جلد ۲۶ ، شماره ۳، پیاپی ۱۰۱، خرداد و تیر ۱۴۰۳

doi: 10.69107/koomesh-149431

مقاله پژوهشی

سطح شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی و غیرمدفوعی در شناگاه‌های ساحلی دریای خزر در استان مازندران–ایران

آتنا مریخ [۱]،سید محمود مهدی‌نیاچوبی [۲]، سیاره لاریمیان [۱]، طیبه راستگو [۳]، خلیل‌الله معینیان [۳،*]

[۱]کمیته ی تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

[۲]گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

[۳]گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران

*نویسنده‌ی مسئول: گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران. ایمیل: moeinian@semums.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

چکیده

مقدمه: نحوه دفع فاضلاب‌ها و پساب‌ها از عوامل مهم تاثیرگذار بر سطح آلودگی میکروبی آب‌های شناگاه‌های ساحلی می‌باشند.

اهداف: هدف این پژوهش تعیین سطح شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی و برخی شاخص‌های استخرهای شنای ایران در سه شناگاه ساحلی استان مازندران بود.

مواد و روش‌ها: از هر کدام از سه شناگاه ساحلی مجوزدار مخصوص بانوان، هفت مرتبه با فاصله زمانی دو هفته یکبار، نمونه‌برداری گردید. تعداد کلی فرم کل، اشرشیا کلی، انتروکوکسی، سودوموناس آئروژنز ، باکتری‌های هتروتروف و مقدار کدورت، pH و هدایت الکتریکی بر اساس نگارش بیست و سوم کتاب «روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب» تعیین گردید.

نتایج: در آب شناگاه‌های ساحلی مجوزدار ساری، بابلسر و جویبار، تعداد اشرشیا کلی به ترتیب در۱۰۰، ۸۵/۷ و ۰/۰ درصد موارد و تعداد انتروکوکسی در ۸۵/۷ ، ۱۰۰ و ۷۱/۴ درصد موارد بالاتر از استاندارد شناگاه‌های ایران بود. میانگین تعداد سودوموناس آئروژنز بر حسب کلونی در ۱۰۰ میلی‌لیتر در آب شناگاه‌های ساری، بابلسر و جویبار به ترتیب برابر ۵۶ ± ۱۲۴ ، ۱۸۴ ± ۲۷۲ و ۵۵ ± ۱۰۳ بود.

نتیجه‌گیری: سطح آلودگی آب سه شناگاه بررسی شده، حداقل از نظر یکی از دو شاخص جهانی آلودگی مدفوعی، نامطلوب می‌باشد و می‌توانند سلامت شناگران را به خطر اندازد. نسبت اشرشیا کلی به انتروکوکسی نیز نشان می‌دهد که آلودگی در آب شناگاه‌های ساری و بابلسر قطعا از نوع انسانی اما در جویبار از نوع گرایش به حیوانی است.

واژگان کلیدی: آب دریا، شنا کردن، مدفوع، آلودگی محیط زیست، اشرشیا کلی، انتروکوکسی، سودوموناس آئروژنز

۱. مقدمه

شناگاه‌های ساحلی چشم‌اندازها و مکان‌های تفریحی ارزشمندی هستند که ضمن فراهم آوردن شرایط تفریح و ورزش می‌توانند بر سلامتی و بهداشت مردم تاثیر مستقیم مطلوب یا نامطلوب برجای بگذارند (۱). بنابراین توجه به جنبه‌های بهداشتی سواحل با هدف حفظ و ارتقای سلامت شناگران و توریست‌ها اهمیت زیادی دارد.

آب‌های ساحلی در معرض انواع آلودگی از طریق فاضلاب شهری، رواناب‌های کشاورزی، پساب تاسیسات صنعتی، رسوبات اتمسفری و فضولات حیوانات وحشی و اهلی و البته خود شناگران و تفریح‌کنندگان هستند (۵-۲). مواد مدفوعی، حاوی عوامل بیماری‌زای باکتریایی، ویروسی و پروتوزوئری هستند و لذا تفریح و شنا در آب‌های آلوده می‌تواند باعث بروز انواع بیماری‌های روده‌ای و غیر روده‌ای گردد به گونه‌ای که سواحل و تماس با آب‌های ساحلی به‌عنوان کانون تماس با پاتوژن‌ها در نظر گرفته می‌شوند (۹-۶). براساس اطلاعات موجود، در آمریکا از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰، ۵۹ همه‌گیری به تماس با آب‌های آلوده نسبت داده شده است که ۶۱ درصد آن‌ها گاستروانتریت بوده‌است (۲). عوامل باکتریایی ایجادکننده گاستروانتریت به‌عنوان فاکتورهای خطر ابتلا یا تشدید بیماری‌های التهابی روده معرفی شده‌اند و اشرشیا کلی یکی از این باکتری‌ها می‌باشد (۱۰).

خلیج‌ها که محل ورود رودخانه‌ها به دریاها هستند به‌ویژه وقتی رودخانه‌ها از شهرهایی عبور نمایند که شبکه‌ی جمع‌آوری

Copyright © 2024, Merrikh et al. This open-access article is available under the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) International License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows for unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original work is properly cited.

و دفع فاضلاب نداشته باشند، محل اصلی ورود انواع آلودگی‌ها به آب‌های ساحلی می‌باشند (۱۱, ۱۲). بعضی از شهرهای ساحلی شمال ایران از جمله شهرهای مورد مطالعه در این پژوهش چنین شرایطی دارند. این‌گونه آب‌های ساحلی، با توجه به وجود ذرات معلق و محیط غنی از مواد آلی، محل مناسبی برای پذیرش و بقا میکروب‌های وارده و از جمله پاتوژن‌ها هستند. شدت آلودگی آب‌های ساحلی به عواملی مانند دبی و شدت آلودگی آب‌های ورودی به سواحل، شدت و جهت وزش باد و میزان بارندگی وابسته می‌باشد (۱۷-۱۳، ۶، ۱).

منابع آلودگی مدفوعی، گستره‌ی وسیعی از انواع میکروب‌های بیماری‌زا را وارد آب‌های ساحلی و شناگاه‌ها می‌نمایند به‌طوری‌که به دلیل تنوع زیاد آن‌ها، جستجو و شناسایی تک‌تک آن‌ها به دلایل اقتصادی (هزینه، کاربری و زمان‌بری) از نظر اجرایی غیرعملی می‌باشد (۱۸). به‌عنوان مثال فقط بیش از ۱۰۰ نوع ویروس روده‌ی انسان می‌توانند وارد این‌گونه آب‌ها شوند که شناسایی تک‌تک آن‌ها را غیر ممکن می‌نماید (۲۱-۱۹, ۳). بنابراین در حال حاضر، بررسی و پایش منظم کیفیت آب شناگاه‌ها (آب‌های شیرین، خلیج‌ها و سواحل دریا) در سطح جهان از طریق باکتری‌های شاخص مدفوعی انجام می‌شود. این شاخص‌ها، جایگزین مناسبی برای تعداد متنوعی از عوامل پاتوژن با منشا مدفوعی حیوانی و انسانی هستند زیرا خود شاخص‌ها منشا مدفوعی دارند و از نظر فراوانی و سادگی شناسایی، نسبت به پاتوژن‌ها ارجح می‌باشند (۱۹, ۲۲).

