بررسی اثر فاکتورهای مؤثر بر کاهش بار میکروبی آب با استفاده از فنّاوری گندزدایی با نور خورشید

حامد اقدسی[1]، فتح‌اله غلامی بروجنی[2*]، سعید حسین‌پور[3]

تاریخ دریافت 1393/04/18 تاریخ پذیرش 1393/06/23

چکیده

پیش‌زمینه و هدف: امروزه استفاده از روش‌های کم‌هزینه و در دسترس عموم، جهت تصفیه حداقلی آب‌های سطحی به‌منظور شرب در شرایط عدم دسترسی به آب تصفیه‌شده و در مواقع اضطراری موردتوجه سازمان‌های بهداشتی و جهانی واقع شده است. فنّاوری SODIS به معنی استفاده از نور خورشید جهت گندزدایی آب، یکی از مهم‌ترین این فنّاوری‌هاست. در این مطالعه به بررسی تأثیر طیف UV-A نور خورشید در گندزدایی آب‌های سطحی در شرایط آب و هوایی شهر ارومیه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها: در یک مطالعه تجربی – مقطعی در طی ماه‌های خرداد و تیر ۱۳۹۲ از یک منبع آب سطحی در طی ۹ روز، نمونه‌برداری انجام شده است. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و بررسی پارامترهای بار اولیه میکروبی، کدورت،pH و دمای آب، در ۲ نوع ظرف شفاف PET و شیشه‌ای به مدت ۶ ساعت از ۹ صبح تا ۱۵ در معرض نور خورشید قرار گرفته‌اند و در ۲ بازه زمانی ۳ ساعته آزمایش‌های فوق بر روی نمونه‌های در معرض تکرار گردیده است. مقدار شدت اشعه ماوراءبنفش نور خروشید در طیف UV-A توسط دستگاه هر یک ساعت اندازه‌گیری شده و میانگین شدت به‌دست آمده است. سپس با استفاده از تحلیل آماری ارتباط بین کاهش بار میکروبی با زمان تماس، دمای آب، کدورت، بار اولیه میکروبی آب خام و pH و نوع ظرف موردبررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد میزان کاهش بار میکروبی نمونه‌ها پس از ۳ و ۶ ساعت زمان تماس درصورتی‌که کدورت آب کمتر از NTU ۲۰ باشد، به ترتیب برابر $\log_{10}$ ۰/۳۲ و $\log_{10}$ ۱/۳۲ بوده است. همچنین با افزایش شدت اشعه UV-A راندمان گندزدایی افزایش‌یافته و بار اولیه میکروبی نمونه‌ها تأثیر چندانی در کارایی گندزدایی آب نداشته است. همچنین نتایج مطالعه نشان داد که ارتباط مستقیمی بین دمای آب و دمای محیط با کاهش بار میکروبی نمونه‌ها وجود داشت.

بحث و نتیجه‌گیری: فنّاوری SODIS می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌های گندزدایی آب در شرایط اضطراری محسوب شود.

کلیدواژه‌ها: گندزدایی، بار میکروبی، گندزدایی با نور خورشید

مجله دانشکده پرستاری و مامایی ارومیه، دوره دوازدهم، شماره هفتم، پی‌درپی 60، مهر 1393، ص 531-522

آدرس مکاتبه: گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، تلفن: ۰۴۴-۳۲۷۵۲۳۰۰

Email: gholami_b_f@yahoo.com

مقدمه

باوجود ابداع روش‌های نوین و پیشرفته تصفیه آب در کشورهای توسعه‌یافته، بر طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی ۷۶۸ میلیون نفر از مردم جهان تا سال ۲۰۱۱ از دسترسی به آب بهداشتی محروم بوده و تخمین زده می‌شود که این آمار تا سال ۲۰۱۵ به ۶۰۵ میلیون نفر برسد (۱). سالانه ۴ میلیارد مورد بیماری اسهال عفونی که از بیماری‌های ناشی از آب آلوده هست گزارش می‌گردد و تا سال ۲۰۰۵ به‌طور میانگین سالانه ۱/۸ میلیون مرگ در سرتاسر جهان در اثر بیماری‌های مرتبط با آب آلوده گزارش شده است (۲-۴). در کشور ایران نیز بر طبق گزارش WHO تا سال ۲۰۱۱ میلادی ۵ درصد از مردم به آب بهسازی شده دسترسی ندارند(۵). همچنین در شرایط بحرانی و حوادث غیرمترقبه مانند سیل و زلزله، بخصوص در نواحی روستایی و دور از شهر، امکان آلودگی منابع و عدم دسترسی به آب بهداشتی به‌شدت افزایش می‌یابد. بنابراین استفاده از فنّاوری‌های کم‌هزینه و زودبازده جهت تصفیه حداقلی منابع آب‌های سطحی در مقیاس خانگی که تحت

[1] کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

[2] عضو هیات علمی مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر برسلامت و استادیار گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه (نویسنده مسئول)

