Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

Original article

Disinfection of Water Contaminated with Fecal Coliform Using Ozone: An Evaluation of the Effect of Ozone Dose and Contact Time

Mohammad Ali Zazouli[1*]
Maryam Yousefi[2]
Ramezan Ali Dianati[1]
Mitra Roohafzaee[2]
Ashour Mohammad Marganpour[3]

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2- MSc Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Science, Sari, Iran
3- Rural Water & Wastewater Company, Gorgan, Golestan, Iran

***Corresponding author:** Mohammad Ali Zazouli, Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: Zazoli49@yahoo.com

Received: 15 June 2015
Accepted: 11 September 2015

ABSTRACT

Introduction and purpose: Chlorine, due to its residual effect, has an important role in water disinfection. However, its by-products, which could be harmful to consumers' health, has led the researchers to investigate the use of other methods or materials for disinfection.

The aim of this study was to evaluate the performance of ozone in disinfection of *Escherichia coli* (an index of fecal pollution) contaminated water.

Methods: *E. coli* was used for contaminated water preparation. Culture and counting methods were performed based on the book entitled "The Standard Methods of Water and Wastewater" and were recorded with colony forming unit (CFU)/ml. Normality of the data was analyzed using Kolmogorov- smirnov test, and t-test and ANOVA were performed to analyze the data.

Results: The results showed that destruction of *E. coli* increased by increasing ozone concentration and decreasing bacteria's density. Removal efficiency of the 1 mg/L dose, as compared to the 5 mg/L dose of ozone, in densities of 10^4 and 10^5 CFU/ml was significant (P-value<0.05). The statistical results demonstrated that removal efficiency of bacteria with a number of 10^5 CFU/ml, at the contact time of 1 min versus 5,10 and 20 min was significant (P<0.05). The removal efficiency of *E. coli* at the contact time of 10 min and above, reached 100%.

Conclusion: Ozone, due to its oxidizing effect on microorganisms, has good disinfectant properties. The results of this study suggest that ozone can be significantly effective in disinfecting water contaminated with *E. coli.*

Keywords: *Escherichia coli,* Ozonation, Water disinfection, Water treatment

▶ **Citation**: Zazouli MA, Yousefi M, Dianati RA, Roohafzaee M, Marganpour AM. Disinfection of Water Contaminated with Fecal Coliform Using Ozone: An Evaluation of the Effect of Ozone Doze and Contact Time. Journal of Health Research in Community. Summer 2015;1(2): 55-62.

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

مقاله پژوهشی

گندزدایی آب های آلوده به کلیفرم مدفوعی با استفاده از ازن: بررسی تأثیر غلظت ازن و زمان تماس

محمدعلی ززولی[1*]
مریم یوسفی[2]
رمضانعلی دیانتی[1]
میترا روح افزایی[2]
عاشورمحمد مرگان‌پور[3]

۱. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی و دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. مدیرگروه تحقیقات و پژوهش، شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان، گرگان، ایران

* نویسنده مسئول: محمدعلی ززولی، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی و دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: Zazoli49@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۲۰

چکیده

مقدمه و هدف: کلر به دلیل داشتن اثر ابقایی، مهم ترین ماده جهت گندزدایی آب می‌باشد؛ امّا تشکیل محصولات جانبی که بر سلامت مصرف کنندگان اثر سوء دارد، محققان را بر آن داشت تا از روش یا مادهٔ دیگری استفاده نمایند. لذا هدف از این مطالعه، بررسی کارایی ازن در گندزدایی آب های آلوده به اشریشیاکلی به عنوان شاخص آلودگی کلیفرم مدفوعی آب می‌باشد.

روش کار: برای تهیهٔ آب آلوده از اشریشیاکلی استفاده شده است. روش کشت و شمارش، طبق کتاب «روش های استاندارد آب و فاضلاب» انجام و بر حسب CFU/ml گزارش شده است. داده‌ها جهت نرمال بودن، با استفاده از آزمون کلموگروف – اسمیرنوف بررسی شدند. آزمون ANOVA برای تحلیل داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داده است که با افزایش غلظت ازن و کاهش دانسیته باکتری میزان نابودی اشریشیاکلی افزایش می‌یابد. راندمان حذف، با غلظت یک میلی گرم در لیتر ازن در مقایسه با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر ازن در دو دانسیته 10^4 و 10^5CFU/ml معنی‌دار است ($P<0/05$). آزمون آماری نشان داده است که راندمان حذف با تعداد باکتری 10^5CFU/ml در زمان تماس یک دقیقه، با سه زمان دیگر یعنی ۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه معنی‌دار است ($P>0/05$). راندمان نابودی اشریشیاکلی در زمان تماس ۱۰ دقیقه به بعد ۱۰۰ درصد است.

