Determination of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools water of Bandar Abbas, Iran

Z. Kheradpisheh, MSc [1] T. Aghamolaei, PhD [2] K. Dindarloo, MSc [3] M. Salehi, Najafabadi, MSc [4]
A.H. Madani, PhD [5]

Instructor Department of Health [1] , Associate Professor Department of Health [2] , Assistant Professor Department of Health [3] , Research Center for Social Determinant in Health , MSc of Chemistry [4] , Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

(Received 7 Apr, 2010 Accepted 26 Oct, 2011)

ABSTRACT

Introduction: Chlorination has been used as a major disinfectant process for public drinking and swimming pool water in many countries. However, it was concern over the disinfection byproducts (DBPs) by the reaction of chlorine with organic material in water and the effect on human health. The purpose of this study was to determination trihalomethane concentrations in indoor swimming pools water of Bandar Abbas.

Methods: Water samples were collected from five different indoor swimming pools in Bandar Abbas. A total of 15 pool samples were collected and analyzed for determination of chloroform, TOC, EC, Turbidity. Trihalomethane (chloroform) analysis by the GC system was performed with ECD detector. Water and air temperature and the amount of residual chlorine and PH levels were measured at the site.

Results: In this study, mean concentration of chloroform in swimming pool water was 93.48 micrograms per liter and the mean concentration of total organic carbon (TOC) in swimming pool was 9.58 milligrams per liter. There was a correlation between chloroform and TOC ($r = 0.49$, $P<0.05$), between number of swimmer and chloroform ($r = 0.636$, $P<0.01$) and between residual chlorine and chloroform ($r = 0.639$, $P<0.01$).

Conclusion: High concentration of trihalomethane was found in Bandar Abbas swimming pools. The difference between the number of swimmers, water temperature, residual chlorine, and TOC influence on Trihalomethane Concentrations between pools is more than within pools.

Correspondence:
Z. Kheradpisheh, MSc.
Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences.
Bandar Abbas, Iran
Tel:+98 761 3338583
Email:
z.kheradpisheh@yahoo.com

Key words: Swimming Pools – Disinfection - Trihalomethanes

تعیین غلظت تریهالومتان در آب استخرهای شنا بندرعباس

زهره خردپیشه [۱] دکتر تیمور آقاملایی [۲] دکتر کاووس دیندارلو [۳] مجید صالحی نجف‌آبادی [۴] دکتر عبدالحسین مدنی [۲]

[۱] مربی گروه بهداشت محیط، [۲] دانشیار گروه بهداشت، [۳] استادیار گروه بهداشت، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت خلیج فارس، [۴] کارشناس ارشد شیمی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان

مجله پزشکی هرمزگان سال شانزدهم شماره ششم بهمن و اسفند ۹۱ صفحات ۴۶۱-۴۵۵

چکیده

مقدمه: *برای سالیان است که کلرزنی به عنوان مهمترین فرآیند گندزدایی برای آب استخرهای شنا و نیز آب آشامیدنی در بسیاری از کشورها از جمله کشور ایران به کار برده می‌شود. اما، همیشه نگرانی در ارتباط با شکل‌گیری محصولات جانبی گندزدایی DBPs در اثر ترکیب کلر با مواد آلی موجود در آب و اثرات ان بر روی سلامتی انسانها وجود داشته است. هدف از این مطالعه تعیین غلظت تریهالومتانها در آب استخرهای شنای بندرعباس است.*

روش کار: *نمونه‌های آب از پنج استخر شنا بندرعباس جمع‌آوری شد. تعداد ۱۵ نمونه آب جهت تعیین کلروفرم، TOC، کدورت و هدایت الکتریکی (EC) مورد تجزیه قرار گرفتند. قرار گرفت. تجزیه تریهالومتان (کلروفرم) توسط دستگاه GC با دتکتور ECD انجام شد. درجه حرارت آب و محیط، میزان کلر باقیمانده و میزان PH نمونه‌ها در محل اندازه‌گیری شد.*

نتایج: *در این مطالعه میانگین غلظت کلروفرم در آب استخر ۹۳/۴۸ میکروگرم در لیتر بود و میانگین غلظت کل کربن آلی (TOC) ۹/۵۸ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. رابطه معنی‌داری بین غلظت کلروفرم و TOC ($p< ۰/۰۵$ ، $r = ۰/۴۹$)، بین تعداد افراد شناگر و غلظت کلروفرم ($p< ۰/۰۱$ ، $r = ۰/۶۳۶$) و همچنین بین کلر باقیمانده و غلظت کلروفرم ($p< ۰/۰۱$، $r = ۰/۶۳۹$) بدست آمد.*