باکتری اشرشیا کلی جزو فلور طبیعی روده‌ی تمام حیوانات خونگرم می‌باشد لذا حضور این باکتری در آب به عنوان شاخص آلودگی مدفوعی، حضور احتمالی بیماری‌زاهای غالب و تهدید سلامتی مردم پذیرفته شده است (۲۳, ۲۴). سازمان جهانی بهداشت برای ارزیابی کیفیت آب‌های ساحلی از نظر تهدید سلامت شناگران، سطح باکتری‌های مدفوعی مانند اشرشیا کلی و انتروکوکسی را به‌عنوان شاخص‌های مدفوعی مطرح کرده است (۲۵). کشورهای اتحادیه‌ی اروپا (جدول ۱) (۲۶) و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (جدول ۲) (۲۷) نیز که معمولا الگوی اولیه دیگر کشورهای جهان قرار می‌گیرند نیز اشرشیا کلی و انتروکوکسی را به‌عنوان شاخص‌های مدفوعی معرفی کرده‌اند. شاخص‌های کشور ایران (۲۸) نیز در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۱: حدود بازنگری شده ی استانداردهای اتحادیه ی اروپا در مورد شناگاه‌ها (۲۶)

پارامتر (تعداد کلنی در ۱۰۰ میلی لیتر)	طبقه بندی		
	عالی	خوب	در حد کفایت
اشرشیا کلی	۲۵۰۱	۵۰۰۱	۵۰۰۲
انتروکوکسی روده‌ای	۱۰۰۱	۲۰۰۱	۱۸۵۲

اتحادیه اروپا پنج شاخص میکروبی در مورد کیفیت آب شناگاه‌ها شامل کلیفرم کل (که براساس منشا آن ممکن است مدفوعی/غیرمدفوعی باشد) کلیفرم مدفوعی (اشرشیا کلی که به صورت انحصاری، منشا مدفوعی دارد) انتروکوکسی روده‌ای، سالمونلا و انتروویروس‌ها در نظر گرفته است که دو مورد آخر به دلیل پیچیدگی و هزینه‌ی آزمایش‌ها چندان کاربرد نداشته و عملا دو شاخص اشرشیا کلی و انتروکوکسی روده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۹) (جدول ۲ و ۳).

جدول۲: معیارهای کیفیت آب‌های تفریحی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۲۷)

شاخص	معیار توصیه‌شده اول. نرخ بیماری برآورد شده، ۳۶ نفر به ازای هر ۱۰۰۰ نفری که برای اولین بار با آب تماس داشته‌اند.		معیار توصیه‌شده دوم. نرخ بیماری برآورد شده، ۳۲ نفر به ازای هر ۱۰۰۰ نفری که برای اولین بار با آب تماس داشته‌اند.	
	میانگین مهندسی (تعداد کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	حد آستانه‌ی آماری، صدک ۹۰ (تعداد کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	میانگین مهندسی (تعداد کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر)	حد آستانه‌ی آماری، صدک ۹۰ (تعداد کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر)
انتروکوکسی (شور و شیرین)	۳۵	۱۳۰	۳۰	۱۱۰
اشرشیا کلی (شیرین)	۱۲۶	۴۱۰	۱۰۰	۳۲۰

جدول ۳: استاندارد ملی ایران در مورد کیفیت آب برای کاربری تفرج

باکتری‌شاخص(MPN/100mL)	تماس مستقیم		تماس غیر مستقیم	
	میانگین مهندسی	حداکثر مجاز	میانگین مهندسی	حداکثر مجاز
کلیفرم کل	۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰
کلیفرم مدفوعی	۴۰۰	۲۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰
اشرشیا کلی	۲۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
انتروکوکسی	۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۴۰۰

به‌طور کلی رایج‌ترین باکتری‌های شاخص مدفوعی مورد استفاده در سطح جهان اشرشیا کلی و انتروکوکسی هستند (۱۵, ۲۲, ۲۵, ۳۰). برای استخرهای شنا که از آب تصفیه‌شده استفاده می‌کنند شاخص‌های غیرمدفوعی نیز در نظر گرفته می‌شود. سودوموناس آئروژنز و باکتری‌های هتروتروف جزو شاخص‌های استخرهای شنای ایران هستند (۳۱).

استان مازندران با مساحت ۲۴۰۰۰ کیلومتر مربع یکی از استان‌های مهم ایران است که در حاشیه‌ی جنوبی دریای خزر قرار دارد. جمعیت این استان بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، ۳۲۸۳۵۸۲ نفر می‌باشد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵، ۹۶/۵ درصد از واحدهای مسکونی استان مازندران دارای چاه جذبی، ۰/۳۹ درصد دارای سپتیک تانک و فقط ۲/۶ درصد، مشترک شبکه جمع‌آوری فاضلاب بوده‌اند. این وضعیت در کنار سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی که در نوار ساحلی مورد نظر از حدود ۱ تا ۱۰ متر و در مناطق دور از ساحل حدود ۲۰ - ۱۵ متر می‌باشد و همچنین میانگین میزان بارندگی سالانه استان (۶۴۰ میلی‌متر در سال) می‌تواند، منشا حرکت پیوسته‌ی رواناب‌های آلوده به فاضلاب انسانی به سمت سواحل دریا گردد و منشا مهمی برای آلودگی مدفوعی آب‌های ساحلی در نظر گرفته شود. با توجه به وضعیت اقلیمی و نحوه‌ی دفع فاضلاب‌ها و پساب‌ها در سواحل دریای خزر در استان مازندران و حضور تعداد بسیار زیاد توریست در این مناطق، سوال اصلی این مطالعه این بود که تراکم شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی و نیز شاخص‌های کیفیت آب استخرهای کشور ایران در شناگاه‌های ساحلی مورد مطالعه چقدر است و آیا بین شناگاه‌ها با همدیگر و از نظر تطابق با استانداردها تفاوت وجود دارد.

۲. اهداف

هدف این مطالعه، تعیین شدت آلودگی سه شناگاه ساحلی شامل فرح‌آباد شهر ساری، چپکرود شهر جویبار و ساحل شهر بابلسر از نظر اشرشیا کلی و انتروکوکسی، به عنوان شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی، بود. همچنین تعداد کلیفرم کل و باکتری‌های هتروتروف (به‌عنوان شاخص‌های مدفوعی/غیرمدفوعی) و سودوموناس آئروژنز (به‌عنوان شاخص غیر مدفوعی که جزو شاخص‌های کیفیت آب استخرهای کشور ایران هستند) نیز تعیین گردید. به‌طور کلی تعیین کیفیت میکروبی آب شناگاه‌های مورد بررسی و مقایسه‌ی مقادیر به‌دست‌آمده با استانداردهای مربوطه و مقایسه کیفیت آب شناگاه‌ها با همدیگر، اهداف اصلی این پژوهش بوده‌اند. همچنین برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر کیفیت آب شناگاه‌ها مانند کدورت و هدایت الکتریکی که با شوری آب در ارتباط است نیز اندازه‌گیری شده است. نتایج این پژوهش می‌تواند توسط سازمان‌های مربوطه به‌عنوان مبنایی برای برنامه‌ریزی در جهت تامین مالی و اقدامات لازم در جهت پیشگیری از ورود منابع آلودگی به سواحل، مورد استفاده قرار گیرد.