[3] عضو هیات علمی گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه

عنوان برنامه‌ی تصفیه خانگی آب (HWT)[1] سازمان بهداشت جهانی هست، می‌تواند در کوتاه‌مدت مناسب باشد(۴). مهم‌ترین روش‌های موجود در این برنامه شامل گندزدایی آب با استفاده از جوشاندن، استفاده از کلر مادر و استفاده از نور خورشید که تحت عنوان فنّاوری SODIS۲[2] شناخت شده می‌باشد(۶). دو روش اول به دلیل عدم دسترسی به منبع انرژی و کلر در شرایط بحرانی و در مناطق دوردست دارای محدودیت می‌باشد. اما با توجه به عدم محدودیت دسترسی به نور خورشید، استفاده از فنّاوری SODIS رایج گشته و در کاهش موارد ابتلا به بیماری اسهال بسیار مؤثر بوده است(۳, ۶, ۷). پروتکل رایج استفاده از این فنّاوری عبارت است از به‌کارگیری یک ظرف (۱-۲) لیتری پلی‌اتیلن تری فتالات[3] (PET) شفاف و قرار دادن آن به مدت ۶ ساعت در معرض نور خورشید در شرایط آفتابی یا ۴۸ ساعت در شرایط ابری می‌باشد(۸). اشعه ماوراءبنفش دریافتی از خورشید عامل گندزدایی آب می‌باشد. طیف اشعه ماوراءبنفش خورشید در محدوده ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر می‌باشد که به سه بخش UV-A، UV-B و UV-C تقسیم می‌شود ولی بخش اعظم این اشعه که به سطح زمین می‌رسد در محدوده ۴۰۰-۳۲۰ نانومتر می‌باشد که به این محدوده فرکانسی UV-A گفته می‌شود (۹, ۱۰). طیف UV-A از ۲ طریق باعث نابودی میکرو ارگانیزم‌های موجود در آب می‌گردد: ۱- جذب در DNA و شکستن پیوندهای تیمین و یا ایجاد جهش ژنی در DNA ۲- جذب در ترکیبات آلی محلول در آب و تولید ترکیبات اکسیدکننده مانند سوپر اکسیدها (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل ($OH^\bullet$) (۹, ۱۱). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۰ در کشور انگلستان انجام گرفت مشخص گردید که در جریان UV-A با شدت ۱۵۰ وات بر مترمربع در مدت‌زمان تماس ۲ تا ۶ ساعت یک کاهش معنادار (3-4 $\log_{10}$) در تعداد میکرو ارگانیزم‌های موجود در آب آلوده مانند اشرشیاکلی، کاندیدا آلبیکانس و فوساریوم سولانی صورت می‌پذیرد(۱۲). در تحقیق دیگر که در سال ۲۰۰۳ در کشور پرو انجام گرفت مشخص گردید که با قرارگیری آب آلوده رودخانه در معرض نور خورشید در ساعات میان‌روز به مدت ۳۰ دقیقه کاهش (4 $\log_{10}$) در تعداد باکتری‌های آب مشاهده می‌گردد (۱۳).همچنین در پژوهشی که در سال ۱۳۸۴ در ایران صورت پذیرفت مشخص گردید که با استفاده از ظروف PET شفاف در طول‌موج ۲۵۴ نانومتر اشعه ماوراءبنفش، کاهش ۹۹/۹ درصدی در تعداد باکتری‌های آب آلوده با استفاده از روش کشت ۵ لوله‌ای مشاهده می‌شود(۱۴). کشور ایران به‌واسطه موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و وضعیت زمین‌شناختی ازجمله کشورهای بلاخیز جهان محسوب می‌شود به‌گونه‌ای که به‌طور میانگین سالانه ۸۰۰۰ مورد زلزله در ایران رخ می‌دهد و به‌طور میانگین در ۲۵ سال گذشته در هرسال ۳۹ سیل در کشور ایران رخ داده است که ۱۲درصد از این سیل‌ها جزء سیل‌های بسیار مهم و با خسارت و تلفات فراوان بوده است(۱۵). از عمده‌ترین مشکلاتی که در شرایط اضطراری مردم با آن مواجه می‌شوند مشکل تأمین آب آشامیدنی سالم است که هم در هنگام حادثه و هم بعد از حادثه سلامت مردم را تهدید می‌کند و در صورت بی‌توجهی در نظارت بر کیفیت آب احتمال افزایش بیماری‌های گوارشی ازجمله و با و اسهال عفونی ایجاد می‌شود.

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر پارامترهای بار اولیه میکروبی کدورت، رنج دمای محیط و آب، شدت اشعه UV-A و جنس ظرف، در کارایی فنّاوری SODIS در گندزدایی آب‌های سطحی شهر ارومیه با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه موردمطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی- مقطعی بوده که باهدف بررسی تأثیر گندزدایی نور خورشید در طیف خاصی از پرتوی ماوراءبنفش در محدوده UV-A (۴۰۰-۳۲۰ نانومتر) انجام پذیرفته است. با توجه به تابش حداکثری نور خورشید و کمترین درصد ابرناکی در فصول بهار و تابستان، در طی ۲ ماه خرداد و تیر سال ۱۳۹۲ نمونه‌برداری به تعداد ۹ مرتبه (۳ روز آفتاب، ۳ روز نیمه‌ابری و ۳ روز ابری) از یکی از انشعابات رودخانه نازلو چای ارومیه انجام گرفته است. پیش از شروع نمونه‌برداری ظروف نمونه‌برداری استریل گردیده است. سپس با رعایت اصول نمونه‌برداری از آب‌های سطحی، نمونه تهیه گردیده و در ۲ نوع ظرف روشن و شفاف با دو جنس مختلف (PET و شیشه‌ای) ریخته شده و به آزمایشگاه منتقل گردیده است تا بر اساس روش‌های استاندارد ارائه‌شده برای آنالیز آب و فاضلاب(۱۶)، آزمایش‌های تعیین کدورت،pH و بار اولیه میکروبی به‌منظور تعیین کل کلیفرم و کلیفرم مدفوعی با روش تخمیر ۱۵ لوله‌ای برای نمونه خام اولیه انجام پذیرد .سپس نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت از ۹ صبح تا ۱۵ به شکل افقی در مقابل نور خورشید قرار گرفته‌اند (شکل ۱) و بعد از ۳ و ۶ ساعت تمامی آزمایش‌های فوق برای نمونه در معرض نور خورشید تکرار گردیده تا تأثیر این روش در کاهش بار میکروبی و سایر پارامترهای ذکرشده در بازه‌های زمانی ۳ ساعته مشخص گردد.با استفاده از دستگاه UV-A متر (مدلCHY-732 با ضریب دقت ۴% ±) شدت اشعه UV-A رسیده به سطح ظرف در ۳ مرتبه