نتیجه‌گیری: *غلظت بالایی از تریهالومتان در آب استخرهای شنا بندرعباس بدست آمد. اختلاف بین تأثیر تعداد افراد شناگر، درجه حرارت آب استخر، کلر باقی مانده و TOC بر روی غلظت کلروفرم تشکیل شده بیشتر در بین استخرها دیده شد تا در داخل استخرها.*

نویسنده مسئول:
زهره خردپیشه
دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان
بندرعباس - ایران
تلفن: ۳۳۲۸۵۸۳ ۷۶۱ ۹۸+
پست الکترونیکی:
z.kheradpisheh@yahoo.com

کلیدواژه‌ها: استخرهای شنا - گندزدایی - تریهالومتان

دریافت مقاله: ۸۹/۱/۱۸ اصلاح نهایی: ۹۰/۶/۲۳ پذیرش مقاله: ۹۰/۸/۴

مقدمه:

استخرهای شنا یکی از پرطرفدارترین و جذاب‌ترین مراکز ورزشی محسوب می‌شود و اثرات بسیار سازنده در تأمین سلامت جسمی و روانی انسان دارد که در صورت عدم رعایت موازین بهداشتی می‌توانند همانند یک منبع بالقوه انتشار آلودگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی عمل نماید (۱،۲). جهت گندزدایی آب استخرهای شنا از روشهای مختلفی استفاده می‌شود که رایج‌ترین آنها در ایران و به خصوص در شهر بندرعباس کلرزنی می‌باشد. زمانی که کلر به آب استخر اضافه می‌شود، با مواد آلی موجود در آب شامل: باقیمانده‌های پوستی و مواد آرایشی روی بدن، چربی، عرق بدن و ... واکنش داده و انواع ترکیبات جانبی گندزداها از جمله THMs را ایجاد می‌کند که شامل: کلروفرم $CHCL_3$، برومودی کلرومتان $CHCL_2Br$، کلرودی برومو متان $CHCLBr_2$، بروموفرم $CHBR_3$ می‌باشد که کلروفرم عمده ترین ترکیب THMs است (۳،۴). آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان، کلروفرم را به عنوان ماده سرطان‌زا در 2B طبقه‌بندی کرده است. این ماده علاوه بر سرطان‌زایی باعث آسیب‌هایی به دستگاه تناسلی مثل: سقط خود به خودی جنین، تولد نوزاد با وزن کم، نقص لوله عصبی در نوزاد، نقص مجاری ادراری می‌شود (۷-۵). اصلی‌ترین نگرانی‌هایی که در رابطه با THMs از گذشته وجود دارد صدمات وارده به کبد، کلیه‌ها و سیستم اعصاب مرکزی و افزایش خطر سرطان مثانه است (۱۰-۸). در سال ۲۰۰۱، EPA مقادیر حداکثر غلظت مجاز (MCL) را برای کل ترکیبات THMs حدود ppm ۰/۰۸ و مقادیر اهداف حداکثر غلظت مجاز یا (MCLGs) را برای برومودی کلرومتان $CHCL_2Br$ برابر صفر، برای بروموفرم $CHBR_3$ برابر صفر و برای کلرودی برومو متان $CHCLBr_2$ حدود ppm ۰/۰۶ تعیین کرد (۳۸،۱۱). راههای گوناگونی برای