۳. مواد و روش‌ها

۱.۳. نوع مطالعه و جامعه‌ی پژوهش

این مطالعه توصیفی-تحلیلی با کد اخلاق IR.SENUMS.1395.100 در ۳ شناگاه ساحلی دریای خزر در استان مازندران انجام گردید. در این مطالعه دو شناگاه ساحلی کاملا معروف با موقعیت ویژه گردشگری شامل فرح‌آباد ساری و بابلسر و نیز یک شناگاه کمتر شناخته شده و دور از راه‌های اصلی (چپکرود جویبار) مورد مطالعه قرار گرفتند. شناگاه فرح‌آباد ساری در موقعیت جغرافیایی ۶۳/۸۱۴۲ شمالی و ۵۳/۱۱۰۸ غربی در فاصله حدود یک کیلومتری مصب رودخانه تجن، شناگاه بابلسر در موقعیت جغرافیایی ۶۳/۷۱۲۴ شمالی و ۵۲/۶۴۱۸ غربی در فاصله‌ی حدود یک و نیم کیلومتری مصب رودخانه بابلرود، و شناگاه چپکرود جویبار در موقعیت جغرافیایی ۶۳/۷۵۲۶ شمالی و ۵۲/۸۷۹۸ غربی و به دور از مصب رودخانه قرار داشته‌اند.

۲.۳. نمونه‌ی پژوهش و شاخص‌های مورد بررسی

از هر کدام از شناگاه‌های ساحلی مجوزدار مخصوص بانوان هفت مرتبه با فاصله زمانی دو هفته یکبار ۳۵ نمونه میکروبی از هر شناگاه در دوره زمانی خرداد تا شهریور سال ۱۳۹۶ نمونه‌برداری گردید. نمونه‌های میکروبی در محدوده‌ی ۹ صبح تا ۱۲ ظهر هر کدام به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر از ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح آب از قسمتی از ساحل با عمق آب ۱/۲ تا ۱/۵ متر با استفاده از ظرف شیشه‌ای سترون برداشت گردید. کیفیت میکروبی نمونه‌های آب برداشت‌شده از نظر شاخص‌های باکتریایی شامل کلیفرم کل، اشرشیا کلی، سودوموناس آئروژنز، انتروکوکسی و باکتری‌های هتروتروف و کیفیت فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها (۲۱ نمونه‌ی فیزیکی و شیمیایی) از هر ساحل از نظر کدورت، هدایت الکتریکی و PH مورد بررسی قرار گرفتند.

۳.۳. روش‌های آزمایش و تجزیه و تحلیل نتایج

کلیه آزمایش‌های مربوط به شناسایی و شمارش باکتری‌های شاخص بر اساس نگارش بیست و سوم کتاب «روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب» انجام گردید (۳۲). برای شناسایی و شمارش باکتری کلیفرم از روش شماره 9221B-2a,3a (شناسایی کلیفرم کل به روش استاندارد تخمیر لوله‌ای)، باکتری اشرشیا کلی از روش شماره 9213D-3a (شناسایی اشرشیا کلی در آب‌های تفریحی)، باکتری سودوموناس آئروژنز از روش شماره‌ی 9213E,F (شناسایی سودوموناس آئروژنز به روش صافی غشایی)، باکتری انتروکوکسی از روش شماره 9230B-1a (شناسایی انتروکوکسی) و باکتری‌های هتروتروف از روش شماره 9215-6E (شناسای باکترهای هتروتروف) استفاده گردید (۳۲). همچنین کدورت با روش شماره 2130-B (روش نفلومتری)، PH با روش شماره 4500-H+_B (روش الکترومتری) و هدایت الکتریکی

با روش شماره 2510-B (روش آزمایشگاهی) در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد (۳۲). داده‌های به‌دست‌آمده با روش‌های آمار توصیفی و تحلیلی (شامل کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی توزیع داده‌ها، و آزمون T برای مقایسه میانگین تراکم باکتری‌های شاخص در شناگاه‌ها و بسته به مورد مقایسه با استاندارد شناگاه‌ها و استخرهای شنای ایران با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ی ۲۲ تجزیه و تحلیل گردید.

۴. نتایج

تصویر ۱ موقعیت مکانی شناگاه‌های ساحلی محل‌های نمونه‌برداری، مصب رودخانه تجن به فاصله یک کیلومتری از ساحل فرح‌آباد ساری و مصب رودخانه‌ی بابلرود به فاصله یک و نیم کیلومتری از ساحل بابلسر را نشان می‌دهد. نزدیکی سواحل شنا به مصب رودخانه‌هایی که رواناب‌ها و حتی برخی از انواع فاضلاب انسانی را با خود به دریا می‌آورند می‌تواند باعث افت جدی کیفیت آب شود.

تصویر ۱. الف، موقعیت مکانی ساحل فرح‌آباد ساری، چپکرود جویبار و بابلسر؛ ب، موقعیت ساحل بابلسر و رودخانه بابلرود در فاصله ۱/۵ کیلومتری؛ پ، موقعیت ساحل چپکرود جویبار؛ ت، موقعیت ساحل فرح‌آباد ساری و رودخانه تجن در فاصله یک کیلومتری آن.

جدول ۴، داده‌های مربوط اشرشیا کلی و انتروکوکسی (شاخص‌های مدفوعی)، کلیفرم کل و باکتری‌های هتروتروف (شاخص‌های مدفوعی/ غیرمدفوعی) و سودوموناس آئروژنز (شاخص غیر مدفوعی) را ارائه می‌کند. کمترین تعداد باکتری اشرشیا کلی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مدفوعی در ساحل چپکرود جویبار با ۲۳ MPN /۱۰۰ cc و بیشترین تعداد آن در ساحل فرح آباد ساری و بابلسر با ۱۱۰۰ MPN /۱۰۰ cc مشاهده گردید که تفاوت زیادی را نشان می‌دهد. همچنین کوچکترین میانگین‌های مشاهده‌شده در تمامی موارد به شناگاه ساحلی چپکرود جویبار که در نزدیکی آن مصب رودخانه وجود ندارد تعلق دارد. در این جدول، مبنای ستون پنجم از شاخص‌های آماری (فراوانی موارد بیشتر از استاندارد ایران) برای شاخص‌های کلیفرم کل، اشرشیا کلی و انتروکوکسی، استاندارد ایران در مورد آب شناگاه‌ها می‌باشد (۲۸). اما با توجه به این‌که سودوموناس آئروژنز و باکتری‌های هتروترف جزو شاخص‌های استاندارد ایران در مورد شناگاه‌ها نمی‌باشند، استاندارد ایران در مورد استخرهای شنا، مبنا فرض شده است.

جدول ۴: تعداد و فراوانی باکتری‌های شاخص مدفوعی و غیرمدفوعی در آب شناگاه‌های ساحلی مورد بررسی دریای مازندران.