[1] Household Water Treatment
[2] Solar Disinfection (SODIS)
[3] Polyethylene Terephthalate

(در ساعت‌های ۹، ۱۲، ۱۵) اندازه‌گیری گردیده و برحسب میکرو وات بر سانتی‌متر مربع ($\mu w/cm^2$) ثبت گردیده است. همچنین با استفاده از دماسنج دمای آب به هنگام نمونه‌برداری و در بازه‌های ۳ ساعته قرارگیری در معرض نور خورشید ثبت و اندازه‌گیری گردیده است.

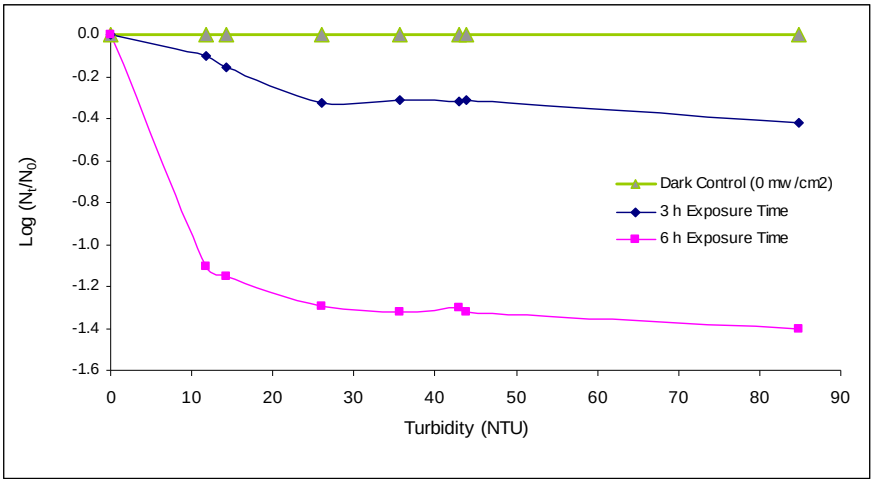
۵ نوبت اول این آزمایش با استفاده از ظرف PET انجام گرفته و نوبت‌های ششم و هفتم به‌طور همزمان با استفاده از دو نوع جنس PET و شیشه‌ای و با استفاده از یک نمونه مشترک صورت پذیرفته تا تأثیر این روش گندزدایی در یک غلظت معین از آلودگی میکروبی و پارامترهای شیمیایی، در دو ظرف مختلف مشخص گردد. در نوبت‌های هشتم و نهم، نمونه مشترک در دو ظرف با جنس‌های ذکرشده ریخته شده و در سایه قرار داده شده است تا تأثیر تابش غیرمستقیم و شدت پائین UV-A نیز بررسی گردد. همچنین آمار هواشناسی شامل پارامترهای دما، رطوبت و بیشترین مقدار ابرناکی در روزهای نمونه‌برداری از سازمان هواشناسی اخذ و ثبت گردیده است. با توجه به وقوع بارندگی در چند روز قبل از شروع تحقیق، به‌تدریج از ابتدا تا انتهای تحقیق از کدورت آب سطحی موردبررسی کاسته شده است. سپس با استفاده از آنالیز آماری رگرسیون خطی، با استفاده از نرم‌افزار MS Excel ارتباط بین کدورت، شدت اشعه، تأثیر مداخله‌ای عوامل هواشناسی (دمای هوا)، دمای آب، بار اولیه میکروبی و جنس ظرف با میزان کاهش بار میکروبی به‌دست‌آمده است. در تمامی آزمایش‌ها از نمونه‌های شاهد که به‌دوراز نور خورشید نگهداری می‌شدند به‌عنوان نمونه‌های کنترلی استفاده شده است.