ورود تریهالومتانها به بدن انسان وجود دارد که به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از: خوردن و آشامیدن، جذب پوستی، استنشاق که از این راهها بیشترین تماس برای شناگران از طریق جذب پوستی دیده می‌شود، زیرا سطح بزرگی از پوست در معرض آلاینده قرار می‌گیرد و نیز از طریق تنفس نیز صورت می‌گیرد (۶). به همین دلیل در خطوط راهنمای WHO، از مقادیر استاندارد آب آشامیدنی برای آب استخرهای شنا مورد استفاده قرار گرفته است و ذکر شده که خطر حضور THMs بسیار جدی تر از حضور پاتوژنها در آب می‌باشد (۱۲). به منظور اجرای روشهای کنترل THMs باید خصوصیات تشکیل THMs به خوبی فهمیده شود. چهار تعریف اساسی برای THMs وجود دارد که عبارتند از: ۱- THMs لحظه‌ای: غلظت THMs در لحظه نمونه‌برداری ۲- THMs پایانی: غلظت THMs در دورترین نقطه شبکه توزیع ۳- پتانسیل تشکیل THMs: پتانسیل تشکیل آنها از طریق تفریق غلظت THMs لحظه‌ای از انتهایی تعیین می‌شود ۴- حداکثر پتانسیل کل THMs: این مقدار بیانگر حداکثر غلظت THMs تحت مطلوبترین شرایط برای تشکیل THMs می‌باشد که این شرایط عبارت است از: (درجه حرارت ۲۵ درجه سانتیگراد و کلر باقی مانده آزاد ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر با ۹-۹/۵= ph) میزان تشکیل THMs و غلظت THMs پایانی بستگی به شش عامل دارد که عبارتند از: ۱- پیش سازهای آلی ۲- مقدار کلر باقیمانده آزاد، ۳- دمای آب، ۴- PH آب، ۵- غلظت برم، ۶- زمان تماس کلر. بر این اساس مهمترین راه حذف تری هالومتانها از آب، حذف پیش‌سازهای آن و یا همان مواد آلی موجود در آب از جمله TOC قبل از کلرزنی آب می‌باشد. (۱۳). تشکیل محصولات جانبی گندزدایی آبها (Disinfection by-products) به خصوص ترکیبات تری‌هالومتان‌ها (THMs) در سالهای اخیر منجر به انجام تحقیقات گسترده‌ای در بسیاری از کشورهای جهان شده است. به طور مثال: اردینگرو همکارانش در سال ۲۰۰۶ وجود ترکیبات شیمیایی آلی در عرق، ادرار، باقیمانده صابون بر روی بدن، مواد آرایشی، کرم‌های ضدآفتاب سوختگی را از عوامل تشکیل‌دهنده محصولات جانبی گندزدایی آب به خصوص (THMs) می‌دانند (۱۴). کریستین و سوسان ریچاردسون در سال ۲۰۰۷ بررسی روی آب استخرهای شنا انجام دادند و نتیجه گرفتند که اکثر استخرهای شنایی که با گاز و یا پودر کلر گندزدایی می‌شوند، دارای ترکیبات جانبی گندزدایی هستند که حتی بر روی افراد دیگر که شناگر نیستند و در استخر حضور دارند، از طریق استنشاق تأثیر می‌گذارد (۱۵). کاترینا و همکارانش در سال ۲۰۰۷ تحقیقی بر روی تأثیر آب استخر تصفیه شده با کلر انجام دادند و مقدار تریهالومتانها در خون و ادرار شناگران و آب استخر را اندازه‌گیری کردند (۱۶). کیم هکاپ در سال ۲۰۰۲، تشکیل ترکیبات جانبی گندزداها را در استخر مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق عمده‌ترین ترکیب تشکیل شده کلروفرم بود (۱۷).

اردینگر و همکارانش در سال ۲۰۰۴ راههای افزایش تشکیل تریهالومتانها در استخرهای شنا را بررسی کردند و نشان دادند که دوش گرفتن و شنا در استخرها می‌تواند مقادیری از تریهالومتانها را از طرق مختلف مثل: تنفس، دهانی و پوستی وارد بدن بنماید (۵). با توجه به بحث سرطان‌زا بودن ترکیبات تریهالومتان و نیز با توجه به شرایط ویژه بندرعباس از نظر اقلیمی و کثرت متقاضیان و نیز فعال بودن تعداد زیادی استخر با دوره بهره‌برداری طولانی، اطلاع از وضعیت تریهالومتانها در آب استخرهای شنای این شهر ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق تعیین غلظت تری هالومتانها در آب استخرهای شنا بندرعباس و ارتباط آن با پارامترهایی مانند: مقادیر ترکیبات آلی TOC، PH، کلر باقیمانده، درجه حرارت و تعداد شناگران بود.