باکتری شاخص	ساحل	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	درصد فراوانی موارد بیشتر از استاندارد ایران	مد، درصد تکرار
اشرشیا کلی "MPN/100 mL"	فرح‌آباد ساری	۲۶۰	۱۱۰۰	۷۹۷	۳۸۴	۱۰۰	۱۱۰۰، ۵۷/۱
	چپکرود ساری	۲۳	۱۷۰	۵۳	۳۶	۰/۰	۲۳، ۴۲/۹
	بابلسر	۱۵۰	۱۱۰۰	۵۶۷	۳۸۴	۸۵/۷	۴۶۰، ۴۲/۹
انتروکوکوس "MPN/100 mL"	فرح‌آباد ساری	۲۳	۲۴۰	۱۳۴	۷۶	۸۵/۷	۱۱۰۰، ۸۵/۷
	چپکرود ساری	۵۰	۱۲۰	۷۴	۲۳	۷۱/۴	۱۱۰۰، ۸۵/۷
	بابلسر	۷۵	۲۱۰	۱۴۸	۶۰	۱۰۰	۲۱۰، ۴۲/۹
کلیفرم کل "MPN/100 mL"	فرح‌آباد ساری	۲۶۰	۱۱۰۰	۹۸۰	۳۱۷	۰/۰	۱۱۰۰، ۸۵/۷
	چپکرود ساری	۲۳	۲۱۰	۸۱	۷۱	۰/۰	۵۳، ۴۲/۹
	بابلسر	۱۵۰	۱۱۰۰	۵۷۹	۴۸۹	۰/۰	۱۱۰۰، ۴۲/۹
باکتری های هتروتروف "CFU/1 mL"	فرح‌آباد ساری	۸۰	۸۰۰	۴۹۲	۳۰۵	۷۱/۴	۸۰، ۱۴/۳
	چپکرود ساری	۴۰	۹۶	۶۱	۱۸	۰/۰	۴۰، ۱۴/۳
	بابلسر	۲۷۲	۱۲۲۸	۶۹۲	۴۵۴	۱۰۰	۲۷۲، ۱۴/۳
سودوموناس آئروژنز "CFU/100 mL"	فرح‌آباد ساری	۵۲	۱۹۶	۱۲۴	۵۶	۱۰۰	۱۲۸، ۴۲/۹
	چپکرود ساری	۴۴	۶۱	۵۱	۶	۱۰۰	۴۵، ۲۸/۶
	بابلسر	۴۵	۵۴۰	۲۷۲	۱۸۴	۱۰۰	۴۵، ۱۴/۳

داده‌های مربوط به پارامترهای فیزیکوشیمیایی سواحل مورد بررسی در جدول ۵ ارائه شده است. کمترین میزان کدورت در ساحل چپکرود جویبار ۲/۳ NTU و بیشترین مقدار آن در ساحل فرح‌آباد ساری ۱۲۰ NTU مشاهده گردیده است.

جدول۵: نتایج برخی پارامترهای فیزیکوشیمیایی در آب شناگاه‌های ساحلی مورد بررسی دریای مازندران.

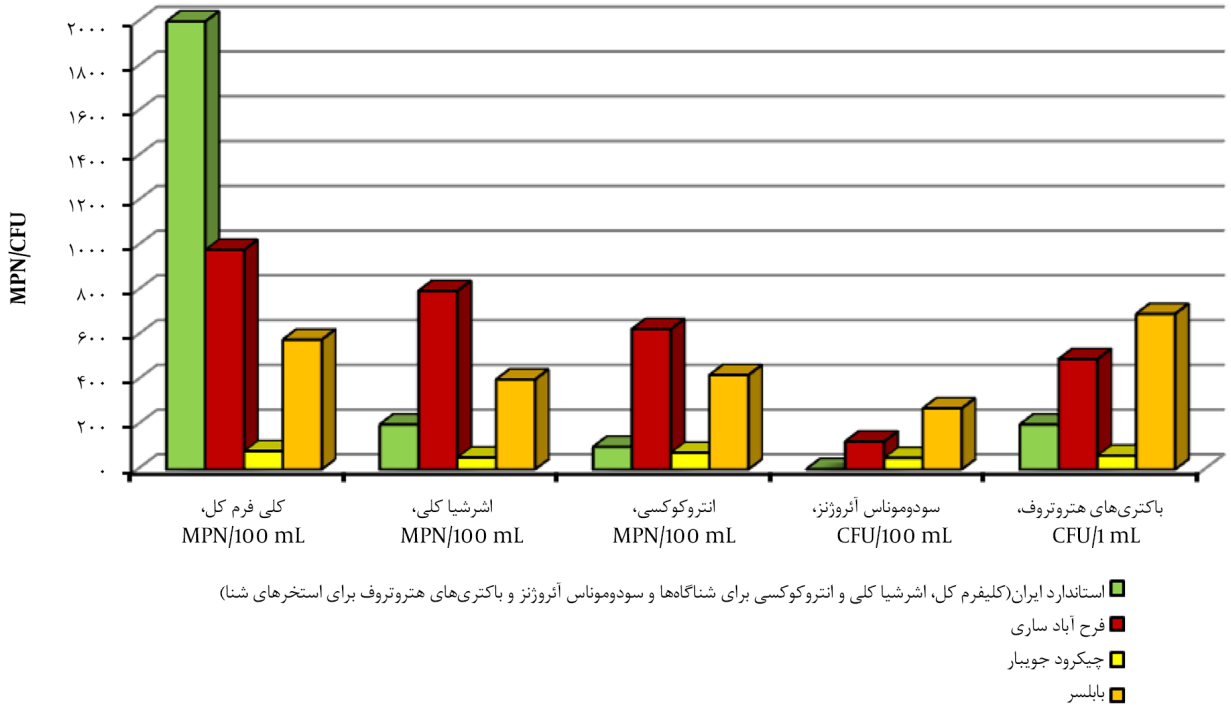
پارامتر	ساحل	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	مد، درصد تکرار
کدورت NTU	فرح‌آباد ساری	۵/۳	۱۲۰/۰	۵۱/۵	۴۷/۸	۵، ۱۶/۷
	چپکرود ساری	۵/۱	۱۰۰/۰	۲۲/۷	۳۴/۳	۵، ۱۴/۳
	بابلسر	۲/۳	۸۰/۳	۲۵/۴	۳۱/۸	۲، ۱۴/۳
PH	فرح‌آباد ساری	۷/۵۵	۸/۳۰	۸/۱۲	۰/۲۸	۷/۵۵ ، ۱۶/۷
	چپکرود ساری	۷/۵۸	۸/۲۶	۸/۰۹	۰/۲۶	۸/۱۵ ، ۲۸/۶
	بابلسر	۷/۵۵	۸/۳۴	۸/۱۴	۰/۲۹	۷/۵۵ ، ۱۴/۳
هدایت الکتریکی "µS/cm"	فرح‌آباد ساری	۱۸۵۲۰	۱۹۳۹۰	۱۹۰۸۷	۳۰۵	۱۹۲۱۰، ۳۳/۳
	چپکرود ساری	۱۸۶۴۰	۱۹۴۶۰	۱۹۰۸۰	۳۰۰	۱۸۶۴۰، ۱۴/۳
	بابلسر	۱۸۴۲۰	۱۹۱۹۰	۱۸۹۰۷	۳۵۲	۱۹۱۹۰، ۳۳/۳

جدول ۶ مقادیر P آزمون T در مورد مقایسه میانگین باکتری‌های شاخص درآب شناگاه‌های ساحلی مورد بررسی را ارائه می‌نماید. تفاوت مشاهده‌شده در میانگین شاخص‌های باکتریایی در آب شناگاه‌های دو ساحل فرح‌آباد ساری و بابلسر با چپکرود جویبار به جز در مورد کلیفرم کل، در بقیه موارد معنی‌دار بود. تفاوت بین دو ساحل فرح‌آباد ساری و بابلسر از نظر دو شاخص مدفوعی مربوط به آب شناگاه‌ها (اشرشیا کلی و انتروکوکسی)، معنی‌دار نبود. به‌عبارت دیگر آب شناگاه چپکرود جویبار کیفیت بسیار بهتری از دو شناگاه دیگر دارد.

