

کارایی فرآیند فراصوت در حذف باکتریهای شاخص مدفعی اشرشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس از آب آشامیدنی

میترا غلامی (PhD)^{۱*}، عمامد دهقانی فرد (MSc)^۲، زهره ضرغام پور (MSc)^۳، رویا میرزاچی (MSc)^۴، محسن دهقانی نیری (BSc)^۵

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت- مرکز سلامت کار ایران، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز

۳- شرکت فاضلاب استان تهران

۴- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

دریافت: ۹۰/۶/۱۶، اصلاح: ۸۹/۱۲/۲۰، پذیرش: ۹۰/۶/۱۶

خلاصه

سابقه و هدف: فرآیندهای متداول گندزدایی آب آشامیدنی قادر به حذف کامل باکتریهای شاخص آلودگی نیستند. لذا استفاده از روش‌های نوین نظیر امواج فراصوت جهت گندزدایی آب آشامیدنی مورد توجه است. در این مطالعه، کارایی فرآیند فراصوت در حذف باکتریهای اشرشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس از آب آشامیدنی بررسی شد.

مواد و روشها: در این مطالعه مقطعی از محلول سنتیک حاوی باکتری اشرشیاکلای و استرپتوکوک مدفعی با غلظت‌های (کلی فورمینگ بونیت/ میلی لیتر) CFU/mL 10^3 و 10^4 و 10^5 استفاده شد. نمونه‌های آب آشامیدنی پس از تلقیح میکروبی در معرض امواج فراصوت با تناوب صوت دهی 10 و 6 و 2 ضربه در ثانیه و زمان تماس 10 و 5 دقیقه قرار گرفتند. معیار سنجش عملکرد گندزدایی، مقدار حذف باکتریهای شاخص از نمونه‌ها بود. شمارش کلیه‌های میکروبی نیز به روش مک فارلند و شمارش بشقابی انجام شد. قدرت دستگاه و غلظت میکروبی در فرآیند غیرفعال سازی باکتریها بوسیله روش مک فارلند مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: در این مطالعه کارایی حذف باکتری اشرشیاکلای با تعداد کلی CFU/ml 10^3 و تناوب صوت دهی 2 ضربه در ثانیه برابر $1/1$ لگاریتم و در تناوب صوت دهی 10 و 6 ضربه در ثانیه، 3 لگاریتم بود ($P < 0.009$). همچنین کارایی حذف برای انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلی CFU/ml 10^4 ، تناوب صوت دهی 2 ضربه در ثانیه و زمان تماس 5 دقیقه به $5/2$ لگاریتم رسید که در مقایسه با 10 و 6 ضربه در ثانیه که 3 لگاریتم بود اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.001$). در زمان تماس 10 دقیقه در تمام تناوب‌ها 3 لگاریتم بود. با افزایش غلظت اولیه میکروبی، کارایی گندزدایی میکروبی به طور معنی داری کاهش یافت ($P < 0.001$).

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان داد که فرآیند فراصوت، در حذف باکتریهای اشرشیاکلای و استرپتوکوک فیکالیس از آب آشامیدنی موثر می‌باشد و این کارایی فرآیند، مستقل از غلظت میکروبی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فراصوت، گندزدایی آب آشامیدنی، اشرشیاکلای، انتروکوکوس فیکالیس.

مقدمه

کرپیتوسپوریدیوم توجه دقیقتری به نحوه و میزان مصرف کلر در فرآیند گندزدایی آبهای، شده است (۲). انواع مختلفی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی نظری ازن زنی، پرتوهای فرابنفش، و پرتوهای یون ساز به عنوان روش‌های جایگزین کلرزنی مطرح شده اند (۳). استفاده از فرآیند فراصوت به دلیل سادگی سیستم و عدم تولید محصولات جانبی نظیر تری هالومتانها که در فرآیند کلرزنی تولید می‌شوند، به عنوان یکی از روش‌های مناسب گندزدایی آب مطرح می‌باشد (۴). استفاده از امواج فراصوت برای حذف میکرووارگانیسمها برای اولین بار در دهه ۱۹۲۰ مطرح شد که