نتیجه‌گیری: ازن به علت اثر اکسیدکنندگی بر روی میکروارگانیسم‌ها، دارای خواص گندزدایی خوبی است. بر اساس نتایج این مطالعه، ازن می‌تواند به طور معناداری در گندزدایی آب های بسیار آلوده به اشریشیاکلی مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: اشریشیاکلی، گندزدایی آب، ازن‌زنی، تصفیه آب

◄ **استناد:** ززولی، محمد علی؛ یوسفی، مریم؛ دیابتی، رمضانعلی؛ روح افزایی، میترا. گندزدایی آب های آلوده به کلیفرم مدفوعی با استفاده از ازن: بررسی تأثیر غلظت ازن و زمان تماس. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، تابستان ۱۳۹۴؛۱(۲): ۶۲-۵۵.

مقدمه

باکتری اشریشیاکلی، ارگانیسمی هوازی اختیاری، میله‌ای شکل و گرم منفی است که ساکن روده حیوانات خون گرم می‌باشد. این باکتری، علت عفونت‌های دستگاه گوارش در انسان‌ها مانند کولیت هموراژیک، عفونت خارج روده‌ای و عفونت حاد دستگاه ادراری و اسهال حاد می‌باشد [۲، ۱]. عفونت‌های ناشی از اشریشیاکلی، به مصرف غذا و آب آلوده مرتبط‌اند [۱].

از آن جا که بررسی حضور هر میکروارگانیسم بیماری‌زا در آب عملی نیست، میکروارگانیسم‌هایی به عنوان شاخص انتخاب شده‌اند که در صورت عدم حضور در آب، دلیلی بر عدم آلودگی است. برای این

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

منظور، کلی‌فرم مدفوعی و اشریشیاکلی انتخاب شده اند که حضورشان نشان می دهد که آب ممکن است با مواد زاید انسانی و یا حیوانی آلوده شده باشد و به عنوان یک شکست در بهداشت و یا فرآیند تصفیه، به خصوص گندزدایی آب مطرح است. گندزداهای مختلفی در تصفیهٔ آب و فاضلاب وجود دارند؛ ازن یک اکسیدکنندهٔ قوی است که می تواند جهت غیر فعال کردن میکروارگانیسم‌ها، از جمله: پروتوزوآ که در برابر مواد ضد عفونی کنندهٔ متداول بسیار مقاومند، مورد استفاده قرار گیرد. تشکیل محصولات جانبی هالوژنه، نظیر تری‌هالومتان‌ها به واسطهٔ فرآیند کلرزنی سبب شد که محققان، ازن‌زنی را جهت اکسیداسیون ترکیبات آلی و نابودی پاتوژن‌ها و غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها از جمله اشریشیاکلی به کار گیرند [۶-۲].

ازن در pHهای اسیدی بهتر عمل می کند و در pHهای قلیایی، به ویژه pH بیش از ۱۰/۳، به سرعت از بین می‌رود و نسبت به کلر با غلظت‌های کمتری در گندزدایی کاربرد دارد؛ همچنین CTvalue بسیار کمتری برای رسیدن به نتایج مشابه دارد و از نظر اکسیدکنندگی برتر از کلر است (پتانسیل اکسیداسیون و احیاء ازن و کلر به ترتیب ۲/۰۷ و ۱/۳۶ ولت است). هزینهٔ تولید و بهره‌برداری ازن بیش از کلر است. برای تهیهٔ هر کیلوگرم ازن، حدود ۳۰ کیلووات انرژی لازم است. ازن باقی مانده در آب ایجاد نمی‌نماید. نیمهٔ عمر آن در آب، با توجه به میزان آلاینده‌ها، از ۸ تا ۱۴ دقیقه متغیر است؛ لذا بعد از ازن‌زنی، نیاز به افزودن کلر می‌باشد. ازن با دو شیوهٔ اکسیداسیون مستقیم و واکنش رادیکال‌های هیدروکسیل (OH°) تولیدی بر مواد آلی و میکرو ارگانیسم‌ها، اثرمی گذارد [۷].

