghi A, Hasani AA, Pezeshk Y, Jaber A, Rahimi L. Investigation of health condition of Mashhad City swimming pools at 83-86 years and effect of pools managers' education at development of health conditions. *Proceedings of the 11th National Conference of Environmental Health*; 2009 Oct 28-29; Zahedan, Iran (in Persian).
29. Martins MT. Assessment of microbiological quality for swimming pool in South America. *Water Research*. 1999;29(10):2417-20.
30. Gustafson TL, Band JD, Hutcheson RH, Schaffner Jr. *Pseudomonas folliculitis: an outbreak and review*. *Reviews of Infectious Diseases*. 1983;5(1):1-8.
31. McCausland WJ, Cox PJ. *Pseudomonas infection traced to motel whirlpool*. *Journal of Environmental Health*. 1975;37:455-59.
32. Atlanta GA. *Morbidity and Mortality Weekly Report*. USA: Centers for Disease Control and Prevention, *Rash Associated with Use of Whirlpools-Maine*; 1979.
33. Centers for Disease Control and Prevention, *Morbidity and Mortality Weekly Report*. *Pseudomonas dermatitis/folliculitis associated with pools and hot tubs- Colorado and Maine, 1999-2000*. *The Journal of the American Medical Association*. 2001;285(2):157-58.
34. Shaw JH. A Retrospective comparison of the effectiveness of bromination and chlorination in controlling *Pseudomonas aeruginosa* in spas (whirlpools) in Alberta. *Canadian Journal of Public Health*. 1984;75(1):61-68.
35. Yousefi Z. Determination of swimming pool water contamination status to *Staphylococci* Oreos in Sari city. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010;2(3):178-87 (in Persian).
36. DE Araujo MA, Guimaraes VF, Mendonca-Hagler LCS, Hagler AN. *Staphylococcus aureus* and faecal streptococci in fresh and marine waters of Rio de Janeiro, Brazil. *Revista de Microbiologia*. 1990;21(2):141-47.
37. Bitton G. *Wastewater Microbiology*. 3rd ed. New Jersey: John Willy & Sons; 2005. p. 154-60.

Investigation of the Physical, Chemical and Microbial Quality of Yazd Spa pools, Water (Jacuzzi) in 2011

Ghaneian Mohammad Taghi¹, Amrollahi Mohsen¹, Ehrampoush Mohammad Hassan¹, *Dehvari Mahboobeh¹

¹Department of Environmental Health, Faculty of Health, Shahid sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 21 September 2012 ; Accepted: 9 June 2012

ABSTRACT

Background and Objectives: Water complexes including Jacuzzi are among the most popular water recreation centers that noncompliance with health standards can lead to increased microbial growth in water and thus the risk of infection. This study aimed at comprehensive study of jacuzzis water in Yazd city and comparing the results with national and international standards.

Materials and Methods: This was a descriptive - analytical study that statistical society included all Jacuzzis of Yazd city. Sampling of jacuzzis was performed every two weeks for 3 months (Summer 2011). We tested the water samples for parameters such as temperature, pH, amount of residual chlorine, turbidity, alkalinity, hardness, the population of heterotrophic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, fecal streptococci, and fecal coliforms accordance with standard methods. The SPSS software and ANOVA, T-test statistical tests, and/or Kruskal-Wallis, and Mann-Whitney were used for description of data and the obtained results were analyzed by comparing with standards.

Results: we found that the mean of residual free and combined chlorine was equal to 0.628 and 0.337 mg/l respectively. The alkalinity and hardness were 141.928 and 275 mg/1CaCO₃ respectively. Mean of pH, turbidity and temperature were equal to 7.88, 0.457 NTU and 38.121 °C respectively. Moreover, the mean population of fecal streptococci bacteria, heterotrophic bacteria, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and fecal coliforms were 20465.7, 120.77, 209.91 and 31.143 in 100 ml respectively. Statistical analysis of data showed that there is a direct relationship between water turbidity and pH (Pvalue=0.018); however, population of heterotrophic bacteria and residual free chlorine had indirect relationship (Pvalue= 0.026).

Conclusion: According to the results achieved, the parameters of heterotrophic bacteria population and alkalinity had the least compliance with the standard indicating the need for continuous monitoring of physical, chemical, and microbial parameters of Jacuzzi water and control of the number and density of people using Jacuzzi and continuous monitoring of Jacuzzi water filtration and chlorination process performance.

Keywords: Jacuzzi, physical quality, chemical quality, microbiological quality, water treatment, Yazd

*Corresponding Author: mahboobehdehvari@yahoo.com

Tel: +98 3516238555, Fax: +98 3516238555