روش کار:

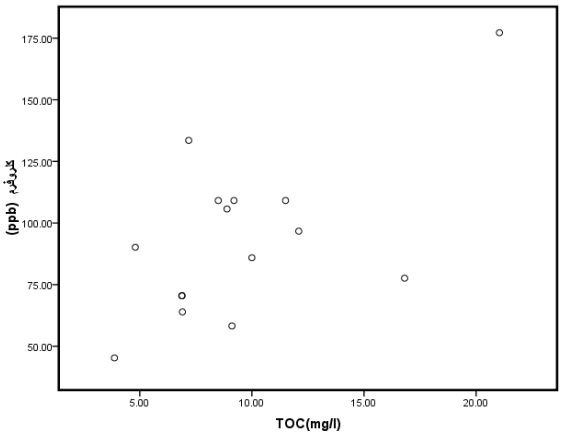
در این مطالعه توصیفی – مقطعی، جامعه مورد مطالعه، آب استخرهای شنا بندرعباس بود و تمامی استخرهای شنای فعال شهر بندرعباس به صورت تصادفی نمونه‌گیری شد. بر طبق لیست اداره کل تربیت بدنی استان هرمزگان در سال ۸۹ تعداد ۱۲ استخر شنا در داخل شهر بندرعباس وجود داشت. اما به علت تعمیرات در زمان نمونه‌برداری نمونه آب از پنج استخر در حال بهره‌برداری جمع‌آوری شد. از هر استخر سه نمونه در طول زمان تعویض آب استخر برداشت و مورد آزمایش قرار گرفت. در زمان مراجعه به استخرها یک چک لیست از وضعیت استخرها شامل پارامترهایی از جمله: تعداد شناگران، درجه حرارت آب، میزان کلر باقیمانده و میزان PH تهیه شد، پارامترهای کلر باقیمانده توسط کیت کلرسنج با روش 4500-CL و PH توسط کیت PH سنج به روش 4500-H و درجه حرارت توسط ترمومتر در محل با توجه به کتاب استاندارد متد اندازه‌گیری شد (۱۸). نتایج بدست آمده روی بطری نمونه‌ها