در طراحی گندزدایی شیمیایی، مقادیر CT (غلظت گندزدا برحسب میلی گرم در لیتر در زمان تماس برحسب دقیقه) برای تصفیهٔ آب در حدی در نظر گرفته می‌شود که کاهش ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد میکرو ارگانیسم‌ها حاصل شود. اغلب جهت دستیابی یک CT برای ازن، حدود ۱/۶-۲ mg min/L (غلظت ۰/۴ میلی گرم در لیتر ازن برای ۵ دقیقه)، برای گندزدایی متداول کافی در نظر گرفته می‌شود؛ در حالی که برای کلر، غلظت ۱ تا ۵ میلی گرم در لیتر برای ۳۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود [۸].

مطالعات متعددی در زمینهٔ کاربرد ازن در تصفیه و گندزدایی آب انجام شده است. گری دریافت که ازن جهت کنترل کیست و اووسیت های پاتوژن تک یاخته ای و تمام عوامل بیماری زای انتقال یافته از راه آب بسیار مؤثر است؛ اما جهت اطمینان از مقدار باقیمانده مادهٔ گندزدا در شبکهٔ توزیع باید فرآیند کلرزنی با سطحی پایین تر صورت گیرد [۶]. گونتن گزارش کرده است که ازن برای نابودی میکروارگانیسم هایی مانند تک یاخته‌ها -که غیرفعال‌سازی آن با سایر مواد ضدعفونی‌کننده دشوار است- می‌تواند غیرفعال‌سازی مناسبی با دوز و زمان تماس مناسب ایجاد کند [۴]. شاه منصوری و کارگر در «بررسی کارایی ازناسیون در کاهش کل کربن آلی و باکتری های کلیفرم» دریافتند که اختلاف معنی داری بین تعداد کل کلیفرم های مدفوعی ورودی و بعد از ازن زنی اولیه وجود دارد و تأثیر آن را در کاهش کلیفرم مدفوعی تأیید کرده اند؛ هر چند که باید از فرآیند کلرزنی در کنار آن استفاده گردد. آنها در عملیات تصفیه آب، ازن با غلظت ۰/۴ میلی گرم در لیتر به مدت ۵ دقیقه استفاده نمودند [۹]. امّا هنوز سؤالاتی در زمینهٔ کارایی ازن، نظیر: غلظت ازن، زمان تماس، تأثیر دانسیته میکروبی و.... در حذف پاتوژن ها، از جمله اشریشیاکلی در آب و فاضلاب وجود دارد؛ لذا هدف از این مطالعه، بررسی کارایی ازن در گندزدایی آب های آلوده به اشریشیاکلی به عنوان شاخص آلودگی کلیفرم مدفوعی آّب می باشد.

روش کار

تهیه و کشت باکتری برای تهیهٔ آب آلوده به میکروارگانیسم از اشریشیاکلی: (PTCC ۱۳۹۹) ATCC ۲۵۹۲۲ تهیه شده از مرکز منطقه‌ای کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی ایران (PTCC)، به شکل آمپول لیوفیلیزه استفاده شده است. میکروارگانیسم، مطابق دستورالعمل مرکز تکثیر و کشت داده شده است. شرح کامل روش

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

تکثیر و کشت آن در مطالعهٔ پیشین آمده است [۱۰]. روش کشت و شمارش، مطابق روش استاندارد کتاب «روش های استاندارد آب و فاضلاب» انجام شد [۱۱]. برای رسیدن به غلظت‌های مورد نیاز، از استاندارد مک فارلند استفاده و میزان جذب استاندارد مک فارلند در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد [۱۲]. تعداد تقریبی باکتری برای نسبت استاندارد مک فارلند ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب ۱/۵، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ضربدر 10^8 در میلی‌لیتر می‌باشد [۱۰].

روش انجام فرآیند ازن زنی

برای ازن زنی، حجم مشخصی از آب آلوده را وارد استوانه مدرج نموده و گاز ازن در غلظتی مشخص با استفاده از یک شیلنگ -که در انتها مجهز به سنگ هوا بود- به آب افزوده شد. سنگ هوا موجب تولید حباب‌های کوچکتر و افزایش انحلال ازن در آب خواهد شد. تمام وسایل اعم از ظروف، مگنت، سنگ هوا و شیلنگ های داخل محلول، قبل از استفاده استریل شدند. برای تعیین اثر دوز ازن بر گندزدایی، ازن‌زنی با سه دوز ۱، ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر انجام شد. همچنین برای تعیین اثر زمان تماس بر راندمان گندزدایی، عمل ازن‌زنی با مدت زمان تماس ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه انجام شد.