شکل (۱): بطری‌های آب در معرض نور خورشید

یافته‌ها

بررسی ارتباط بین میزان کدورت و کاهش بار میکروبی آب:

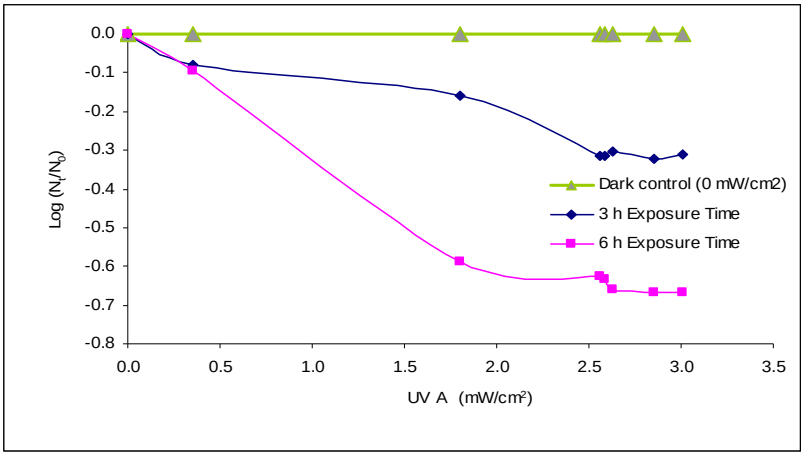
به‌منظور بررسی ارتباط بین میزان کدورت و کاهش بار میکروبی آب، در این مطالعه کارایی گندزدایی با نور خورشید در دامنه کدورت NTU ۸۷-۱۰ موردبررسی قرار گرفت. نتایج این بخش در نمودار شماره ۱ آورده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد با افزایش کدورت آب میزان کاهش بار میکروبی نمونه‌ها افزایش یافته است ولی با افزایش کدورت از NTU ۲۷ کاهش بار میکروبی جزئی بوده است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد زمان تماس ۶ ساعت کارایی بالاتری در کاهش بار میکروبی نمونه‌ها داشته است. درصورتی‌که در نمونه‌های شاهد که به‌دوراز نور خورشید نگهداری شده‌اند هیچ‌گونه کاهشی در بار میکروبی نمونه‌های آب دیده نشده است. میزان کاهش بار میکروبی نمونه‌ها پس از ۳ و ۶ ساعت زمان تماس به ترتیب برابر $\log_{10}$ ۰/۳۲ و $\log_{10}$ ۱/۳۲ بوده است.



نمودار شماره (۱): ارتباط بین میزان کدورت و کاهش بار میکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS (زمان تماس ۶-۳ ساعت و متوسط شدت تابش UV-A برابر mw/Cm^2 ۲/۵)

بررسی ارتباط بین شدت تابش UVA و کاهش بار میکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS:

به‌منظور بررسی ارتباط بین شدت تابش UVA و کاهش بار میکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS، گندزدایی آب در شدت تابش UV-A بین mW/Cm^2 ۳-۰ در روزهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در نمودار شماره ۲ آورده شده است. نتایج این بخش از مطالعه نشان داد با افزایش شدت اشعه UV-A راندمان گندزدایی افزایش شدیدی داشته است بطوری که با افزایش شدت تابش از mw/Cm^2 ۰/۵ به ۱/۷۵، راندمان گندزدایی از log_{10} ۰/۱ به log_{10} ۰/۶۵ افزایش داشته است.

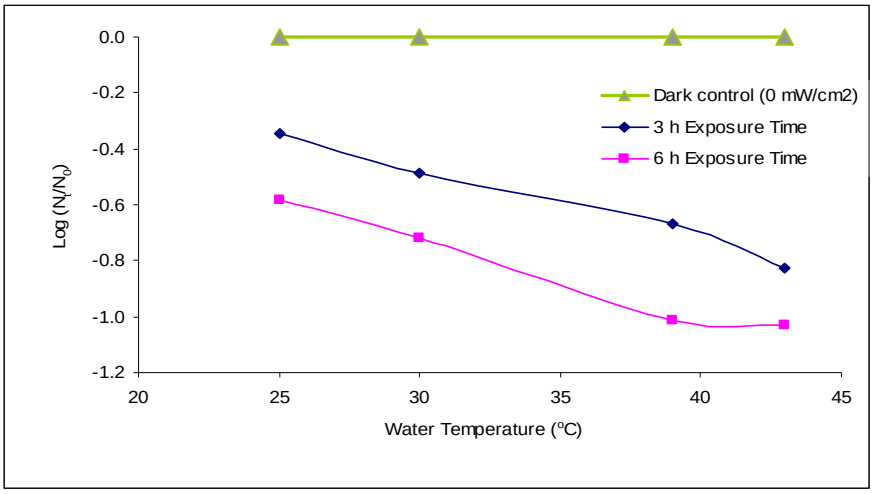


نمودار شماره (۲): ارتباط بین شدت تابش UVA و کاهش بار میکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS (کدورت ۲۰ NTU)

بررسی ارتباط بین دمای آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS:

به‌منظور بررسی ارتباط بین دمای آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS، در این مطالعه در روزهای مختلف، تغییرات دمایی متفاوت دمای آب در ساعات مختلف روز مورد پایش قرار گرفت و همزمان با اندازه‌گیری دمای آب، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری بار میکروبی ثانویه انجام شد. دامنه دمایی آب مورد مطالعه در این پژوهش ۴۳-۲۵ ^{o} C بوده است. نتایج این مطالعه نشان داد با افزایش دما میزان کاهش بار میکروبی افزایش یافته است بطوری که در دمای ۲۵ ^{o} C در مدت