جدول ۶: مقادیر آزمون مقایسه‌ی میانگین باکتری‌های شاخص در آب شناگاه‌های ساحلی مورد بررسی دریای مازندران (حدود اطمینان ۹۵ درصد)

سواحل	باکتری شاخص				
	سودوموناس آئروژنز	باکتری‌های هتروتروف	کلیفرم کل	انتروکوکسی	اشرشیا کلی
فرح‌آباد با چپکرود جویبار	۰/۰۰۰	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰	۰/۱۱۲	۰/۰۱۴
فرح‌آباد ساری با بابلسر	۰/۶۱۸	۰/۰۲۹	۰/۰۰۸	۰/۰۲۱	۰/۶۴۲
چپکرود جویبار با بابلسر	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱

تصویر ۲ میانگین ۵ باکتری شاخص مورد بررسی در سه ساحل را با استاندارد شناگاه‌ها و استخر شنای ایران مقایسه نموده است. به جز کلیفرم کل که میانگین آن در آب هر سه شناگاه ساحلی از استاندارد ایران کمتر می‌باشد در بقیه موارد، کیفیت آب دو شناگاه ساحلی فرح‌آباد و بابلسر وضعیت مناسبی نداشته و تا چند برابر استاندارد مشاهده شده است. کیفیت آب شناگاه ساحلی چپکرود جویبار از نظر اشرشیا کلی مطابق با استاندارد و از نظر انتروکوکسی مطابق با استاندارد نبود. اگر چه ذکر این نکته نیز مهم به نظر می‌رسد که آب شناگاه این ساحل از نظر این شاخص، کیفیتی به مراتب بهتر از دو ساحل دیگر دارد.



تصویر ۲. مقایسه‌ی سطح باکتری‌های شاخص در آب شناگاه‌های ساحلی مورد بررسی دریای خزر با استاندارد شناگاه‌ها و استخرهای شنای ایران.

نسبت اشرشیا کلی به انتروکوکسی که شاخصی در جهت تعیین منبع آلودگی مدفوعی می‌باشد در سه ساحل فرح‌آباد ساری، چپکرود جویبار و بابلسر به ترتیب مقادیر ۰/۷۶، ۶/۷۰ و ۴/۵۶ به‌دست‌آمده است که نشان می‌دهد نوع آلودگی مدفوعی مشاهده‌شده در آب شناگاه‌های ساحلی فرح‌آباد ساری و بابلسر دارای منشا انسانی و در مورد چپکرود جویبار گرایش به منشا حیوانی دارد.

۵. بحث

نتایج نشان داد که میانگین سطح آلودگی در آب سه شناگاه مورد بررسی هم از نظر شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی (اشرشیا کلی و انتروکوکسی و هم از نظر استانداردهای کیفیت میکروبی استخرهای شنای ایران شاخص‌های مدفوعی/غیرمدفوعی (کلیفرم کل و باکتری‌های هتروتروف) و نیز شاخص غیرمدفوعی (سودوموناس آئروژنز) در دو ساحل از سه ساحل مورد بررسی به شدت از استانداردها فراتر بوده است. میانگین شدت آلودگی مشاهده‌شده در مورد اشرشیا کلی که یکی از شاخص‌های مدفوعی می‌باشد در ساحل فرح‌آباد ساری حدود ۴ برابر استاندارد، در ساحل بابلسر حدود ۳ برابر استاندارد و در ساحل چپکرود جویبار یک‌چهارم استاندارد ایران بوده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شنا در سواحل فرح‌آباد ساری و بابلسر می‌تواند سلامت شناگران را به‌طور جدی تهدید نماید

زیرا استانداردها بر اساس شواهد علمی و با هدف جلوگیری از ایجاد بیماری در شناگران وضع شده‌است. در مطالعه Zhang و همکاران بین تعداد پاتوژن‌ها و ژن‌های نشانگر باکتری‌های شاخص در آب سواحل مورد بررسی همبستگی مثبت مشاهده گردیده است. بیشترین ژن‌های نشانگر مشاهده‌شده، مربوط به اشرشیاکلی و کلستریدیوم پرفرنژنس بوده است (۲۰). تعداد اشرشیا کلی در ساحل فرح‌آباد در ۱۰۰ درصد موارد و در بابلسر در ۸۵/۷ درصد موارد، از استاندارد ایران فراتر بوده است درحالی‌که در مورد ساحل چپکرود جویبار، تعداد اشرشیا کلی در تمام نمونه‌ها از استاندارد ایران کمتر بوده است. نتایج مشاهده‌شده در مورد تعداد اشرشیا کلی در ۳ ساحل مورد بررسی با نتایج مطالعه زکریایی و همکاران (۲۰۱۴ که کمترین میزان آلودگی را در ساحل جویبار مشاهده کرده‌اند مطابقت دارد هر چند از نظر میانگین‌های به‌دست‌آمده بین دو مطالعه، تفاوت‌هایی نیز وجود داشت (۳۳).

بزرگترین میانگین انتروکوکسی مشاهده‌شده مربوط به ساحل فرح‌آباد ساری (۱۳۴ MPN/۱۰۰ cc) و کمترین آن مربوط به ساحل چپکرود جویبار (۷۴ MPN/۱۰۰ cc) بوده است. ۸۵/۷ درصد نمونه‌های فرح‌آباد ساری، ۷۱/۴ درصد نمونه‌های چپکرود جویبار و ۱۰۰ درصد نمونه‌های ساحل بابلسر از استاندارد ایران فراتر بوده‌اند. برخلاف یافته‌های مربوط به اشرشیا کلی در شناگاه ساحلی چپکرود جویبار، این شناگاه ساحلی از نظر شاخص انتروکوکسی با استاندارد ایران مطابقت ندارد. استرپتوکوکسی/انتروکوکسی (دو نام برای یک گروه از باکتری‌ها) یکی از شاخص‌های استاندارد آلودگی مدفوعی محیط‌های آبی می‌باشند. به‌طور اختصاصی‌تر استرپتوکوکوس فیکالیس برای آب‌های شناگاه‌های ساحلی مورد توجه قرار گرفته است که علت آن شوری حدود ۳۵ گرم بر لیتر آب‌های ساحلی می‌باشد اما آب دریای خزر دارای شوری بسیار کمتری است (۱۳-۱۰ گرم بر لیتر) و بنابراین تعیین شاخص مناسب و سطح آن برای این آب اهمیت زیادی داشته و شایسته‌ی بررسی است (۳۴). با توجه به نسبت اشرشیا کلی به انتروکوکسی که در سه ساحل فرح‌آباد ساری، بابلسر و چپکرود جویبار به ترتیب برابر ۶/۷۰، ۴/۵۶ و ۰/۷۶ به دست آمده است و براساس رابطه‌ی بین نسبت فوق و نوع آلودگی می‌توان نتیجه گرفت که آلودگی در ساحل‌های فرح آباد ساری و بابلسر قطعا از نوع انسانی می‌باشد اما در مورد ساحل چپکرود جویبار با توجه به این‌که در محدوده‌ی ۲/۲ - ۰/۷ قرار دارد از نوع گرایش به حیوانی می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتیجه مطالعه زکریایی و همکاران تقریبا شباهت داشت (۳۳). در مطالعه Chenug و همکاران در هنگ‌گنگ نیز ۶ ساحل به مدت ۱۰ ماه از نظر شاخص انتروکوکسی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که تعداد باکتری در دو مورد از آلوده‌ترین سواحل، ۴۱ cfu/۱۰۰ cc و ۱۲۱ cfu/۱۰۰ cc مشاهده گردیده است (۳۵). بر اساس جدول ۶، تفاوت مشاهده‌شده در میانگین باکتری‌های مورد بررسی بین سواحل فرح‌آباد ساری و بابلسر با چپکرود جویبار معنی‌دار و بین ساحل فرح‌آباد با ساحل بابلسر از نظر اشرشیا کلی و انتروکوکسی (دو شاخص جهانی آلودگی مدفوعی) معنی‌دار نمی‌باشد. براساس تصویر ۱ وضعیت سواحل فرح‌آباد ساری و بابلسر از نظر نزدیکی به منابع ورود آلودگی به همدیگر شبیه و با ساحل چپکرود جویبار کاملا متفاوت می‌باشد به عبارت دیگر یکی از دلایل تفاوت این شناگاه‌ها با هم می‌تواند عدم وجود رودخانه و ورود آلودگی توسط آن در ساحل چپکرود باشد. علاوه بر این تراکم مردم و شناگران در سواحل شناخته شده تر و نیز عدم وجود امکانات بهداشت کافی و مناسب نیز مطرح می‌باشد.

