مقاله تحقیقی

مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی بابل
دوره چهاردهم، ویژه نامه ۱، زمستان ۱۳۹۰، صفحه ۴۱-۳۶

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

میترا غلامی(PhD) [۱*]، عماد دهقانی فرد(MSc) [۲]، زهره ضرغام پور(MSc)[۳]، رویا میرزایی(MSc) [۴]، محسن دهقانی نیری(BSc)[۴]

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: ۸۹/۱۲/۲۰، اصلاح: ۹۰/۲/۱۴، 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 اشریشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس از آب آشامیدنی بررسی شد.

مواد و روشها: در این مطالعه مقطعی از محلول سنتتیک حاوی باکتری اشرشیاکلای و استرپتوکوک مدفوعی با غلظت های (کلنی فورمینگ یونیت/ میلی لیتر) CFU/mL 10^{9}و10^{7}و10^{5}و10^{3} استفاده شد. نمونه های آب آشامیدنی پس از تلقیح میکروبی در معرض امواج فراصوت با تناوب صوت دهی ۱۰ و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۱۰و ۵ دقیقه قرار گرفتند. معیار سنجش عملکرد گندزدایی، مقدار حذف باکتریهای شاخص از نمونه ها بود. شمارش کلنی های 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.

یافته ها: در این مطالعه کارآیی حذف باکتری اشرشیاکلای با تعداد کلنی 10^{3} CFU/ml و تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه برابر ۱/۱ لگاریتم و در تناوب صوت دهی ۱۰و۶ ضربه در ثانیه، ۳ لگاریتم بود (p<۰/۰۰۹). همچنین کارایی حذف برای انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلنی 10^{3} CFU/ml، تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه به ۰/۵۲ لگاریتم رسید که در مقایسه با ۱۰و۶ ضربه در ثانیه که ۳ لگاریتم بود اختلاف معنی داری داشت (p<۰/۰۰۱). در زمان تماس ۱۰ دقیقه در تمام تناوب ها ۳ لگاریتم بود. با افزایش غلظت اولیه میکروبی، کارایی گندزدایی میکروبی به طور معنی داری کاهش یافت (p<۰/۰۰۱).

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

واژه های کلیدی: فراصوت، گندزدایی آب آشامیدنی، اشرشیاکلای، انتروکوکوس فیکالیس.

مقدمه

مهم ترین و معمول ترین فرآیند تصفیه آب، گندزدایی است که با هدف اصلی حذف باکتریها، ویروسها و انگل ها انجام می شود (۱). در انتخاب یک گندزدای خوب و مناسب معیارهایی همچون قدرت گندزدایی، سهولت تولید، دسترسی، کاربرد و نیز عدم ایجاد اختلال در کیفیت آب مورد توجه قرار می گیرد. کلرزنی یکی از متداولترین روشهای گندزدایی می باشد. اما در سالهای اخیر به علت، احتمال تولید محصولات جانبی به ویژه ترکیبات تری هالومتان و عواقب بهداشتی آن و همچنین مقاومت برخی از گونه های میکروبی نظیر آئروموناس و کریپتوسپوریدیوم توجه دقیقتری به نحوه و میزان مصرف کلر در فرآیند گندزدایی آبها، شده است (۲). انواع مختلفی از روشهای فیزیکی و شیمیایی نظیر 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 می شوند، به عنوان یکی از روشهای مناسب گندزدایی آب مطرح می باشد (۴). استفاده از امواج فراصوت برای حذف میکروارگانیسمها برای اولین بار دردهه ۱۹۲۰ مطرح شد که

* مسئول مقاله:
آدرس: تهران، بلوار کشاورز، خیابان پورسینا، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تلفن: ۸۸۷۷۹۱۱۸-۰۲۱
e-mail: gholamim@tums.ac.ir

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]