مهم ترین و معمول ترین فرآیند تصفیه آب، گندزدایی است که با هدف اصلی حذف باکتریها، ویروسها و انگل‌ها انجام می‌شود (۱). در انتخاب یک گندزدای خوب و مناسب معیارهای همچون قدرت گندزدایی، سهولت تولید، دسترسی، کاربرد و نیز عدم ایجاد اختلال در کیفیت آب مورد توجه قرار می‌گیرد. کلرزنی یکی از متداول‌ترین روش‌های گندزدایی می‌باشد. اما در سالهای اخیر به علت، احتمال تولید محصولات جانبی به ویژه ترکیبات تری هالومتان و عواقب بهداشتی آن و همچنین مقاومت برخی از گونه‌های میکروبی نظیر آنرموناس و

* مسئول مقاله:

e-mail: gholamim@tums.ac.ir

ادرس: تهران، بلوار کشاورز، خیابان پورسینا، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تلفن: ۰۲۱-۸۸۷۹۱۱۸

روی محلول میکروبی سنتیک حاوی باکتری اشريشیاکلای و استرپتوبوکوهای مدفعوعی انجام شد. سوش باکتری انتروکوکوس فیکالیس (ATCC 11700) از سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران بخش میکروب شناسی، و باکتری اشريشیاکلای (ATCC 25922) از انتستیوپاستور ایران تهیه گردید.

در این مطالعه از فراصوت یکنواخت کنده (Ultrasonic Homogenizer) ساخت شرکت باندلین و مدل سونوپلاس70 استفاده شد. قدرت این دستگاه ۷۰ وات و بسامد امواج فراصوت آن ۲۰ کیلوهرتز بود. در این مطالعه، تائیر تناوب 10^0 و 6^0 ضربه در ثانیه و زمان صوت دهی 10^0 و 5^0 دقیقه، قدرت دستگاه و غلظت میکروبی در فرآیند غیرفعال سازی باکتریهای شاخص آلدگی $3^{\text{cfu/mL}}$, 10^7 , 10^5 , 10^0 بوسیله روش مک فارلن مورد بررسی قرار گرفت. اساس روش بر پایه مقایسه چشمی نمونه مورد نظر با استانداردهای موجود می باشد که بر حسب cfu/mL گزارش می گردد. این روش بر پایه 11 لوله آزمایش که از نمکهای باریم پر شده، استوار است (۱۷). نمونه های آب آشامیدنی مربوط به شبکه آب شهری تهران (دانشکده بهداشت) پس از کلرزدایی توسط تیوسولفات سدیم، تلچیق میکروبی باکتریهای اشريشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس شد. پس از آماده سازی نمونه های اولیه میکروبی، نمونه ها در معرض امواج فراصوت (در زمانها و تناوب ارتعاشات مختلف) قرار گرفته و پس از انجام فرآیند، شمارش مجدد میکروبی به روش شمارش بشقابی و تعیین کارایی غیرفعال سازی میکروبی انجام شد. کارایی حذف میکروارگانیسمها (میزان گندزدایی) بر اساس رابطه چیک-واتسون $\text{Log}N/N_0 = -KIt$ محاسبه شده است (۱۷). در این رابطه N_0 تعداد کلی های قبل از گندزدایی، N تعداد کلی های بعد از گندزدایی و N/N_0 اصطلاحاً کسر بقای میکروبی می باشد. It معادل با ذر صوت دهی (حاصلضرب میزان ارتعاش در زمان) است. بر اساس این فرمول، در ازای یک ذر صوت دهی معین درصد ممکنی از میکروبها قابل حذف خواهد بود. می توان گفت ذری از پرتو که قادر به 90% مرگ و میر میکروبی (معادل با 10% بقا) است، یک لگاریتم کاهش در میزان میکروبها ایجاد نموده است (۱۷).