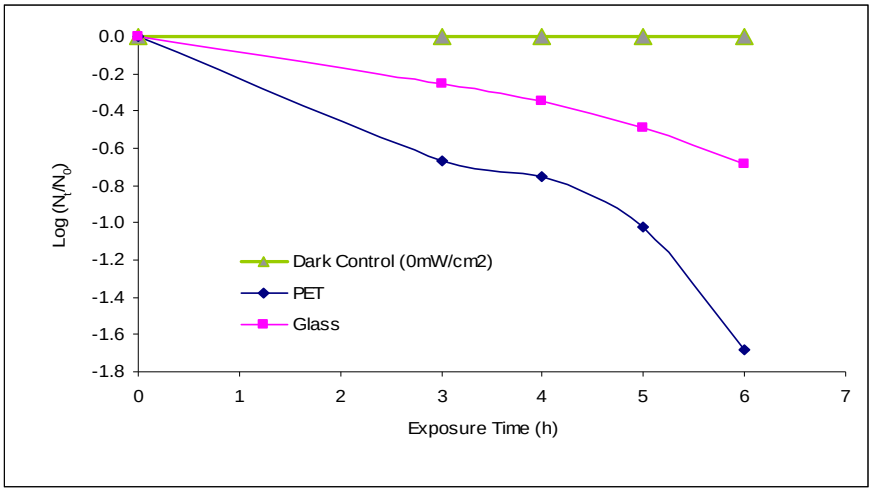
زمان ۶ ساعت تماس با نور خورشید کاهش بار میکروبی برابر log $_{10}$ ۰/۶ بوده و با افزایش دما تا ۴۳ ^{o}C این میزان کاهش به log $_{10}$ ۱/۱ رسیده است. در این مدت هیچ‌گونه تغییری در بـار میکروبـی آب در نمونه‌های شاهد دیـده نشـده اسـت. نتـایج ایـن بخـش در نمودار شماره ۳ آورده شده است.



نمودار شماره (۳): ارتباط بین دمای آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS (کدورت ۲۰ NTU و متوسط شدت تابش UV-A برابر mw/Cm^2 ۲/۵)

بررسی ارتباط بین زمان تماس و کاهش بار میکروبی آب در انواع مختلف ظروف با استفاده از فنّاوری SODIS:

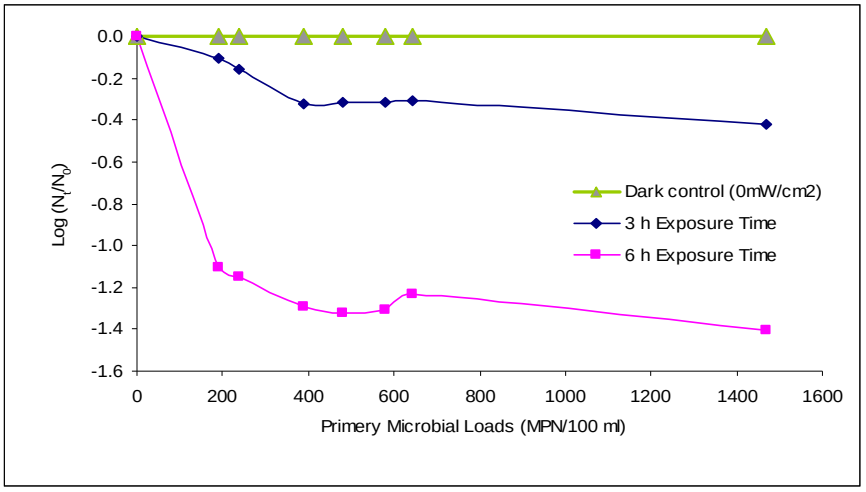
به‌منظور بررسی ارتباط بین زمان تماس و کاهش بار میکروبی آب در انواع مختلف ظروف با استفاده از فنّـاوری SODIS، میـزان کاهش بار میکروبـی نمونـه‌هـای مـورد آزمـایش در زمانهـای ۶-۰ ساعت بین زمانهای ۳، ۴،۵ و ۶ ساعت مورد پـایش قـرار گرفـت و نتایج به‌دست‌آمده در نمودار شماره ۴ آورده شده است. همچنـین در این مطالعه به بررسی اثـر نـوع ظـرف نمونـه روی کـاهش بـار میکروبی در دو نـوع ظـرف شیشـه‌ای و PET مـورد بررسـی قـرار گرفت. نتایج این مطالعـه نشـان داد ظـروف PET در مـدت زمـان تماس ۶ ساعته با نور خورشید منجر به کاهش log $_{10}$ ۱/۷ در بـار میکروبی شده است درصورتی‌که در همین شرایط ظروف شیشه‌ای منجر به کاهش log $_{10}$ ۰/۷ در بار میکروبی نمونه‌ها شده است.