بر مبنای حذف گونه باسیلوس فیشری از آب دریا و در بسامد ۳۷۵ 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 (کاویتاسیون) می باشد. خلاءزایی پدیده ای است هنگام بروز فشار منفی که، منجر به ایجاد حبابهای ریز در مایع می شود (۸-۵). امواج فراصوت موجب ایجاد امواج شوک دهنده و در نتیجه متلاشی شدن حبابهای خلاءزایی و تولید رادیکالهای آزاد ($OH^{\cdot}$، $HO_2^{\cdot}$ و $O^{\cdot}$) می گردد (۹و۳). این اثرات منجر به تخریب 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 آلودگی 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. نادئو و همکاران در مطالعه خود دریافتند که سیستم فراصوت، توانایی کاهش باکتری اشریشیاکلای تا کمتر از ۱۰ cfu/mL را دارا می باشد. همچنین به دلیل وجود امواج فراصوت، افزایش غلظت ذرات معلق در این سیستم منجر به کاهش کارایی گندزدایی نشد (۱۰). در مطالعه سو و همکاران مشخص شد که در بسامد ۲۰ کیلوهرتز و زمانهای تماس بین ۳۰-۲ دقیقه، کارایی بهینه حذف آنها در زمانهای تماس بین ۳۰-۱۵ دقیقه بود (۱۲). نیس و همکاران با بررسی کارایی فرآیند فراصوت در گندزدایی پساب تصفیه خانه فاضلاب، دریافتند که در بسامد ۲۰ کیلوهرتز و مدت زمان ۶۰ دقیقه، حداکثر حذف اشریشیاکلای 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).

اشریشیاکلای فلور طبیعی روده انسان و حیوان است و به عنوان شاخص احتمالی آلودگی آب در نظر گرفته می شود. حضور این باکتری در آب بیانگر آلودگی 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 زا در آب است. انترکوکوس فیکالیس که زیر مجموعه ای از استرپتوکوکها هستند، در بررسی کارایی فرآیند تصفیه خانه مورد استفاده قرار می گیرد و نسبت به اشریشیاکلای مقاومت بیشتری به عوامل گندزدا دارد (۱۶و۱۵).

این مطالعه به منظور ارزیابی کارایی فرآیند فراصوت در غیرفعال سازی باکتری های اشریشیاکلای 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 ۶ ماه در آزمایشگاههای میکروبیولوژی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، بر روی محلول میکروبی سنتتیک حاوی باکتری اشریشیاکلای و استرپتوکوکهای مدفوعی انجام شد. سوش باکتری انتروکوکوس فیکالیس (ATCC 11700) از سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران-بخش میکروب شناسی، و باکتری اشریشیاکلای (ATCC 25922) از انستیتوپاستور ایران تهیه گردید.