حجم نمونه ها با توجه به دستور العمل های شرکت سازنده دستگاه و مطالعات اولیه به ترتیب 5 ، 10 و 15 میلی لیتر تعیین گردید. سپس با کمک طراحی سطح پاسخ مدل باکس بنکن با سه متغیر برای بررسی ارتباط بین پاسخهای بدست آمده و متغیرهای فرآیند و بهینه سازی ترکیب متغیرها استفاده شد. این مدل از نوع طراحی درجه دوم بود که مستقل از طراحی فاکتوریل بخشی یا جاسازی شده می باشد. در این مدل، بین $3-10$ متغیر مختلف می توان استفاده نمود. این متغیرها بر اساس ترکیب طراحی فاکتوریل دو سطحی با طراحی ناقص بلوکها استوار می باشد. در این مدل، تنها با انجام برخی از مراحل آزمایش (نسبت به روش فاکتوریل کامل) طراحی با خصوصیات آماری متعدد بوجود می آید (۱۸و۱۹). تعداد کل آزمایش ها 81 بار تعیین گردید که حجم بهینه نمونه در بالاترین درصد حذف باکتریایی ($\text{Log} 3$)، 15 میلی لیتر محاسبه شد. این حجم برای کل تحقیق ثابت در نظر گرفته شد. همچنین قدرت بهینه (Amplitude) برای جم اوری داده ها، با استفاده از آزمونهای مقایسه میانگین ANOVA و T-Test که بر روی مقادیر لگاریتمی تعداد باکتریها بود، تجزیه و تحلیل انجام شد و $p < 0.05$ معنی دار درنظر گرفته شد.

بر مبنای حذف گونه باسیلوس فیشری از آب دریا و در بسامد 375 کیلوهرتز بود. در دهه ۱۹۶۰، مطالعات در مورد اثرات گندزدایی امواج فراصوت، بر شناخت نحوه عمل این امواج قرار گرفت. در سال ۱۹۷۵، مشخص شد که امواج فراصوت موجب کاهش ضخامت دیواره سلولی و فرار سیتوپلاسم به محیط می شود. فرآیند فراصوت باعث ایجاد اثرات فیزیکی و شیمیایی در آب می شود که به دلیل وقوع پدیده خلاء زایی (کاویتاپیون) می باشد. خلاء زایی پدیده ای است هنگام بروز فشار منفی که، منجر به ایجاد جبابهای ریز در مایع می شود (۵-۸). امواج فراصوت موجب ایجاد امواج شوک دهنده و در نتیجه عدم توانایی حذف آلدگی های خلاء زایی و تولید رادیکالهای آزاد (OH^- و O_2^-). این اثرات منجر به تخرب فیزیکی و غیر فعال سازی گونه های میکروبی می گردد (۱۰). یکی از محدودیتهای کاربرد فرآیند فراصوت جهت گندزدایی آب، عدم ماندگاری خاصیت گندزدایی آن در آب و در نتیجه عدم توانایی حذف آلدگی های ثانویه می باشد. با این حال به دلیل عملکرد مناسب این روش و اینکه از این فرآیند می توان در نقاط مصرف، جوامع کوچک و صنایع مختلف که در آنها نیازی به شبکه آبرسانی نمی باشد، استفاده نمود، مورد توجه واقع شده است (۱۱).

کارایی فرآیند فراصوت در حذف گونه های باکتریایی، قارچی، ویروسی و نماتودی در مطالعات مختلفی بررسی شده است. نادئ و همکاران در مطالعه خود دریافتند که سیستم فراصوت، توانایی کاهش باکتری اشريشیاکلای تا کمتر از 10^0 cfu/mL را دارا می باشد. همچنین به کاهش کارایی گندزدایی نشد (۱۰). در غلظت ذرات معلق در این سیستم منجر به کاهش کارایی گندزدایی نشد (۱۰). در مطالعه سو و همکاران مشخص شد که در بسامد 20 کیلوهرتز و زمانهای تماس بین $2-30$ دقیقه، کارایی بهینه حذف آنها در زمانهای تماس بین $15-30$ دقیقه بود (۱۲). نیس و همکاران با بررسی کارایی فرآیند فراصوت در گندزدایی پساب تصفیه خانه فاضلاب، دریافتند که در بسامد 20 کیلوهرتز و مدت زمان 60 دقیقه، حداقل حذف اشريشیاکلای مشاهده شد (۱۳). در مطالعه دیگری مشخص شد که امواج فراصوت موجب کاهش مقاومت اسپورها در مقابل گرما شده و در نتیجه اثر سایر گندزداها بر روی آنها بیشتر می شود (۱۴).

اشريشیاکلای فلور طبیعی روده انسان و حیوان است و به عنوان شاخص احتمالی آلدگی آب در نظر گرفته می شود. حضور این باکتری در آب بیانگر آلدگی آب به مدفوع انسان یا حیوان بوده که این دلیل دیگری بر انتخاب این باکتری به عنوان شاخص است (۱۵). همچنین مدت زنده ماندن این باکتری در آب تقریباً برابر با اکثر باکتری های بیماری را در آب است. انتروکوکوس فیکالیس که زیر مجموعه ای از استرپتوبوکوها محسنته، در بررسی کارایی فرآیند تصفیه خانه مورد استفاده قرار می گیرد و نسبت به اشريشیاکلای مقاومت بیشتری به عوامل گندزدا دارد (۱۵و۱۶).