یادداشت گردید. نمونه‌های آب استخر از سه قسمت استخر (ابتدا، وسط و انتها) از ۲۵ سانتی‌متری زیر سطح آب برداشت شده و بعد یک نمونه مرکب از آن در بطری‌های ۳۰۰ میلی لیتری قهوه‌ای رنگ و پوشیده با کاغذ آلومینیوم (جهت ممانعت از تابش نور خورشید) با دربی که کاملاً پوشیده شده بود (از کاغذ سیلیکون جهت پوشش درب بطری استفاده شد) به طور کامل پر گردید. بطریها از قبل با اسید شسته و با فویل آلومینیومی کاملاً پوشیده شده و در درجه حرارت ۴۰۰ درجه سانتیگراد برای حداقل یک ساعت قرار گرفته بودند. بعد از نمونه‌گیری، بطریها در درجه حرارت ۴ درجه سانتیگراد توسط فلاسک یخ به آزمایشگاه حمل شده و با دستگاه TOC آنالایزر multi N/C3100 با روش استاندارد مورد آزمایش TOC قرار گرفتند (۱۸). همچنین طبق استاندارد Method 501.2 , EPA جهت نمونه‌برداری تریهالومتانها از بطری شیشه‌ای ۱۵۰ سی‌سی و با دهانه باریک استفاده شد. در این روش بطری‌های نمونه‌برداری ابتدا با دترجنت شسته و آب کشی شده و سپس با آب مقطر آب کشی شدند، در دمای اتاق خشک شده و سپس در فر با در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۱ ساعت قرار داده شد و در دسیکاتور خنک گردید تا به درجه حرارت محیط برسد و سپس روی آن با سیلیکون پوشانده شد. در موقع نمونه‌برداری، بطری به طور کامل با آب پر می‌شد تا هیچ حبابی در آن تشکیل نگردد و تا آنجا که امکان دارد خطای نمونه‌برداری کاهش یابد. سپس در عرض ۱۰ ساعت توسط دستگاه GC با دتکتور ECD طبق استاندارد EPA مورد آزمایش قرار گرفت (۱۹). از سوی دیگر، نمونه‌هایی در بطری‌های متفاوت جهت تعیین کدورت تهیه شد و مقدار کدورت با دستگاه کدورت سنج دیجیتالی با روش نفلومتری 2130B با توجه به کتاب استاندارد متد با استفاده از دستگاه توربیدیمتر از نوع 2100P-HACH اندازه‌گیری شد (۱۸). جهت تست THM، ساخت محلولهای استاندارد کلروفرم و تری کلرو اتان (استاندارد داخلی) طبق استاندارد EPA به شرح زیر بود: با یک ترازوی دیجیتال مقدار ۰/۱± ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه کلروفرم توزین شد و درون بالن ۲ لیتری به حجم رسید. بدینوسیله محلول ۰±۵۰/۰۵ppm (ppb ۵۰±۵۰۰۰۰) ساخته شد. (دمای آب حدود ۲-۵ درجه سانتی گراد تنظیم شد تا از تبخیر کلرفرم جلوگیری شود). سپس ۱۰ سی‌سی از محلول حاصل را در بالن یک لیتری به حجم رساندیم. محلول حاصل دارای ppb ۵۰۰/۵±۰ از نمونه کلروفرم است. مجدداً ۱۰۰ سی‌سی از نمونه حاصل در یک بالن ۱۰۰۰ سی سی به حجم رسانده شد تا محلول ppb ۵۰/۰۵±۰ ساخته شد (۱۹). دقیقاً مشابه روش فوق محلول ppb ۵۰۰ تری کلرواتان تهیه شد. نمونه کلروفرم و تری کلرواتان حاصل جهت تزریق به GC مدل (CP3800 VARIAN) و ایجاد یک پیک مناسب و قابل تشخیص و نهایتاً ساخت نمودار کالیبراسیون توسط حلال پنتان و یا نرمال پنتان طبق دستورالعمل EPA شماره 501.2 استخراج شد (۱۹). در این روش حتی نمونه‌های استاندارد نیز پس از ساخته شدن در محلولهای آبی توسط حلال پنتان استخراج شده و به دستگاه GC تزریق شد. این روش دو مزیت داشت یکی اینکه در نمونه‌های حقیقی و استانداردها از خطای یکسانی برخوردار شد و دوم اینکه حلال پنتان در دتکتور ECD مانند حلال آب ایجاد پیک مزاحم نمی‌کرد. در این آزمایش ۱۰ سی سی از نمونه استاندارد کلروفرم ۵۰ پی پی بی را با یک سی سی نمونه استاندارد کلرواتان ۵۰۰ پی پی بی در یک استوانه مدرج مخلوط نموده یک سی سی حلال پنتان اضافه کردیم، درب استوانه را بسته و در حالی که استوانه در ظرف آب سرد قرار دارد به مدت ۵ دقیقه خوب بهم زدیم. غلظت کلروفرم استخراج شده در پنتان ۵۰۰ پی پی بی و غلظت کلرواتان نیز ۵۰۰ پی پی بی بود و برای تمام نمونه ها از این روش استفاده کردیم. بنابراین مقدار کلروفرم خوانده شده توسط GC به دلیل این استخراج و تغلیظ، ده برابر مقدار واقعی بود که در نرم افزار تصحیح گردید. سپس توسط یک سرنگ هامیلتون ۵ میکرولیتری مقدار یک میکرولیتر از نمونه پنتان به دستگاه GC تزریق گردید. پس از سعی و خطاهای زیاد برای بدست آوردن پیک‌های مناسب شرایط دمایی دستگاه بدین صورت تنظیم شد. دمای محفظه تزریق ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آون ستون (CPSIL8CP-30 m-0.5 mmID-0.2μm)، ۸۰ درجه سانتی‌گراد و دمای دتکتور ECD، ۳۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد و گاز حامل نیتروژن است (۱۹).

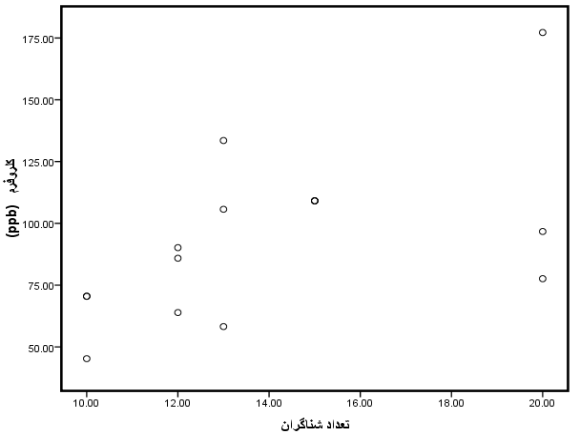
کلیه نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های آب در استخرهای شنا مورد تجزیه و تحلیل توسط نرم افزار SPSS 16.0 قرار گرفت و از ضریب همبستگی اسپرمن برای تعیین همبستگی بین داده‌های کمی در یک گروه و بین گروهها، بین دو متغیر مختلف استفاده شد.