بررسی موقعیت مکانی شناگاه‌ها و منابع ورود آلودگی به سواحل (تصویر ۱) نشان می‌دهد که در فاصله حدود یک کیلومتری ساحل فرح‌آباد ساری و ۱/۵ کیلومتری بابلسر رودخانه‌هایی به دریا می‌ریزند که از مناطق مسکونی عبور کرده‌اند. این رودخانه‌ها علاوه بر رواناب‌های آلوده‌ی شهری، به دلیل بالابودن سطح ایستایی منطقه می‌توانند پساب فاضلاب‌های انسانی را نیز با خود حمل کرده و وارد دریا نمایند. بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۵ کشور ایران، ۹۵/۶ درصد واحدهای مسکونی استان مازندران دارای چاه جذبی، ۰/۳۹ درصد دارای سپتیک تانک و فقط ۲/۶ درصد مشترک شبکه جمع‌آوری فاضلاب بوده‌اند که این رقم در سال ۱۳۹۴ فقط به ۱۲ درصد افزایش یافته است. با در نظر گرفتن عدم دسترسی اکثر مردم به شبکه‌ی جمع‌آوری فاضلاب، سطح ایستایی نوار ساحلی مورد بررسی (۱ تا ۱۰ متر) و میزان بارندگی سالانه ۶۴۰ میلی‌لیتر در سال، می‌توان انتظار داشت که فاضلاب انسانی به‌طور مستقیم و یا از طریق رودخانه به آب‌های ساحلی دریا راه یابد که شدت آلودگی در دو ساحل مورد بررسی (فرح‌آباد ساری و بابلسر) که رودخانه در نزدیکی آن‌ها به دریا تخلیه می‌گردد می‌تواند موید این موضوع باشد. بر اساس مطالعه Bruckner و همکاران، بارندگی و ورود رواناب‌ها می‌تواند باعث افزایش تعداد باکتری‌های اشرشیا کلی و انتروکوکسی گردد به‌گونه‌ای که شدت آلودگی می‌تواند به ۲ تا چند صد برابر افزایش یابد که علت آن، هم شستشدن آلودگی و ورود آن به آب و هم تامین مواد غذایی جهت رشد باکتری‌ها می‌باشد .(۲۴) مطالعه‌ای در ۸ ساحل کالیفرنیا نشان داده است که موج‌سواری در مواقع بدون بارندگی با مواقع بارندگی از نظر سطح تهدید موج‌سواران و بیماری‌های عفونت گوارشی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و همچنین به دلیل بلع بیشتر آب توسط موج سواران، سطح تهدید آن‌ها از شناگران بیشتر است. در مواقع بارندگی سطح آلودگی به انتروکوکسی و اشرشیا کلی افزایش یافته و در ۲۸ درصد موارد از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا فراتر رفته است (۳۶). همچنین تعداد شناگران، نبودن سرویس‌های بهداشتی یا ناکافی بودن آن‌ها، عدم دفع صحیح فاضلاب انسانی تولیدی در سواحل، عدم دفع صحیح زباله و جزر و مد دریا به عنوان عوامل آلودگی مطرح می‌باشند. مدیریت کاربری زمین و مزارع در حوزهی آبریز نیز نقش مهمی در انتقال

باکتری‌های شاخص مدفوعی از خاک به آب خواهد داشت (۴).

یافته مهم دیگر در مورد این شناگاه‌های ساحلی آن است که به‌رغم میانگین تعداد اشرشیا کلی، میانگین تعداد کلیفرم کل در هیچ موردی از استاندارد آب‌های تفریحی ایران فراتر نبوده است درحالی‌که در مورد اشرشیا کلی در ساحل فرح‌آباد در ۱۰۰ درصد موارد و در ساحل بابلسر در ۸۵/۷ درصد موارد از حد استاندارد تجاوز نموده است. این یافته نیز نشان می‌دهد که آلودگی مشاهده‌شده در سواحل منشا مدفوعی دارد.

کمترین میزان کدورت نیز در ساحل چپکرود جویبار مشاهده شده است (جدول۵) که بهترین کیفیت میکروبی را داشته است که موید یافته‌های دیگر این پژوهش است. همچنین هر چند شاخص‌های سودوموناس آئروژنز و باکتری‌های هتروتروف برای آب تصفیه‌شده استخرهای شنا تعریف شده‌اند اما با توجه به این‌که تدوین آن‌ها بر اساس شواهد و مدارک علمی در مورد تاثیرگذاری سطح آن‌ها بر سطح سلامت شناگران صورت گرفته است فراتر بودن مقادیر میانگین و تعداد موارد بالاتر از استاندارد آن‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که شنا در آب‌های هر سه ساحل به‌خصوص دو ساحل فرح‌آباد ساری و بابلسر می‌تواند برای شناگران مخاطره‌آمیز باشد.

میانگین سطح آلودگی شناگاه‌های مورد بررسی هم از نظر شاخص‌های جهانی آلودگی مدفوعی آب‌های ساحلی و هم از نظر استانداردهای کیفیت میکروبی استخرهای شنای ایران، در دو ساحل به شدت از استانداردها فراتر (۳ تا ۴ برابر) و در یک ساحل پایین‌تر از استاندارد ایران بوده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شنا در برخی سواحل آلوده می‌تواند سلامت شناگران را تهدید نماید. بررسی موقعیت مکانی شناگاه‌ها و منابع ورود آلودگی به سواحل نیز نشان می‌دهد که در فاصله حدود یک کیلومتری از سواحل آلوده، رودخانه‌هایی به دریا می‌ریزند که از مناطق مسکونی عبور کرده‌اند. این رودخانه‌ها علاوه بر رواناب‌های آلوده‌ی شهری، به دلیل بالابودن سطح ایستایی منطقه می‌توانند پساب فاضلاب‌های انسانی را نیز با خود حمل کرده و وارد دریا نمایند. با توجه به اهمیت کیفیت آب شناگاه‌های ساحلی هم از نظر زیست‌محیطی و هم از نظر حفظ سلامت مسافران و گردشگران، جمع‌آوری و تصفیه مناسب و کافی فاضلاب‌های انسانی و صنعتی، بهسازی رودخانه و جلوگیری از ورود منابع آلودگی به رودخانه‌ها، مکان‌یابی صحیح شناگاه‌ها و دوری از مصب رودخانه‌ها و نیز ایجاد امکانات بهداشتی کافی و مناسب، راهکارهایی است که می‌تواند به ارتقا کیفیت آب شناگاه‌های ساحلی کمک نماید.