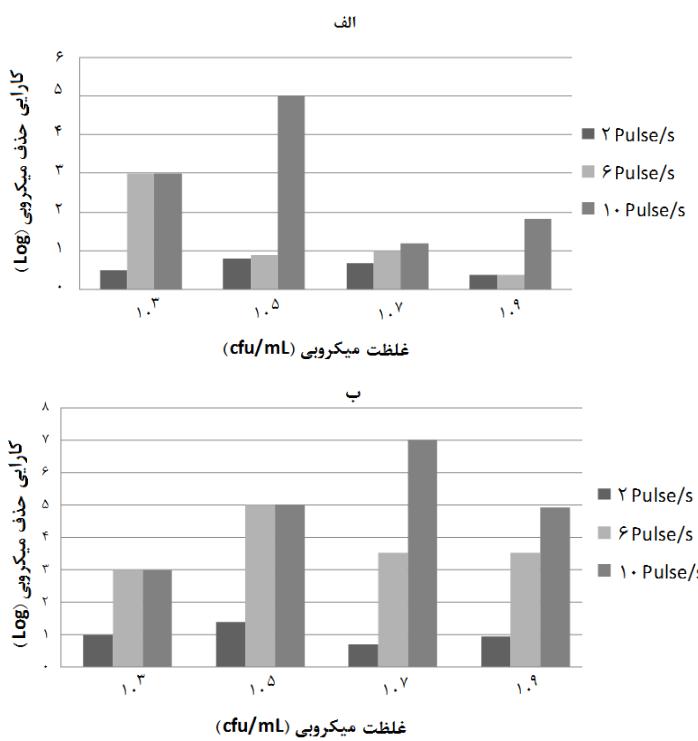
این مطالعه به منظور ارزیابی کارایی فرآیند فراصوت در غیرفعال سازی باکتری های اشريشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس از آب آشامیدنی بر اساس تناوب صوت دهی، زمان تماس و غلظت میکروبی انجام شد.

مواد و روشها

این مطالعه مقطعی در سال ۱۳۸۷ و به مدت 6 ماه در آزمایشگاههای میکروبیولوژی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، بر

در تناوب صوت دهی ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه، که برابر ۳ لگاریتم بود، دارای اختلاف معنی داری بود ($p < 0.001$)^(P). در تعداد کلی 10^5 cfu/mL و تناوب ۱۰ ضربه در ثانیه، میزان حذف بطور کامل انجام شد (Log ۵) که کارایی حذف این باکتری در تناوبهای ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه، دارای اختلاف معنی دار بودند ($p < 0.009$). در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس در تناوب ۲ ضربه در ثانیه برابر $1/4$ لگاریتم و در تناوبهای ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه به مقدار ۵ لگاریتم رسید که کارایی حذف این باکتری، دارای اختلاف معنی دار بود ($p < 0.02$)^(P).

کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلی اولیه cfu/mL 10^7 ، تناوب صوت دهی ۱۰ و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه به ترتیب برابر $7/10$ ، $1/19$ و $1/10$ لگاریتم بود که اختلاف معنی داری نداشتند. همچنین در زمان ۱۰ دقیقه، کارایی حذف این باکتری در تناوبهای ۱۰ و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه به ترتیب برابر $7/10$ ، $3/52$ و $7/2$ لگاریتم بدست آمد که کارایی حذف این باکتری در هر سه تناوب، دارای اختلاف معنی دار بودند ($p < 0.001$)^(P).



نمودار ۲. کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس در مقدادر مختلف غلظتهای میکروبی، تناوب صوت دهی و زمانهای تماس: (الف) ۵ دقیقه، (ب) ۱۰ دقیقه.