تعیین ظرفیت دستگاه ازن ژنراتور

دستگاه ازن ژنراتور مورد استفاده در این تحقیق، مدل ODP (ساخت شرکت پاساگارد) با ظرفیت تولید ازن ۵ گرم در ساعت ازن می‌باشد. برای سنجش ازن، روش های مختلفی از قبیل: روش یدومتری، روش ایندیگو، روش الکترود غشایی ازن و روش جذب UV موجود می‌باشد که با توجه به شرایط مختلف و حالت های ازن (محلول یا گازی) متفاوت است.

برای تعیین ظرفیت ازن‌زنی دستگاه ازن ژنراتور و همچنین مقدار ازن وارد شده به سیستم تصفیه، گاز ازن تولید شده توسط ازن ژنراتور با استفاده از روش ۲۳۵۰E (یدید پتاسیم) کتاب استاندارد متد اندازه گیری گردید [۱۰]؛ سپس با دبی های مختلف جریان گاز اکسیژن ورودی نسبت به سنجش ازن خروجی و رسم گراف ظرفیت دستگاه در دبی های مختلف جریان اقدام شد. در این روش، برای تعیین ظرفیت دستگاه ازن ژنراتور، جریان هوا بر اساس بهترین شرایط تولید ازن تنظیم گردید؛ سپس گاز خروجی دستگاه از دو گازشوی سری محتوی ۲۵۰ میلی لیتر محلول یدید پتاسیم ۲ درصد به مدت ۱۰ دقیقه عبور داده شد. پس از سپری شدن زمان فوق، مقدار ۲۰۰ میلی لیتر از محلول یدید پتاسیم در داخل ارلن ریخته و به آن ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۲ نرمال اضافه می شود. سپس محلول با استفاده از تیوسولفات سدیم ۰/۰۰۵ نرمال تا بیرنگ شدن رنگ ید تیتر گردید. با اضافه کردن ۱ تا ۲ قطره چسب نشاسته رنگ محلول آبی می‌گردد و در این زمان تا بیرنگ شدن محلول تیتراسیون ادامه می‌یابد. در انتها، مقدار حجم تیترانت مصرفی یادداشت و میزان ازن تولیدی از رابطه زیر تعیین میگردد [۱۰]:

$$O_3 \frac{mg}{min} = \frac{(A + B) \times N \times 24}{T\ [min]}$$

A : میلی لیتر تیوسولفات مصرفی در گازشوی اول

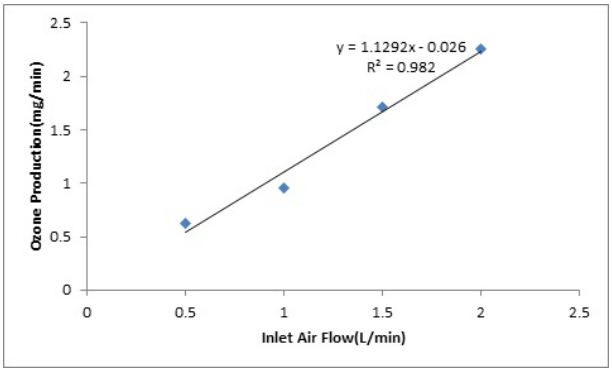
B : میلی لیتر تیوسولفات مصرفی در گازشوی دوم

T : زمان ازن زنی بر حسب دقیقه

N : نرمالیته تیوسولفات سدیم

جریان هوای ورودی به راکتور، با روتامتر تنظیم و اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش یدید پتاسیم، مقدار ازن ورودی به راکتور سنجش شد. دستگاه ازن‌سنج پالین تست (Palintest) را می‌توان به جای روش فوق به کار برد. ازن‌سنج قادر است ازن از صفر تا ۳ میلی‌گرم در لیتر را سنجش کند. روش پالین تست بر اساس روش DPD استاندارد استوار است. ازن با معرف DPD که به صورت قرص حاوی یدید پتاسیم است، واکنش داده و رنگ ارغوانی ایجاد می کند [۱۲].

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017



شکل ۱: ظرفیت تولید ازن نسبت به هوای ورودی به ازن ژنراتور

یافته‌ها

تعیین ظرفیت دستگاه ازن ژنراتور

ظرفیت تولید ازن توسط دستگاه ازن ژنراتور در شکل ۱ آمده است. همان طوری که در این شکل دیده می‌شود، بین جریان هوای ورودی بر حسب لیتر در دقیقه و ازن تولیدی برحسب میلی‌گرم در دقیقه در لیتر همبستگی خوبی وجود دارد (R^2=۰/۹۸۲) روش دیگری که برای سنجش ازن تولیدی و یا ازن باقی مانده در محلول استفاده شد، ازن سنج پالین تست بود، که میزان ازن سنجش شده با این دستگاه و روش ید ید پتاسیم دقیقاً یکسان بود.