۱.۵. محدودیت‌های مطالعه

در مورد محدودیت‌های این مطالعه میتوان به تعداد محدود شناگاه‌های مورد بررسی (۳ شناگاه) و مدت مطالعه (حدود۳ ماه) اشاره نمود لذا پیشنهاد می‌گردد این‌گونه مطالعات در سواحل بیشتر، بازه زمانی طولانی‌تر و نمونه‌برداری‌های متعدد در حد فاصل مصب رودخانه‌ها تا مکان شناگاه‌ها انجام گیرد.

مشارکت نویسندگان:

ایده و طراحی مطالعه: خ. م.، الف. م.، س. م. م. چ. و ط. ر.؛ جمع‌آوری داده‌ها: الف. م.، ط. ر. و س. ل.؛ آنالیز و تفسیر نتایج: خ. م.، الف. م.، س. م. م. چ. و ط. ر.؛ نگارش نسخه اول مقاله: خ. م. ، الف. م. و ط. ر. همه نویسندگان نسخه نهایی مقاله را بررسی و تایید نمودند.

بازیابی داده‌ها:

مجموعه داده ارائه شده در مطالعه با درخواست از نویسنده مربوطه در حین ارسال یا پس از انتشار در دسترس است.

تضاد منافع:

نویسندگان مقاله اعلام می‌نمایند که در این پژوهش هیچ گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

کد اخلاق:

IR.SEMUMS.1395.100

حمایت مالی /معنوی:

این پژوهش با حمایت دانشگاه علوم پزشکی سمنان انجام شده است لذا نویسندگان مقاله لازم می‌دانند مراتب قدردانی خود از دانشگاه علوم پزشکی سمنان را اعلام نمایند.

References

1. Marshall FE, Banks K, Cook GS. Ecosystem indicators for Southeast Florida beaches. *Ecological Indicators*. 2014;**44**:81-91. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.021.
2. Wheeler Alm E, Burke J, Spain A. Fecal indicator bacteria are abundant in wet sand at freshwater beaches. *Water Res*. 2003;**37**(16):3978-82. [PubMed ID:12909116]. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00301-4.
3. Praveena SM, Chen KS, Ismail SN. Indicators of microbial beach water quality: preliminary findings from Teluk Kemang beach, Port Dickson (Malaysia). *Mar Pollut Bull*. 2013;**76**(1-2):417-9. [PubMed ID:24050128]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.08.028.
4. Winter M, Oliver DM, Fish R, Heathwaite AL, Chadwick D, Hodgson C. Catchments, sub-catchments and private spaces: Scale and process in managing microbial pollution from source to sea. *Environ Sci Policy*. 2011;**14**(3):315-26. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.10.011.
5. Ashbolt NJ, Schoen ME, Soller JA, Roser DJ. Predicting pathogen risks to aid beach management: the real value

of quantitative microbial risk assessment (QMRA). *Water Res*. 2010;**44**(16):4692-703. [PubMed ID:20638095]. https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.06.048.

6. Berber İ, Avşar C. Investigating to Some Microbial Pollution Parameters of Seawater and Mussels (Mytilus galloprovincialis, Lamarck 1819) of Sinop Black Sea Coastal Zone, Turkey. *Sains Malaysiana*. 2014;**43**(12):1835-42. https://doi.org/10.17576/jsm-2014-4312-04.
7. Brooks WR, Fienen MN, Corsi SR. Partial least squares for efficient models of fecal indicator bacteria on Great Lakes beaches. *J Environ Manage*. 2013;**114**:470-5. [PubMed ID:23186726]. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.09.033.
8. Heaney CD, Exum NG, Dufour AP, Brenner KP, Haugland RA, Chern E, et al. Water quality, weather and environmental factors associated with fecal indicator organism density in beach sand at two recreational marine beaches. *Sci Total Environ*. 2014;**497-498**:440-7. [PubMed ID:25150738]. [PubMed Central ID:PMC4523396]. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.113.
9. Ibrahim HA, Farag AM, Beltagy EA, El-Shenawy MA. Microbial pollution indicators along the Egyptian coastal waters of Suez and Aqaba Gulfs and Red Sea. *J Egypt Public Health Assoc*. 2011;**86**(5-6):111-8. [PubMed ID:22173114]. https://doi.org/10.1097/01.EPX.0000407209.05371.82.
10. Ganji L, Alebouyeh M, Shirazi MH, Ebrahimi Daryani N, Mirshafiey A, Eshraghi SS, et al. [Detection of cdtB gene among enteric bacteria in patients with gastroenteritis and irritable bowel syndrome]. *Koomesh J*. 1397;**21**(1):181-7. Persian.
11. Piccini C, Garcia-Alonso J. Bacterial diversity patterns of the intertidal biofilm in urban beaches of Rio de la Plata. *Mar Pollut Bull*. 2015;**91**(2):476-82. [PubMed ID:25249253]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.08.039.
12. Keswani A, Oliver DM, Gutierrez T, Quilliam RS. Microbial hitchhikers on marine plastic debris: Human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Mar Environ Res*. 2016;**118**:10-9. [PubMed ID:27128352]. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.04.006.
13. Parkhurst DF, Brenner KP, Dufour AP, Wymer LJ. Indicator bacteria at five swimming beaches-analysis using random forests. *Water Res*. 2005;**39**(7):1354-60. [PubMed ID:15862335]. https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.01.001.
14. Bedri Z, Corkery A, O'Sullivan JJ, Deering LA, Demeter K, Meijer WG, et al. Evaluating a microbial water quality prediction model for beach management under the revised EU Bathing Water Directive. *J Environ Manage*. 2016;**167**:49-58. [PubMed ID:26613350]. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.10.046.
15. Griffith JF, Cao Y, McGee CD, Weisberg SB. Evaluation of rapid methods and novel indicators for assessing microbiological beach water quality. *Water Res*. 2009;**43**(19):4900-7. [PubMed ID:19800095]. https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.017.
16. Malki K, Bruder K, Putonti C. Survey of microbial populations within Lake Michigan nearshore waters at two Chicago public beaches. *Data Brief*. 2015;**5**:556-9. [PubMed ID:26958608]. [PubMed Central ID:PMC4773360]. https://doi.org/10.1016/j.dib.2015.10.005.
17. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2012. Available from: https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf.
18. Yau VM, Schiff KC, Arnold BF, Griffith JF, Gruber JS, Wright CC, et al. Effect of submarine groundwater discharge on bacterial indicators and swimmer health at Avalon Beach, CA, USA. *Water Res*. 2014;**59**:23-36. [PubMed ID:24776951]. https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.050.
19. Griffith JF, Weisberg SB, Arnold BF, Cao Y, Schiff KC, Colford JM, Jr. Epidemiologic evaluation of multiple alternate microbial water quality monitoring indicators at three California beaches. *Water Res*. 2016;**94**:371-81. [PubMed ID:27040577]. https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.036.
20. Zhang Q, Eichmiller JJ, Staley C, Sadowsky MJ, Ishii S. Correlations between pathogen concentration and fecal indicator marker genes in beach environments. *Sci Total Environ*. 2016;**573**:826-30. [PubMed ID:27595940]. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.122.
21. Praveena SM, Shamira SS, Ismail SNS, Aris AZ. Fecal indicator bacteria in tropical beach sand: Baseline findings from Port Dickson coastline, Strait of Malacca (Malaysia). *Mar Pollut Bull*. 2016;**110**(1):609-12. [PubMed ID:27289286]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.024.
22. Linglin HLF, Jianrong FLL. ERIC-PCR Fingerprinting of Fecal Escherichia Coli and Microbial Source Tracking in Non-point Pollution of the Shellfish Culture Area of East China Sea. *J Chin Institute Food Sci Technol*. 2012;**8**.
23. Maleki parvari M, Parsaeimehr M, Staji H, Jebellijavan A. [Molecular investigation of the prevalence and detection of enterohemorrhagic Escherichia coli isolated from traditional cheese in Iran]. *Koomesh J*. 2021;**23**(1):174-9. Persian. https://doi.org/10.29252/koomesh.23.1.174.
24. Bruckner A, Catenacci J, Schroeder M. Analysis and Simulation of Bacterial Contamination on an Urban Beach at Lake Michigan. National Conference on Undergraduate Research; Michigan. National Conference on Undergraduate Research; 2012
25. World Health Organization. WHO Recommendations on scientific analytical and epidemiological developments relevant to the parameters for bathing water quality in the bathing water directive (2006-7-ec) Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2018. [Cited:2023]. Available from: https://www.who.int/publications/m/item/who-recommendations-on-scientific-analytical-and-epidemiological-developments-rel-