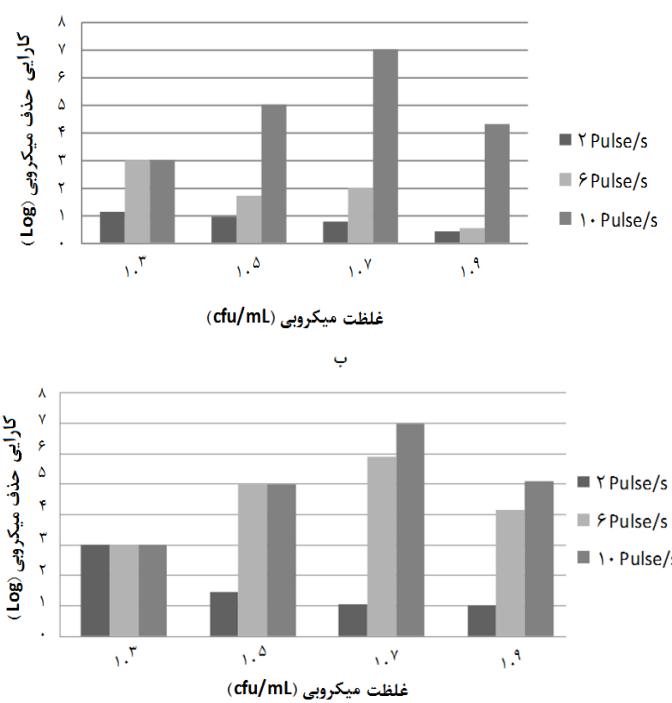
بحث و نتیجه گیری

نتایج مطالعه نشان داد که فرآیند فراصوت در حذف باکتریهای شاخص مدفوعی اشريشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس از آب آشامیدنی موثر می باشد و متغیر زمان تماس باکتری، عامل مهمی در میزان نابودی باکتری های موردنظر بوده است، به طوری که در زمان ۱۰ دقیقه بیشترین میزان حذف برای هر دو باکتری مشاهده شده است و در زمان ۵ دقیقه کمترین حذف روی داده است، اگرچه عملکرد فرآیند فراصوت در حذف باکتری اشريشیاکلای موثرتر بود. دهقانی

یافته ها

نتایج مطالعه نشان داد که فرآیند فراصوت قادر به حذف باکتریهای شاخص مدفوعی از آب آشامیدنی می باشد. همانطور که در نمودار ۱ (الف و ب) مشخص است، در زمان تماس ۵ دقیقه، کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای با تعداد کلی اولیه 10^3 cfu/mL و تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه، میزان حذف این باکتری $1/1$ لگاریتم بود. با این حال، در تناوب صوت دهی ۱۰ و ۶ ضربه در ثانیه، میزان حذف این باکتری به ۳ لگاریتم افزایش یافت که میانگین حذف باکتری ها در این مرحله، دارای اختلاف معنی داری با میانگین سایر مراحل بود ($p < 0.009$). در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف این باکتری در تمام تناوبها برابر ۳ لگاریتم اندازه گیری شد. در تعداد کلی 10^7 cfu/mL و در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای در تناوبهای ۳ و ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه به ترتیب برابر $1/0.5$ ، $1/0.05$ و $1/0.005$ لگاریتم بدست آمد که کارایی حذف این باکتری در هر سه تناوب، دارای اختلاف معنی دار بودند ($p < 0.001$)^(P).

الف



نمودار ۱. کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای در مقدادر مختلف غلظتهای میکروبی، تناوب صوت دهی و زمانهای تماس: (الف) ۵ دقیقه، (ب) ۱۰ دقیقه.

کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای با تعداد کلی اولیه 10^9 cfu/mL تناوب صوت دهی ۲ و ۶ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه به ترتیب برابر $1/0.45$ و $1/0.05$ لگاریتم بود که دارای اختلاف معنی داری نبودند، اما در تناوب صوت دهی ۱۰ ضربه در ثانیه به $1/0.005$ لگاریتم رسید که با نتایج قبلی دارای اختلاف معنی دار بود ($p < 0.011$)^(P).