آزمون نرمال بودن داده‌ها

داده‌ها با استفاده از آزمون اسمینرف-کولموگرف (Kolmogorov-Smirnov Test) جهت نرمال بودن بررسی شدند. نتیجهٔ آزمون بیانگر نرمال بودن داده‌ها می باشد ($P>0/05$)؛ سپس از آزمون های ANOVA برای تحلیل داده‌ها استفاده شده است.

تأثیر غلظت ازن بر راندمان گندزدایی ازن

برای تعیین اثر ازن بر گندزدایی، به مدت یک دقیقه عمل ازن‌زنی محلول حاوی 10^4 CFU/ml و 10^5 CFU/ml با سه غلظت ورودی یعنی ۱، ۳ و ۵ میلی گرم در لیتر انجام شد. نتیجهٔ ازن زنی در شکل ۲ آمده است. همان طوری که در این شکل دیده می‌شود، با افزایش غلظت ازن، میزان نابودی اشریشیاکلی افزایش می‌یابد. همچنین هرچه دانسیته اشریشیاکلی افزایش یابد، راندمان کمتر خواهد شد؛ زیرا با ثابت بودن غلظت ازن، هرچه تعداد باکتری بیشتر باشد، راندمان کمتر می‌شود.

نتایج آزمون آماری نشان داده است که راندمان حذف در دو غلظت پیاپی معنی‌دار نیست ($P>0/05$)؛ اما راندمان حذف با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر ازن با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر ازن در دو حالت دانسیته 10^4 CFU/ml و 10^5 CFU/ml معنی‌دار است ($P<0/05$)؛ در حالتی که تعداد باکتری 10^4 CFU/ml است، بین غلظت ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر ازن معنی‌دار نیست ($P>0/05$).

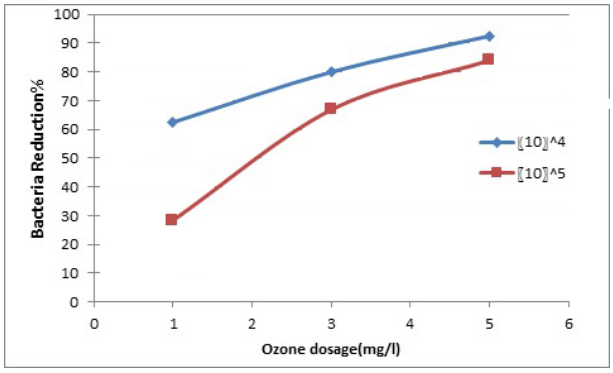
تأثیر زمان تماس بر راندمان گندزدایی ازن

نتایج این مرحلهٔ آزمایش در شکل ۳ آمده است. همان طوری که دراین شکل دیده می‌شود، در زمان تماس ۱۰ دقیقه به بعد ۱۰۰ درصد اشریشیاکلی از بین می‌روند. همچنین راندمان حذف در مدت ۵ دقیقه ۹۸/۷۵ درصد و ۹۹/۵ درصد به ترتیب با تعداد باکتری 10^5 و 10^4 CFU/ml بوده است. آنالیز آماری نشان داده که راندمان حذف در زمان تماس یک دقیقه با سه زمان دیگر یعنی ۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه با تعداد باکتری 10^5 CFU/ml معنی‌دار است ($P<0/05$). به این علت که راندمان حذف در سه مرتبه تکرار با تعداد باکتری 10^4 CFU/ml حدود ۱۰۰ درصد بوده است، لذا در دانسیته میکروبی راندمان حذف در زمان های مختلف معنی دار نشد ($P>0/05$).