نتایج:

نتایج حاصل از تحقیق و نیز روابط بین مقدار کلروفرم با تعداد شناگران، کلر باقی مانده و کل کربن آلی TOC در نمودارهای شماره ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است.

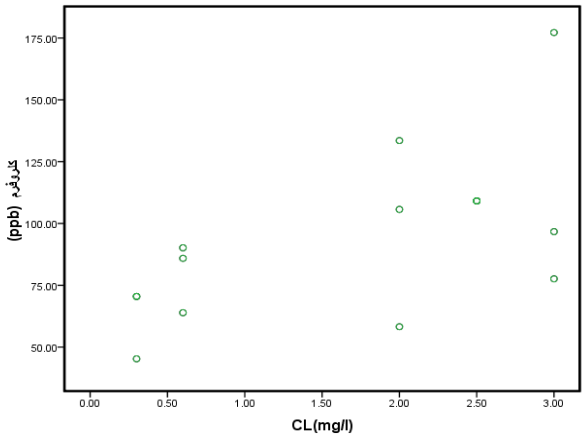


نمودار شماره ۱-رابطه مقدار TOC و تشکیل کلروفرم در آب استخرهای شنا بندرعباس



نمودار شماره ۲-رابطه مقدار کلر باقی مانده و تشکیل کلروفرم در آب استخرهای شنا بندرعباس

در این تحقیق حداقل میزان کلروفرم تشکیل شده در آب استخر ۴۵ میکروگرم در لیتر و حداکثر مقدار آن ۱۷۷ میکروگرم در لیترو میانگین مقدار آن ۹۳/۵۰ میکروگرم در لیتر (ppb) بود. مقادیر بدست آمده از کل کربن آلی (TOC) در آب استخر شنا حداقل ۴ و حداکثر مقدار ۲۱ میلیگرم در لیتر و میانگین مقدار آن ۹/۵۸ میلیگرم در لیتر (ppm) بود.

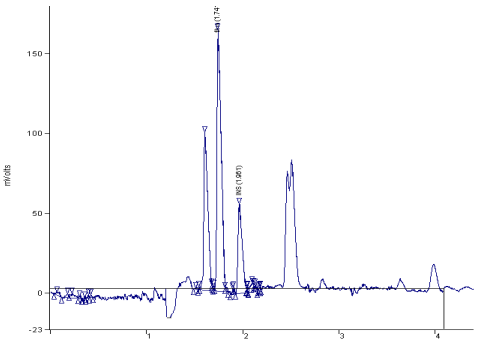


نمودار شماره۳-رابطه تعداد شناگران و تشکیل کلروفرم در آب استخرهای شنا بندرعباس

در این تحقیق میانگین مقدار کلر باقی مانده ۱/۶۸ میلیگرم در لیتر با حداقل مقدار ۰/۳ و حداکثر مقدار ۳ میلی‌گرم در لیتر و میانگین مقدار PH، ۵ /۷ با حداقل مقدار ۷/۲ و حداکثر مقدار ۷/۹ و میانگین مقدار کدورت NTU ۰/۸۴ با حداقل مقدار ۰/۳۸ و حداکثر مقدار ۱/۳۷ و میانگین تعداد شناگران ۱۴ نفر با حداقل مقدار ۱۰ نفر و حداکثر مقدار ۲۰ نفر و میانگین مقدار درجه حرارت آب ۳۱ درجه سانتیگراد با حداقل مقدار ۳۰ و حداکثر مقدار ۳۳ درجه سانتیگراد بدست آمد. همچنین یک نمونه از پیک‌های دستگاه GC مربوط به ترکیبات تری هالومتان بدست آمده در شکل یک نشان داده شده است.