با توجه به نمودار ۲ (الف و ب)، کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلی اولیه 10^3 cfu/mL، تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه، به $1/0.05$ لگاریتم رسید که در مقایسه با عملکرد این فرآیند

با مقایسه تاثیر امواج فرا صوت در غلظت باکتریایی بر روی دو باکتری اشريشیاکلای و انتروکوکوس فيکالیس در غلظتهای 10^3 , 10^5 , 10^7 و 10^9 cfu/mL در تناوبها و زمان های مختلف صوت دهی، مقاوم بودن باکتری انتروکوکوس فيکالیس نسبت به باکتری اشريشیاکلای به اثبات رسید. هالسمنس و همکاران دریافتند که باکتری اشريشیاکلای در مقایسه با باکتری های انتروکوکوس فيکالیس، سودوموناس آئروژینوز، فلاووباكتریوم برو و آئروموناس هیدروفیلا دارای حساسیت بیشتری نسبت به گندزدایی آب توسط فرآیند فرما صوت می باشد (۲۳). از محدودیتهای مهم فرآیند فرما صوت در گندزدایی آب آشامیدنی، عدم وجود اثر گندزدایی در آب و در نتیجه گندزدایی آلدگی های میکروبی در شبکه توزیع آب آشامیدنی می باشد که بر انتخاب آن به عنوان گندزدایی تاثیرگذار است. باروت این مسئله را تایید نموده و پیشنهاد کرده است که به دلیل مزایای فرآیند فرما صوت در گندزدایی آب آشامیدنی نظری موثر بودن آن بر گونه های مختلف میکروبی نظری باکتریها، ویروسها و تک پاخته که امکان ورود به آب تصفیه شده را دارند، هزینه سرمایه ای و جاری پایین آن نسبت به سایر گندزداهای متداول نظری کلر و ازن و سادگی فرآیند و عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته، می توان از آن به عنوان یک گندزدای تلقیقی در تصفیه خانه ها به همراه کلر (که افزودن کلر به عنوان گندزدای با خاصیت ماندگاری موجب اطمینان از عدم آلدگی میکروبی آب در شبکه می شود) و یا در انتهای شبکه و در نقاط مصرف و یا در جوامع کوچک که عدم دسترسی به شبکه توزیع آب بهداشتی وجود دارد، استفاده نمود (۱۶).

در نهایت می توان نتیجه گرفت که کارایی فرآیند وابسته به تناوب صوت دهی، زمان تماس و غلظت اولیه میکروبی می باشد و با افزایش تناوب صوت دهی و زمان تماس، کارایی حذف باکتریهای اشريشیاکلای و انتروکوکوس فيکالیس کامل بوده که مستقل از غلظت میکروبی می باشد. همچنین مشخص شد که گونه انتروکوکوس فيکالیس دارای مقاومت بیشتری نسبت به گونه اشريشیاکلای در برابر فرآیند فرما صوت دارد. به طور کلی، می توان بیان نمود که فرآیند فرما صوت به عنوان یکی از گزینه های موثر جهت گندزدایی آب آشامیدنی در نقاط مصرف و یا تصفیه خانه های کوچک می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی تهران (پردیس همت) به جهت حمایت مالی از این تحقیق قدردانی می گردد.

نشان داد که افزایش زمان صوت دهی از ۱ دقیقه به ۷۵ دقیقه (بسامد ثابت ۴۲ کیلوهertz) به عنوان عامل مهمی در افزایش کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای مطرب بود و کارایی حذف این باکتری را از 10^{10} لگاریتم به حدود ۳ لگاریتم افزایش داده است (۶) که در این تحقیق نیز به اثبات رسید. همچنین تناوب صوت دهی به عنوان عامل مهمی در حذف باکتری های اشريشیاکلای و انتروکوکوس فيکالیس بوده که در تناوب ۲ ضربه در ثانیه، تحمل پذیری باکتری ها بیشتر می باشد، در حالی که با افزایش تناوب به ۱۰ ضربه در ثانیه، کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای در غلظتهای میکروبی 10^3 , 10^5 , 10^7 و 10^9 cfu/mL مورد باکتری انتروکوکوس فيکالیس در غلظتهای میکروبی 10^3 , 10^5 و 10^7 cfu/mL و زمان تماش ۱۰ دقیقه این امر اتفاق افتاد. آنتونیادیس و همکاران دریافتند که با افزایش بسامد از ۲۴ به ۴۸ کیلوهertz و تناوب صوت دهی از ۲ به ۵ ضربه در ثانیه، کارایی حذف باکتری اشريشیاکلای در پساب فاضلاب تصفیه شده، به طور معنی داری افزایش می یابد (۲۰).

نتایج تحقیق جویس و همکاران نشان داد که در بسامد های پائین و ۲۰ کیلوهertz) با افزایش تناوب از ۱ به ۷ ضربه در ثانیه و زمان صوت دهی از ۱۵ دقیقه به ۳۰ دقیقه، افزایش قابل توجهی در از بین بدن گونه باسیلوس سوبلیتیس اتفاق می افتد (۲۱).