evant-to-the-parameters-for-bathing-water-quality-in-the-bathing-water-directive-(2006-7-ec).
26. Official Journal of the European Union. EU. Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 Concerning the Management of Bathing Water Quality and Repealing Directive 76/160/EEC. Luxembourg: Official Journal of the European Union; 2006. Available from: https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:064:0037:0051:EN:PDF.
27. EPA united states environmental protection agency. Recreational Water Quality Criteria. Washington, DC: EPA united states environmental protection agency; 2012. [Cited:2023]. Available from: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100NAIE.txt.
28. Environmental Protection Agency. [Iranian Recreational Water Quality Standard]. Tehran, Iran: Environmental Protection Agency; 2014. [Cited:2023]. Persian. Available from: https://www.doe.ir/portal/file/?878240/.
29. Garrido-Perez MC, Anfuso E, Acevedo A, Perales-Vargas-Machuca JA. Microbial indicators of faecal contamination in waters and sediments of beach bathing zones. *Int J Hyg Environ Health*. 2008;**211**(5-6):510-7. [PubMed ID:18248849]. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.09.010.
30. Phillips MC, Feng Z, Vogel LJ, Reniers AJ, Haus BK, Enns AA, et al. Microbial release from seeded beach sediments during wave conditions. *Mar Pollut Bull*. 2014;**79**(1-2):114-22. [PubMed ID:24393380]. [PubMed Central ID:PMC3944643]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.029.
31. Moeinian K, Rastgoo T. [Survey on six microbial quality indices inchlorinated swimming pools and Influence of pool depth and swimmers gender on it (case study)]. *Koomesh J*. 1394;**17**(2):426-32. Persian.
32. America Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D.C: America Public Health Association; 2017. [Cited:2023]. Available from: https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf.
33. Zakaryaee M, Sefatian S, Saeedi A-A, Nasrolahzadeh Saravi H, Adel M. [Microbiological quality of some swimming water in the Caspian Sea in Mazandaran province beaches, Iran]. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2013;**22**(2):159-63. Persian.
34. Irankhah S, Soudi MR, Gharavi S. Ex situ study of Enterococcus faecalis survival in the recreational waters of the southern coast of the Caspian Sea. *Iran J Microbiol*. 2016;**8**(2):101.
35. Cheung PK, Yuen KL, Li PF, Lau WH, Chiu CM, Yuen SW, et al. To swim or not to swim? A disagreement between microbial indicators on beach water quality assessment in Hong Kong. *Mar Pollut Bull*. 2015;**101**(1):53-60. [PubMed ID:26608502]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.029.
36. Tseng LY, Jiang SC. Comparison of recreational health risks associated with surfing and swimming in dry weather and post-storm conditions at Southern California beaches using quantitative microbial risk assessment (QMRA). *Mar Pollut Bull*. 2012;**64**(5):912-8. [PubMed ID:22472787]. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.009.

doi: 10.69107/koomesh-149431

Volume 26, Issue 3, May 2024

Research Article

Level of Global Indicators of Fecal and Non-fecal Pollution in Caspian Sea Coastal Swimming Waters in Mazandaran Province–Iran

Atena Merrikh [1], Seyed Mahmoud Mehdinia Chubi [2], Syyareh Larimian [1], Tayyabeh Rastgoo [3], Khalilollah Moeinian [3,*]

[1]*Students Research Committee, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran*

[2]*Department of Environmental Health Engineering, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran*

[3]*Department of Environmental Health Engineering, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran*

[*]*Corresponding Affiliation:* Department of Environmental Health Engineering, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran. Email: khalilollahmoeinian@gmail.com

Received 03/09/2023; Accepted 01/06/2024

Abstract

Background: How to dispose of sewages and effluents is an important factor affecting the level of microbial pollution in coastal swimming water. This research aimed to determine the level of global fecal indicators and some indicators of swimming pools in Iran in three coastal swimming waters in Mazandaran province, Iran.

Materials and Methods: Samples were taken 7 times from each of the licensed coastal swimming waters for women in a two-week interval. The number of Total Coliform, Escherichia coli, Enterococci, Pseudomonas aeruginosa, and Heterotrophic Bacteria and the amount of Turbidity, pH, and Electrical Conductivity were determined according to the 23rd edition of the book "standard methods for Water and Wastewater examination".

Results: The observed number of Escherichia coli in the licensed coastal swimming waters of Sari, Babolsar, and Joibar was higher than the Iranian recreational water standard in 85.7 ,100, and 0.0 percent of cases, respectively. Also, the number of Enterococci was higher than the Iranian standard in 100 ,85.7, and 71.4 percent of cases, respectively. The average number of Pseudomonas aeruginosa (CFU/100 mL) was 184 ± 272 ,56 ± 124 and 55 ± 103, respectively.

Conclusion: The level of pollution in the three coastal swimming waters was unacceptable in terms of at least one of the global fecal indicators and can endanger the health of swimmers. Based on the ratio of Escherichia coli to Enterococci, the type of contamination in Sari and Babolsar is definitely of human type but in Joibar is of animal type.

Keywords: Seawater, Swimming, Fecal, Enviromental Pollution, Escherichia coli, Enterococci, Pseudomonas aeruginosa

Copyright © 2024, Merrikh et al. This open-access article is available under the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) International License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which allows for unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided that the original work is properly cited.