جدول شماره ۱-ضریب همبستگی اسپرمن و کلروفرم و دیگر پارامترها در استخرهای شنا بندرعباس

متغیرها	ضریب همبستگی اسپرمن	P-value
کلروفرم و TOC	۰/۴۹	P<۰/۰۵
کلروفرم و کلر باقی مانده	۰/۶۳۹	P<۰/۰۱
کلروفرم و تعداد شناگران	۰/۶۳۶	P<۰/۰۱
کلروفرم و PH	-۰/۵	-
کلروفرم و EC	۰/۶	P<۰/۰۱
کلروفرم و درجه حرارات آب	-۰/۶۰۷	P<۰/۰۵
کلروفرم و کدورت	-۰/۵۷۷	P<۰/۰۵



شکل ۱- نمونه‌ای از پیک‌های GC مربوط به ترکیبات تری‌هالومتان

بحث و نتیجه‌گیری:

هدف از این مطالعه تعیین غلظت تریهالومتانها در آب استخرهای شنای بندرعباس بود. مهمترین یافته این تحقیق غلظت بالای کلروفرم به عنوان اصلی‌ترین فرم تشکیل شده از بین ترکیبات مختلف تریهالومتان در استخرهای شنا بندرعباس می‌باشد. در شکل ۱، نمونه‌ای از نمودار پیک‌های GC آورده شده است. در این نمودار پیک کلروفرم و استاندارد داخلی تتراکلرواتان به خوبی نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار دیده می‌شود، علاوه بر پیک کلروفرم پیک‌های دیگری ظاهر شده که مربوط به ترکیبات هالوژنه ناشناخته دیگر است و از نظر شدت پیک دارای مقادیر کمتری نسبت به کلروفرم می‌باشد. بنابراین ترکیب شاخص اصلی تشکیل شده با توجه به فرآیند کلرزنی در آب استخرهای شنا کلروفرم می‌باشد.

غلظت کلروفرم در استخرهای شنا نسبت به کل باقی مانده و تعداد شناگران و کل کربن آلی مختلف، متفاوت بوده و ارتباط معنی‌داری با آنها دارد. مقدار کلروفرم بدست آمده در این تحقیق ۴۵ تا ۱۷۷ میکروگرم در لیتر با میانگین مقدار ۹۳/۵۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد که بیشتر شباهت به نتایج حاصل از مطالعات اچ – چو در سال ۲۰۰۲ با میانگین مقدار کلروفرم ۱۱۳ میکروگرم در لیتر (۶) و اردینگر و همکارانش در سال ۲۰۰۴ با مقدار کلروفرم ۸۵ تا ۲۳۵ میکروگرم در لیتر دارد (۵). اما مقادیر بدست آمده بسیار بیشتر از مقدار کلروفرم اندازه‌گیری شده در مطالعه موردی استخر شنای دانشگاه شهید عباسپور توسط حسین میسمی در سال ۱۳۸۶ بود که در این مطالعه میانگین مقدار کلروفرم حدود ۴۰ میکروگرم در لیتر ذکر شده است که در حد استاندارد می‌باشد (۱۹).

در بیشتر مطالعات ذکر شده نتایج حاصل روی تحقیق بر روی یک استخر بدست آمده، اما در این تحقیق سعی شده است نمونه‌گیری به صورت سرشماری انجام شده و تحت شرایط مختلف مقادیر در داخل استخرها و بین استخرها نیز مورد بررسی قرار گیرد که نتایج نشان داد، بیشترین اختلاف مقادیر TOC و کلروفرم و کلر باقی مانده بین استخرها وجود دارد تا درون یک استخر و این کاملاً قابل توجیه است. زیرا فاکتورهایی مثل تعداد شناگران و مقدار کلر مصرفی بسته به ابعاد استخرها متفاوت بوده و به دنبال آنها مقادیر TOC شکل گرفته متفاوت خواهد بود و این روی تولید تریهالومتان (کلروفرم) تأثیر خواهد گذاشت. با افزایش مقدار کل کربن آلی که در نتیجه افزایش تعداد شناگران و سطح بهداشت آنها صورت می‌گیرد و از طرفی ترکیب آن با کلر مورد استفاده جهت گندزدایی آب استخرها مقادیر کلروفرم تشکیل شده در آب استخرهای شنا مختلف، متفاوت خواهد بود و همچنین در این تحقیق از دستگاه GC با دتکتور ECD و با دقت بسیار زیاد جهت تعیین کلروفرم استفاده شد.