یکی دیگر از پارامترهای تاثیرگذار بر کارایی فرآیند صوت دهی، غلظت میکروبی می باشد. نتایج این مطالعه نشان داد که هرچه غلظت میکروبی بیشتر باشد، تاثیر امواج فرما صوت بر هر دو میکوارگانیسم کمتر خواهد بود. یکی از دلایل این امر، کاهش ذر مواجهه موثر برای هر باکتری خواهد بود. چرا که با افزایش غلظت میکروبی، دفعات برخورد امواج صوتی با هر باکتری کمتر خواهد شد. نتایج نشان دادند که اگرچه در زمان تماشهای ۵ و ۱۰ دقیقه، هرچه تناوب صوت دهی افزایش می یافتد، کارایی حذف کامل بود، اما در غلظت 10^3 باکتری اشريشیاکلای و 10^7 cfu/mL و 10^9 باکتری انتروکوکوس فيکالیس، کارایی حذف کاهش یافت. این امر نشان داد که اگرچه زمان تماش و تناوب صوت دهی به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر عملکرد گندزدایی با فرآیند فرما صوت مطرح می باشند، اما غلظت میکروبی به عنوان یک عامل غالب در کاهش کارایی گندزدایی آب آشامیدنی مطرب بوده که در غلظتهای بالا، نیاز به زمان تماس و تناوب صوت دهی بیشتری می باشد. آرجو و همکاران در مطالعه خود نشان دادند که ظرفیت غیر فعال سازی باکتری ها توسط کاویتاسیون هیدرودینامیکی با تغییر غلظت میکروبی، متفاوت خواهد بود (۲۲).

Performance of Ultrasonic Process on Removal of Fecal Indicator Bacteria of *Escherichia Coli* and *Enterococcus Faecalis* from Drinking Water

**M. Gholami (PhD)^{1*}, E. Dehghanifard (MSc)², Z. Zarghampour (MSc)³, R. Mirzaei (MSc)¹,
M. Dehghani Nayeri (BSc)²**

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health-Iran Occupational Health Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

3. Tehran Water & Wastewater Company, Tehran, Iran

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

J Babol Univ Med Sci; 14 (Suppl 1); Winter 2012; pp: 36-41

Received: Mar 10th 2011, Revised: Apr 30th 2011, Accepted: Sep 7th 2011.

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVE: Conventional processes of drinking water disinfection could not completely remove contamination indicator bacteria. So, application of new technologies like ultrasonic process has been considered for drinking water disinfection. In this study, the performance of the ultrasonic process on removal of *E. coli* and *E. faecalis* from drinking water was evaluated.

METHODS: In this cross-sectional study, synthetic solution contained *E. coli* and *E. faecalis* with populations of 10^3 , 10^5 , 10^7 and 10^9 cfu/mL (Colony Forming Unit/ milliliter) were used. After microbial seeding, drinking water samples were exposed to ultrasonic waves with the cycle of 2, 6 and 10 Pulse/s in 5 and 10 minutes. A measurement criterion of the disinfection performance was removal efficiency of indicator bacteria. Microbial colonies were counted by McFarland and plate count methods. The ultrasonic power and microbial concentration in the process of inactivation of bacteria were compared by using McFarland method.

FINDINGS: In this study, the removal performance of *E. coli* with colony density of 10^3 cfu/mL and the sonication cycle of 2 pulse/s was 1.1 log, while in the sonication cycles of 6 and 10 pulse/s was 3 log ($p<0.009$). Also, the removal performance of *E. faecalis* with colony density of 10^3 cfu/mL, the sonication cycle of 2 pulse/s and retention time of 5 min was 0.52 log which had significant difference in compared to the sonication cycles of 6 and 10 pulse/s which was 3 log ($p<0.001$). The removal efficiency of all bacterial populations was 3 log, in retention time of 10 min. By increasing the initial population of the bacteria, the performance of the disinfection process was significantly decreased ($p<0.001$).

CONCLUSION: The result of this study showed that the ultrasonic process was effective in removal of *E. coli* and *E. faecalis* from drinking water and its efficiency was independent from bacterial population.

KEY WORDS: Ultrasonic, Drinking water disinfection, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*.