نمودار شماره (۴): ارتباط بین زمان تماس و کاهش بار میکروبی آب در انواع مختلف ظروف با استفاده از فنّاوری SODIS (کدورت ۲۰ NTU و متوسط شدت تابش UV-A برابر mw/Cm^2 ۳)

بررسی ارتباط بین باراولیه میکربی آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS:

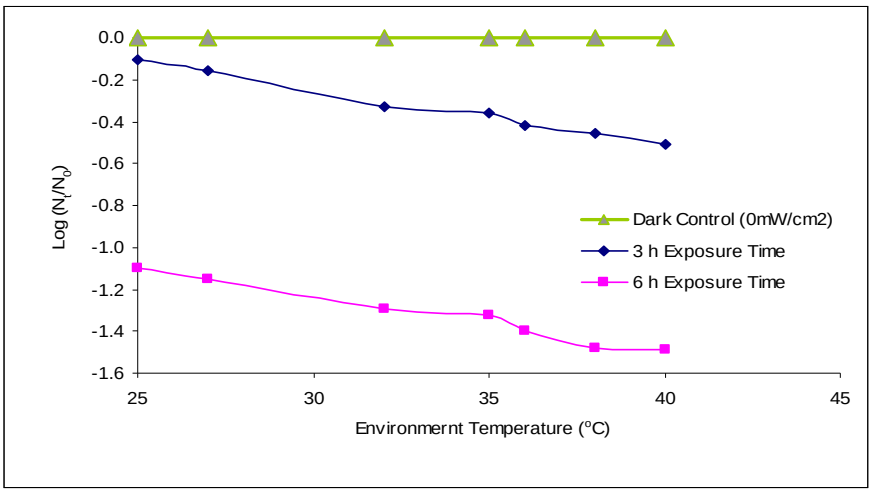
به‌منظور بررسی ارتباط بین باراولیه میکربی آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS، نمونه‌های آب در دامنه بار میکروبی ۱۵۰۰-۲۰۰ MPN/ 100 ml در شرایط یکسان مورد مقایسه قرار گرفتند. همانطور که از نمودار شماره ۵ مشخص است افزایش بار اولیه میکروبی آب تأثیر محسوسی روی کاهش بار میکروبی با استفاده از گندزدایی با نور خورشید نداشته است. بطوری که در بار اولیه میکروبی ۲۰۰ MPN/ 100ml در مدت زمان ۶ ساعت تماس کاهش بار میکروبی $\log_{10}$ ۱/۱۵ بوده است و در بار اولیه میکروبی ۱۵۰۰ MPN/ 100ml در همان شرایط کاهش بار میکروبی به $\log_{10}$ ۱/۴ رسیده است.



نمودار شماره (۵): ارتباط بین باراولیه میکربی آب و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS (کدورت ۲۰ NTU و متوسط شدت تابش UV-A برابر mw/Cm^2 ۳/۵)

بررسی ارتباط بین دمای محیط و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS:

به‌منظور بررسی ارتباط بین دمای محیط و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS، دمای محیط مورد مطالعه با استفاده از داده‌های هواشناسی در مدت مطالعه دریافت شد و مطالعه در دامنه دمایی ^0C ۴۰-۲۵ انجام شد. نتایج این بخش در نمودار شماره ۶ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد با افزایش دما راندمان کاهش بار میکروبی نمونه‌ها افزایش می‌یابد.



نمودار شماره (۶): ارتباط بین دمای محیط و کاهش بارمیکروبی آب با استفاده از فنّاوری SODIS (کدورت ۲۰ NTU و شدت تابش UV-A برابر mw/Cm^2 ۳/۵)

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد در مدت زمان تماس ۶ ساعت، درصورتی‌که کدورت آب کمتر از NTU ۲۰ باشد و از ظروف PET که یک سوم ظرف خالی باشد استفاده شود می‌توان از روش گندزدایی با استفاده از نور خورشید به‌منظور گندزدایی آب استفاده نمود و این روش کارایی خوبی در گندزدایی آب از خود نشان داده است. مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است که کارایی این روش گندزدایی را تأیید می‌کنند. در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی تأثیر پارامترهای شدت تابش، کدورت و مدت زمان تماس با اشعه بر کارایی فنّاوری SODIS در حذف کریپتوسپوریدیوم به روش شبیه سازی آزمایشگاهی صورت پذیرفت مشخص گردید که در دمای ۳۰ سانتی گراد آب با افزایش مدت زمان تماس تا ۱۲ – ۸ ساعت، افزایش شدت اشعه و کاهش کدورت، میزان حذف کریپتوسپوریدیوم افزایش یافته و بهترین حذف در کدورت زیر NTU ۵ به دست آمد و بین این سه پارامتر و میزان حذف همبستگی بالایی وجود داشت ($P<0/05$)(۱۷). همچنین نتایج مطالعه دیگری نشان داد که در غیر فعالسازی اشرشیاکلی، کارایی SODIS به عواملی مانند: ۱- طول موج ۲- میزان DO ۳- شوری آب ۴- شرایط بعد از آزمایش بستگی دارد(۱۸-۲۰). مطالعات تا به امروز از گندزدایی آسان پاتوژن های منتقله از طریق آب تا ۶ ساعت تابش را بیان می‌کنند اما فکال کلیفرم ها با زمان طولانی تر غیر فعال می‌شوند(۲۱, ۲۲). در مطالعه‌ای که در هندوستان به‌منظور بررسی تأثیر شرایط آب و هوایی مختلف بر کارایی فنّاوری SODIS انجام گردید مشخص شد که کاهش آشکاری در تعداد موارد ابتلا به اسهال گاستروانتریتی در استفاده کنندگان از این نوع روش گندزدایی آب ایجاد شده است (۲۳). در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۱ در کشور هائیتی به‌منظور شبیه سازی استفاده از نور خورشید در گندزدایی آب با شدتی معادل شدت واقعی نور خورشید که توسط ماهواره اندازه‌گیری می‌شد انجام گردید، نتایج نشان داد که در زمان تماس ۵ ساعته ۵۲درصد از کل باکتری‌های کلیفرم، اشرشیا کلی و باکتری‌های مولد سولفید هیدروژن نابود شدند و این میزان گندزدایی در روز دوم به ۱۰۰درصد رسید(۹).