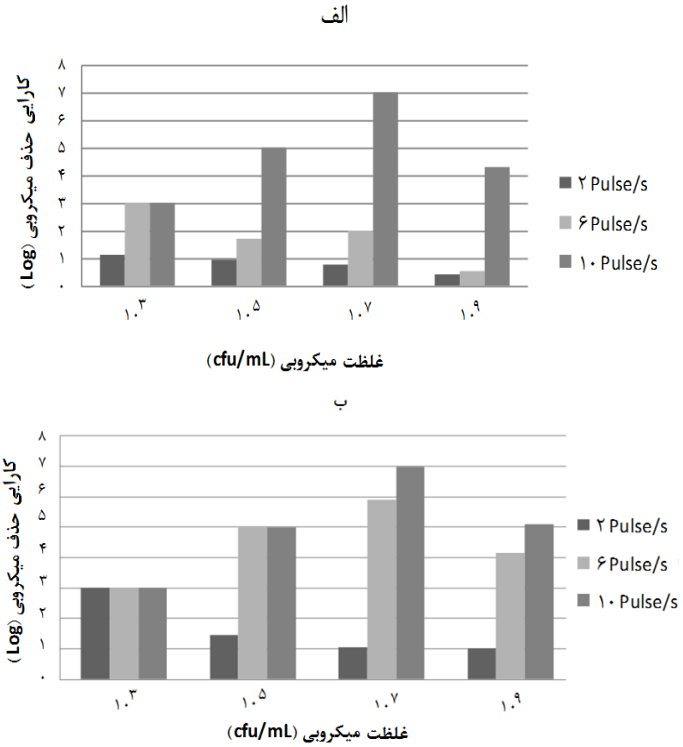
در این مطالعه از فراصوت یکنواخت کننده (Ultrasonic Homogenizer) ساخت شرکت باندلین و مدل سونوپلاسGM2070 استفاده شد. قدرت این دستگاه ۷۰ وات و بسامد امواج فراصوت آن ۲۰ کیلوهرتز بود. در این مطالعه ، تاثیر تناوب ۱۰و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه و زمان صوت دهی ۱۰و ۵ دقیقه، قدرت دستگاه و غلظت میکروبی در فرآیند غیرفعال سازی باکتریهای شاخص آلودگی cfu/mL 10^3، 10^5، 10^7 و 10^9 بوسیله روش مک فارلند 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 ۱۱ 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، تلقیح میکروبی باکتریهای اشریشیاکلای 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 $LogN/N_0 = -KIt$ محاسبه شده است (۱۷). در این رابطه، N_0 تعداد کلنی های قبل از گندزدایی، N تعداد کلنی های بعد از گندزدایی و N/N_0 اصطلاحاً کسر بقای میکروبی می باشد. It معادل با دز صوت دهی (حاصلضرب میزان ارتعاش در زمان) است. بر اساس این فرمول، در ازای یک دز صوت دهی معین درصد معینی از میکروبها قابل حذف خواهد بود. می توان گفت دزی از پرتو که قادر به ۹۰٪ مرگ و میر میکروبی (معادل با ۱۰٪ 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 ۵، ۱۰ و ۱۵ 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 بوده که مستقل از طراحی فاکتوریل بخشی یا جاسازی شده می باشد. در این مدل، بین ۱۰-۳ 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 (۱۹و۱۸). تعداد کل آزمایش ها ۸۱ بار تعیین گردید که حجم بهینه نمونه در بالاترین درصد حذف باکتریایی (Log ۳)، ۱۵ میلی لیتر محاسبه شد. این حجم برای کل تحقیق ثابت در نظر گرفته شد. همچنین قدرت بهینه (Amplitude) نیز بر اساس مشاهدات ۱۰۰ درصد و در آزمایشات بعدی ثابت در نظر گرفته شد. پس از جمع آوری 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.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]

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 اشریشیاکلای با تعداد کلنی اولیه 10^{3} cfu/mL و تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه، برابر ۱/۱ 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<۰/۰۰۹). در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف این باکتری در تمام تناوبها برابر ۳ لگاریتم اندازه گیری شد. در تعداد کلنی 10^{7} cfu/mL و در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف باکتری اشریشیاکلای در تناوبهای ۲، ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه به ترتیب برابر ۱/۰۵، ۵/۹۲ و ۷ لگاریتم بدست آمد که کارایی حذف این باکتری در هر سه تناوب، دارای اختلاف معنی دار بودند (p<۰/۰۰۱).