مقادیر کلروفرم تشکیل شده در ۶۰ درصد استخرهای شنا از حد مجاز استاندارد (۸۰ ppb) ۰/۰۸ppm بالاتر می‌باشد. بنابراین کنترل و نظارت جهت بهره‌برداری صحیح و مفید از سیستم تصفیه آب استخرها، تهویه لازم هوای استخرها، کنترل مستمر کلر باقیمانده، استفاده از دستشویی و شستن کامل بدن قبل از شنا و استفاده از گاز ازن به عنوان یک گندزدای اولیه از عوامل مؤثر جهت جلوگیری از تشکیل و کنترل تری‌هالومتان‌ها در آب استخرهای شنا در آب استخر است که می‌بایست مورد توجه مسئولین بهداشتی و مسئولین استخرها و اداره تربیت بدنی استان قرار گیرد. اگرچه، دیگر مطالعات انجام شده، جذب قابل توجهی از کلروفرم را در طی شنا بدست آوردند، اما به نظر می‌رسد در این مطالعه خطر جذب برای شناگران در استخرها بسیار بیشتر از مطالعات دیگر باشد عدم اندازه‌گیری مقدار کلروفرم در هوای استخر از محدودیتهای این طرح به شمار می‌رود. لذا پیشنهاد می‌گردد مطالعاتی در این خصوص انجام گیرد.

سپاسگزاری:

با تشکر فراوان از رئیس سازمان تربیت بدنی استان هرمزگان و مسئولین استخرهای شنا بندرعباس که کمک

زیادی در انجام این تحقیق و همکاری جهت نمونه‌برداری از آب استخرها داشته‌اند.

References منابع

1. Dindarlo K, Solimani Ahmadi M, Zare S, Abdi H, Heidari M. Hygiene condition of Bandar Abbas swimming pools, 2003. *Journal of Hormozgan University of Medical Sciences*. 2005;9:41-46. [Persian]
2. Mokhtari M, Babaee AK. Housing and Institutional Health. 2nd ed. Sobhan Press; 2008;51-66. [Persian]
3. Zazouli MA, Nassseri S, Mesdaghinia A. Study of natural organic matter characteristics and fractions in surface water resources of Tehran. *Iranian Journal Health & Environment*. 2008;1:1-7. [Persian]
4. Information on Toxic Chemicals. CHLOROFORM. U.S. Department of Health and Human Services.2000: Available from URL: http://dhfs.wisconsin.gov/eh.
5. Erdinger L, Kiaus K, Thomas G. Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2004;207:571-575.
6. Chu H, Nieuwenhuijsen MJ. Distribution and determination of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools. *Occup Environ Med*. 2002:59:243-247.
7. Panyakapo M, Soontornchai S, Paopuree P. Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *J Environ Sci*. 2008:20:372-378.
8. WHO. Guidlines for safe recreational water environments. Swimming pools and similar environments. 2006:66-76.
9. Villanueva1 CM, Cantor KP, Grimalt JO, Castano-Vinyals G, Malats N, Silverman D, et al. Assessment of life time exposure to trihalomethanes through different routes. *Occup Environ Med*. 2006;63:273-277.
10. Tripathi K. About trihalomethanes. Virginia Department of Health. 2001;1-2.
11. Trihalomethanes in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization 2005. Available from URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/.
12. Ringer EE. Reduction of thrihalomethanes using ultrasounic az a disinfectant. United States: Worcester Polytechnic institute. 2007;3-37.
13. Kawamura S. Integrated design and operation of water treatment facilities. 2nd ed. New Jersey John Wiley & Sons Press; 2000:543-545.
14. Erdinger L, Kiaus K. Formation of Thrihalomethanes in swimming pool water identification of precursors and kinetics of formation. Proceeding of the international congress of hygiene. 2006: Heidelberg, Germany.
15. Zwiener C, Richardson SD, Demarini DM, Grammt T, Glauner T, Frimmel FH. Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environ Sci Technol*. 2007;41:363–372.
16. Kozlowska K, Polkowska Z, Namiesnik J. Effect of treated swimming pool water on the levels of trihalomethanes in swimmer's urine. *Toxicological & Environmental Chemistry*. 2006;88:259-272.
17. Kim H, Shim J, Lee S. Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. *Chemosphere*. 2002;46:123-130.
18. Andrew D. Standard method for examination of water & wastewater. 21rd ed. New York: American Public Health Association Press; 2005:1-63.
19. Misamii H, Amiri F. Survey of pollution in swimming pool water of Hamadan. National Iranian Environmental Health Congress: 2007 Oct 30: Tehran, Iran. [Persian]