در تحقیقی که در سال ۱۳۸۴ در ایران با استفاده از ۲ ظرف غیر شفاف با درصدهای عبور نور ۰/۱درصد و ۰/۸درصد انجام گردید مشخص شد که با تماس ۶ ساعته در دمای ۳۹/۵ درجه سانتی گراد کاهشی معادل $3\log_{10}$ در میزان بار میکروبی آب آلوده ایجاد شده است(۱۴) به نظر می‌رسد تفاوت نتایج این مطالعه با مطالعه حاضر به دلیل دمای بالاتر آب باشد.

سایر مطالعات در این زمینه نشان می دهداگر چه UV-A در مرز نور مرئی قرار دارد و انرژی چندانی ندارد ولی در فعالسازی اکسیژن رادیکال ROS[1] و اکسید کننده‌هایی مانند H_2O_2 و رادیکال هیدروکسیل نقش دارد که خاصیت اکسیدکنندگی بالایی دارند، همچنین نور خورشید می‌تواند توسط اکسیدکننده‌های فتوسنتز مانند اسیدهای هیومیک و کلروفیل های موجود در سطح آب جذب و تولید ROS نمایدکه اثر گندزدایی دارد(۲۴-۲۷). همچنین در دمای بالای ۴۵ اثر سینرژیستی بالایی با حضور نور خورشید در گندزدایی آب ایجاد می‌شود(۲۸). همچنین مطالعات در این زمینه توصیه کردند آب گندزدایی شده باید ظرف مدت ۲۴ ساعت خورده شود تا از آلودگی ناشی از رشد دوباره میکروارگانیزمها جلوگیری شود(۱۰).

نتیجه‌گیری: روش گندزدایی با استفاده از نور خورشید در مواقع اضطراری که امکان استفاده از سایر روش‌های گندزدایی آب مانند گندزدایی شیمیایی (استفاده از گندزداهایی مانند ترکیبات کلر و ید و ...)، فیزیکی (فیلتراسیون، جوشانیدن) وجود ندارد می‌تواند به‌عنوان یک روش مناسب به‌منظور تصفیه در محل مصرف (POU[2]) و جایگزین استفاده شود. البته توصیه می‌شود حتی المقدور یک مرحله صاف سازی آب قبل از گندزدایی به‌منظور کاهش کدورت آب انجام شود.

تقدیر و تشکر

از معاونت محترم تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی ارومیه به خاطر حمایت مالی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم تشکر و قدردانی می‌شود.

[1] Reactive oxygen species
[2] Point of Use

References:

1. WHO. Global Health Observatory (GHO),Water and sanitation 2011 [cited 2013]. Available from: http://www.who.int/gho/mdg/environmental_sustainability/en/.
2. Fontán-Sainz M, Gómez-Couso H, Fernández-Ibáñez P, Ares-Mazás E. Evaluation of the solar water disinfection process (SODIS) against Cryptosporidium parvum using a 25-L static solar reactor fitted with a compound parabolic collector (CPC). Am J Trop Med Hyg 2012;86(2):223–8.
3. Harding AS, Schwab KJ. Using limes and synthetic psoralens to enhance solar disinfection of water (SODIS): a laboratory evaluation with norovirus, Escherichia coli, and MS2. The American journal of tropical medicine and hygiene. 2012;86(4):566-72.
4. Gómez-Couso H, Fontán-Sainz M, Fernández-Ibáñez P, Ares-Mazás E. Speeding up the solar water disinfection process (SODIS) against Cryptosporidium parvum by using 2.5 l static solar reactors fitted with compound parabolic concentrators (CPCs). Acta Tropica 2012;124(3):235-42.
5. WHO. Water and Sanitaion, proportion of population using improved drinking - water sources% 2011 [cited 2013]. Available from: http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/mdg7/atlas.html?indicator=i0&date=2011.
6. Hindiyeh M, Ali A. Investigating the efficiency of solar energy system for drinking water disinfection. Desalination 2010;259(1–3):208-15.
7. Gómez-Couso H, Fontán-Sainz M, McGuigan KG, Ares-Mazás E. Effect of the radiation intensity, water turbidity and exposure time on the survival of Cryptosporidium during simulated solar disinfection of drinking water. Acta Tropica 2009;112(1):43-8.
8. Schmid P, Kohler M, Meierhofer R, Luzi S, Wegelin M. Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water? Water Research 2008;42(20):5054-60.
9. Oates PM, Shanahan P, Polz MF. Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. Water Res 2003;37(1):47-54.
10. McGuigan KG, Conroy RM, Mosler H-J, Preez Md, Ubomba-Jaswa E, Fernandez-Ibañez P. Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. J Hazardous Materials 2012;235–236(0):29-46.
11. Stumm W, Morgan JJ. Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters: John Wiley & Sons; 2012.
12. Heaselgrave W, Kilvington S. Antimicrobial activity of simulated solar disinfection against bacterial, fungal, and protozoan pathogens and its enhancement by riboflavin. Appl Environ Microbiol 2010;76(17):6010–2.
13. Caslake LF, Connolly DJ, Menon V, Duncanson CM, Rojas R, Tavakoli J. Disinfection of contaminated water by using solar irradiation. Appl Environ Microbiol 2004;70(2):1145-51.
14. Mahvi A, Vaezi F, Alimohamadi M, Mehrabitavana A. Use of Solar Radiation in Disinfection of Drinking Water for Non-Urban Areas. Mil Med J 2006;7(4):331-6.
15. NationalDisaterManagemrntOrganization. Iran 2013 [cited 2013] .Available from: http://www.ndmo.org/.
16. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters.20th ed. Washington, DC: American Public Health Association Publishers; 1998.
17. Gómez-Couso H, Fontán-Sainz M, McGuigan KG ,Ares-Mazás E. Effect of the radiation intensity, water turbidity and exposure time on the