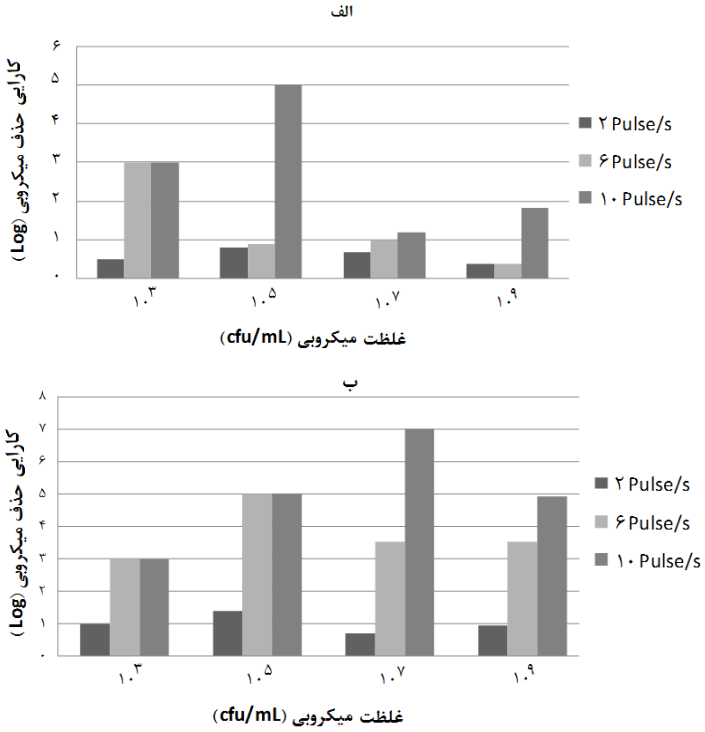


نمودار ۱. کارایی حذف باکتری اشریشیاکلای در مقادیر مختلف غلظتهای میکروبی، تناوب صوت دهی و زمانهای تماس: الف) ۵ دقیقه، ب) ۱۰ دقیقه.

کارایی حذف باکتری اشریشیاکلای با تعداد کلنی اولیه 10^{9} cfu/mL، تناوب صوت دهی ۲ و ۶ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه به ترتیب برابر ۰/۴۵ و ۰/۵۱ لگاریتم بود که دارای اختلاف معنی داری نبودند، اما در تناوب صوت دهی ۱۰ ضربه در ثانیه به ۴/۳ لگاریتم رسید که با نتایج قبلی دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۱۱).

با توجه به نمودار ۲ (الف و ب)، کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلنی اولیه 10^{3} cfu/mL، تناوب صوت دهی ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه، به ۰/۵۲ لگاریتم رسید که در مقایسه با عملکرد این فرآیند در تناوب صوت دهی ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه، که برابر ۳ لگاریتم بود، دارای اختلاف معنی داری بود (p<۰/۰۰۰۱). در تعداد کلنی 10^{5} cfu/mL و تناوب ۱۰ ضربه در ثانیه، میزان حذف بطور کامل انجام شد (۵ Log) که کارایی حذف این باکتری در تناوبهای ۶ و ۱۰ ضربه در ثانیه، دارای اختلاف معنی دار بودند (p<۰/۰۰۹). در زمان تماس ۱۰ دقیقه، کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس در تناوب ۲ ضربه در ثانیه برابر ۱/۴ لگاریتم و در تناوبهای ۱۰ و ۶ ضربه در ثانیه به مقدار ۵ لگاریتم رسید که کارایی حذف این باکتری، دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۲).

کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس با تعداد کلنی اولیه 10^{7} cfu/mL، تناوب صوت دهی ۱۰ و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه و زمان تماس ۵ دقیقه به ترتیب برابر ۰/۷، ۱ و ۱/۱۹ لگاریتم بود که اختلاف معنی داری نداشتند. همچنین در زمان۱۰ دقیقه، کارایی حذف این باکتری در تناوبهای ۱۰ و ۶ و ۲ ضربه در ثانیه به ترتیب برابر ۰/۷، ۳/۵۲ و ۷ لگاریتم بدست آمد که کارایی حذف این باکتری در هر سه تناوب، دارای اختلاف معنی دار بودند (p<۰/۰۰۱).



نمودار ۲. کارایی حذف باکتری انتروکوکوس فیکالیس در مقادیر 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 اشریشیاکلای 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 اشریشیاکلای موثرتر بود. دهقانی

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]