***Corresponding Author:**

Address: School of Public Health, Poursina St., Keshavarz Ave., Tehran, Iran

Tel: +98 21 88779118

E-mail: gholamim@tums.ac.ir

References

- 1.Declerck P, Vanysacker L, Hulsmans A, Lambert N, Liers S, Ollevier F. Evaluation of power ultrasound for disinfection of both *Legionella pneumophila* and its environmental host *Acanthamoeba castellanii*. *Water Res* 2010; 44(3):703-10.
- 2.Furuta M, Oka M, Hayashi T. Radiation sterilization of enzyme hybrids with biodegradable polymers. *Radiat Phys Chem* 2002;63(3-6):323-5.
- 3.Wirkner S, Takahashi K, Furuta M, Hayashi T. Calorimetric study on the effect of 60Co [gamma]-rays on the growth of microorganisms. *Radiat Phys Chem* 2002;63(3):327-30.
- 4.Furuta M, Yamaguchi M, Tsukamoto T, et al. Inactivation of *Escherichia coli* by ultrasonic irradiation. *Ultrason Sonochem* 2004;11(2):57-60.
- 5.Mason TJ, Tiehm A. Advanced in sonochemistry ultrasound in environmental protection. 6th ed. London: JAI Press 2001; pp: 231-9.
- 6.Dehghani MH. Effectiveness of ultrasound on the destruction of *E. coli*. *Am J Environ Sci* 2005;1(3):187-9.
- 7.Neppiras EA. Acoustic cavitation. *Phys Rep* 1980; 61: 159–251.
- 8.Thompson LH, Doraiswamy LK. Sonochemistry: science and engineering. *Ind Eng Chem Res* 1999;38(4):1215-49.
- 9.Mason TJ, Peters D. Power ultrasound and applications. 2nd ed. Chichester: Horwood Publishing 2002; pp: 452-64.
- 10.Naddeo V, Landi M, Belgiorno V, Napoli RM. Wastewater disinfection by combination of ultrasound and ultraviolet irradiation. *J Hazard Mater* 2009;168(2-3): 925-9.
- 11.Twort AC, Ratnayaka DD, Brandt MJ. Water supply. 1st ed. London: IWA Publishing 2009; pp: 1251-79.
- 12.Su X, Zivanovic S, D'Souza DH. Inactivation of human enteric virus surrogates by high-intensity ultrasound. *Foodborne Pathog Dis* 2010;7(9):1055-61.
- 13.Neis U, Blume T. Ultrasonic disinfection of wastewater effluents for high-quality reuse. *Water Sci Technol* 2003; 3(4):261-7.
- 14.Lee H, Zhou B, Liang W, Feng H, Martin SE. Inactivation of *escherichia coli* cells with sonication, manosonation, thermosonation, and manothermosonation: Microbial responses and kinetics modeling. *J Food Eng* 2009;93(3): 354-64.
- 15.WHO. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization (WHO) 2008; pp: 521-63.
- 16.Baruth EE. Water treatment plant design. 4th ed. Virginia: American Water Works Association (AWWA) 2005; pp: 1432-79.
- 17.APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of waters and wastewaters. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association (APHA) 2005; p: 1368.
- 18.Satake E, Jagarao V, Maxwell D. Handbook of statistical methods: single subject design. 1st ed. San Diego: Plural Pub 2008; pp: 126-37.
- 19.Berthouex P, Brown L. Statistics for environmental engineers. Florida. 1st ed. Lewis Publishers 2002; pp: 185-94.
- 20.Antoniadis A, Poulios I, Nikolakaki E, Mantzavinos D. Sonochemical disinfection of municipal wastewater. *J Hazard Mater* 2007;146(3):492-5.
- 21.Joyce E, Phull SS, Lorimer JP, Mason TJ. The development and evaluation of ultrasound for the treatment of bacterial suspensions: A study of frequency, power and sonication time on cultured *Bacillus* species. *Ultrason Sonochem* 2003;10(6):315-8.
- 22.Arrojo S, Benito Y, Tarifa AM. A parametrical study of disinfection with hydrodynamic cavitation. *Ultrason Sonochem* 2008;15(5):903-8.
- 23.Hulsmans A, Joris K, Lambert N, et al. Evaluation of process parameters of ultrasonic treatment of bacterial suspensions in a pilot scale water disinfection system. *Ultrason Sonochem* 2010;17(6):1004-9.