survival of< i> Cryptosporidium</i> during simulated solar disinfection of drinking water. Acta tropica 2009;112(1):43-8.

18. Wegelin M, Canonica S, Mechsner K, Fleischmann T, Pesaro F, Metzler A. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. Aqua 1994;43(4):154-69.
19. Reed RH. Solar inactivation of faecal bacteria in water: the critical role of oxygen. Lett Appl Microbiol 1997;24(4):276–80.
20. Khaengraeng R, Reed R. Oxygen and photoinactivation of Escherichia coli in UVA and sunlight. J appl Microbiol 2005;99(1):39-50.
21. Sinton LW, Hall CH, Lynch PA, Davies-Colley RJ. Sunlight inactivation of fecal indicator bacteria and bacteriophages from waste stabilization pond effluent in fresh and saline waters. Appl Environ Microbiol 2002;68(3):1122-31.
22. Sommer B, Marino A, Solarte Y, Salas M, Dierolf C, Valiente C, et al. SODIS- an emerging water treatment process. AQUA(OXFORD) 1997;46(3):127-37.
23. Mani S. Development and evaluation of small-scale systems for solar disinfection of contaminated drinking water in India. School of Applied Sciences. (Dissertation). Northumbria University, Newcastle-upon-Tyne, UK 2006:727.
24. Cooper WJ, Zika RG, Petasne RG, Plane JM. Photochemical formation of hydrogen peroxide in natural waters exposed to sunlight. Environ Science Tech 1988;22(10):1156-60.
25. Gschwend PM, Imboden DM. Environmental organic chemistry: John Wiley & Sons; 2005.
26. Reed RH, Mani SK, Meyer V. Solar photo-oxidative disinfection of drinking water: preliminary field observations. Lett Appl Microbiol 2000;30(6):432–6.
27. Whitelam GC, Codd GA. A rapid whole-cell assay for superoxide dismutase. Anal Biochem 1982;121(1):207–12.
28. McGuigan K, Joyce T, Conroy R, Gillespie J, Elmore-Meegan M. Solar disinfection of drinking water contained in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process. J Appl Microbiol 1998;84(6):1138-48.

Original Article

A SURVEY ON THE APPLICATION OF SOLAR DISINFECTION (SODIS) TECHNOLOGY ON WATER MICROBIAL REDUCTION

*Aghdasi H[1], Gholami Borujeni F[2 *], Hosseinpoor S[3]*

Received: 9 Jul , 2014; Accepted: 14 Sep , 2014

Abstract

Background &Aims: Nowadays, application of low cost available methods for minimum treatment of surface waters for drinking in emergency conditions, and in conditions of non-available healthy water was approved by international healthcare organizations. SODIS technology, i.e., the use of solar radiation for disinfection of water, is one of the most important technologies. In this research, the effect of UV-A radiation of solar in disinfection of surface water in Urmia geological conditions was studied.

Materials & Methods*:* In a cross- sectional study, in June and July of 2013, sampling was done from surface water for 9 days. Then the samples were transferred to laboratory, and the parameters of initial microbial load, turbidity, pH, and water temperature was performed on them. The samples have been exposed to sunlight for 6 hours from 9 to 15 in two types of transparent PET and glass containers. The process was repeated in two 3-hour sessions. The intensity of UV radiation in the UV-A range was measured by UV meter hourly and the average intensity was obtained. By using an statistical analysis, the relationship between reduce of microbial load and contact time, water temperature, turbidity, initial microbial load and pH have been investigated.

Results: The results of this study showed a reduction in microbial load of samples after 3 and 6 hours of exposure time which was 1.32 log10 and 0.32 log 10, respectively, when water turbidity is less than 20 NTU. Also by increasing intensity of UV-A radiation, disinfection efficiency was increased and the initial microbial load of water samples didn't have significant effect on water disinfection. Also results showed that there was a direct relationship between water and environmental temperature with microbial load reduction.

Conclusion: SODIS technology can be considered as a method of water disinfection in emergency conditions.

Key words: Disinfection, Microbial Load, Solar Disinfection

Address: Environmental Health, Urmia University of Medical Sciences
Tel: (+98) 44 32752300

Email:gholami_b_f@yahoo.com

[1] *MSc of Environmental Engineering, Urmia University of Medical Sciences, School of Health*
[2] *Social Determinants of Health Research Center, Assistant Professor of Environmental Health, Urmia University of Medical Sciences(Corresponding Author)*
[3] *Department of Environmental Health, Urmia University of Medical Sciences*