نشان داد که افزایش زمان صوت دهی از ۱ دقیقه به ۷۵ دقیقه (بسامد ثابت ۴۲ کیلوهرتز) به عنوان عامل مهمی در افزایش کارایی حذف باکتری اشریشیاکلای مطرح بوده و کارایی حذف این باکتری را از ۰/۷ 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 اشریشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس 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 اشریشیاکلای در غلظتهای میکروبی 10^{3} cfu/mL، 10^{5} و 10^{7} کامل بوده و در مورد باکتری انتروکوکوس فیکالیس در غلظتهای میکروبی 10^{3} cfu/mL و 10^{5} و زمان تماس ۱۰ دقیقه این امر اتفاق افتاد. آنتونیادیس و همکاران دریافتند که با افزایش بسامد از ۲۴ به ۴۸ کیلوهرتز و تناوب صوت دهی از ۲ به ۵ ضربه در ثانیه، کارایی حذف باکتری اشریشیاکلای 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 (۳۸ و ۲۰ کیلوهرتز) 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 بردن 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 فراصوت بر هر دو میکروارگانیسم کمتر خواهد بود. یکی از دلایل این امر، کاهش دز 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 تماسهای ۵ و ۱۰ دقیقه، هرچه تناوب صوت دهی افزایش می یافت، کارایی حذف کامل بود، اما در غلظت 10^{9} cfu/mL باکتری اشریشیاکلای و 10^{7} cfu/mL و 10^{9} باکتری انتروکوکوس فیکالیس، کارایی حذف کاهش یافت. این امر نشان داد که اگرچه زمان تماس و تناوب صوت دهی به عنوان متغیرهای تاثیر گذار بر عملکرد گندزدایی با فرآیند فراصوت مطرح می باشند، اما غلظت میکروبی به عنوان یک عامل غالب در کاهش کارایی گندزدایی آب آشامیدنی مطرح بوده که در غلظتهای بالا، نیاز به زمان تماس و تناوب صوت دهی بیشتری می باشد. آروجو 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).

با مقایسه تاثیر امواج فراصوت در غلظت باکتریایی بر روی دو باکتری اشریشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس در غلظتهای 10^{9} cfu/mL، 10^{7}، 10^{5}و 10^{3} در تناوبها و زمان های مختلف صوت دهی، مقاوم بودن باکتری انتروکوکوس فیکالیس نسبت به باکتری اشریشیاکلای به اثبات رسید. هالسمنس و همکاران دریافتند که باکتری اشریشیاکلای در مقایسه با باکتری های انتروکوکوس فیکالیس، سودوموناس آئروژینوزا، فلاووباکتریوم برو و آئروموناس هیدروفیلا دارای حساسیت بیشتری نسبت به گندزدایی آب توسط فرآیند فراصوت می باشد (۲۳). از محدودیتهای مهم فرآیند فراصوت در گندزدایی آب آشامیدنی، عدم وجود اثر گندزدایی در آب و در نتیجه گندزدایی آلودگی های میکروبی در شبکه توزیع آب آشامیدنی می باشد که بر انتخاب آن به عنوان گندزدا، تاثیرگذار است. باروت این مسئله را تایید نموده و پیشنهاد کرده است که به دلیل مزایای فرآیند فراصوت در گندزدایی آب آشامیدنی نظیر موثر بودن آن بر گونه های مختلف میکروبی نظیر باکتریها، ویروسها و تک یاخته که امکان ورود به آب تصفیه شده را دارند، هزینه سرمایه ای و جاری پایین آن نسبت به سایر گندزداهای متداول نظیر کلر و ازن و سادگی فرآیند و عدم نیاز به تجهیزات پیشرفته، می توان از آن به عنوان یک گندزدای تلفیقی در تصفیه خانه ها به همراه کلر (که افزودن کلر به عنوان گندزای با خاصیت ماندگاری موجب اطمینان از عدم آلودگی 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 اشریشیاکلای و انتروکوکوس فیکالیس کامل بوده که مستقل از غلظت میکروبی می باشد. همچنین مشخص شد که گونه انتروکوکوس فیکالیس دارای مقاومت بیشتری نسبت به گونه اشریشیاکلای در برابر فرآیند فراصوت دارد. به طور کلی، می توان بیان نمود که فرآیند فراصوت 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.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]

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

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]

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, manosonication, thermosonication, and manothermosonication: 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, Jagaroo 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.

[DOR: 20.1001.1.15614107.1390.14.1.17.9]