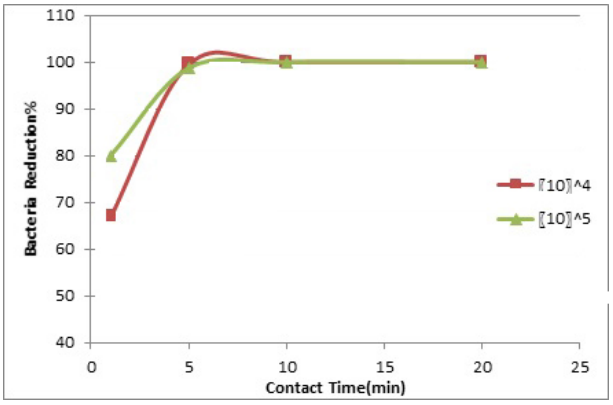
بحث و نتیجه‌گیری

ازن به علت اثر اکسیدکنندگی بر روی میکروارگانیسم‌ها دارای خواص گندزدایی است. ازن ترکیبات آلی در غشاء سلولی

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017



شکل ۲: تأثیر غلظت ازن (۱، ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر در دقیقه) بر گندزدایی آب



شکل ۳: تأثیر زمان تماس بر راندمان گندزدایی ازن با دوز ۳ میلی‌گرم در لیتر و تعداد باکتری های 10^4 و 10^5 CFU /ml

میکروارگانیسم‌ها را اکسید می کند که منجر به پارگی و شکاف غشاء خواهد شد و بر قابلیت زنده ماندن سلول تأثیر می گذارد؛ بنابراین گندزدایی حاصل می‌شود [۱۴]. آیوتی و پندیت در مطالعه‌ای اثر گندزدایی ازن با غلظت های ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ میلی گرم در لیتر با زمان تماس ۱۵ و ۶۰ دقیقه برای گندزدایی آب حاوی باکتری های HPC، کلیفرم‌های کل، کلیفرم های مدفوعی و استرپتوکوک های مدفوعی را انجام دادند. آنها دریافتند افزایش دوز ازن از ۰/۵ به ۴ میلی گرم در لیتر و با زمان تماس ۱۵ دقیقه، قادر است کلیفرم کل را به ترتیب از ۷۳ درصد تا ۱۰۰ درصد حذف کند. برای باکتری های HPC کارایی گندزدایی از ۴۶ درصد تا ۹۳ درصد به ترتیب برای افزایش دوزها از ۰/۵ به ۴ میلی گرم در لیتر بود. نتایج این مطالعه در جدول ۱ آمده است [۱۴]. مطالعه دیگری نشان می دهد که استفاده ازن با دوز زیاد موجب افزایش تولید بروومات خواهد شد [۱۵]. لی و نی مطالعه ای در خصوص گندزدایی آب و نابودی میکروارگانیسمهای Escherichia coli (E.coli) K-12, Staphylococcus aureus (S. aureus) A106, Bacillus subtilis (BST) با استفاده از ازن انجام دادند. دوز ازن ۰/۵ ، ۱، ۱/۵، ۳ و ۵ میلی گرم در لیتر با زمان تماس یک تا ۶۰ دقیقه در نظر گرفته شد. آنها نشان دادند که کارایی غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم ها با افزایش دوز ازن از ۰/۵ تا ۵ میلی گرم در لیتر در مدت ده دقیقه افزایش می‌یابد. با افزایش زمان تماس، میزان ازن مورد نیاز به تدریج کاهش می‌یابد. آنها غلظت ۳ میلی گرم در لیتر ازن را به عنوان غلظت بهینه غیرفعال‌سازی در نظر گرفتند. ۳/۹۸ واحد لگاریتمی غیرفعال‌سازی در مدت ۱۰ دقیقه ایجاد شد. CT ازن برای غیر فعال‌سازی اشریشیاکلی، ۱۴۴۰ میلی گرم در لیتر بر دقیقه بیان شد [۱۶]. برای تعیین اثر زمان تماس بر راندمان گندزدایی، عمل ازن‌زنی با غلظت ۳ میلی گرم در لیتر با مدت زمان تماس ۱، ۵، ۱۰ و ۲۰ دقیقه انجام شد. تعداد باکتری در این آزمایش نیز، 10^4 CFU/ml و 10^5 CFU/ml تنظیم شد. علت انتخاب زمان تماس حداکثر ۲۰ دقیقه برای ازن‌زنی، به این خاطر است که ازن به تدریج در مدت ۲۰ دقیقه تجزیه می‌شود. مطالعه آیوتی و پندیت ثابت کرد که تجزیه ۵۵ درصد ازن در ۱۵ دقیقه اتفاق می‌افتد [۱۴].

بنابراین در نظر گرفتن زمان تماس بیش از ۲۰ دقیقه فاقد ازن کافی جهت گندزدایی است. تحقیق آیوتی و پندیت هم نشان داد که با افزایش زمان تماس ازن میزان مرگ میکروارگانیسم ها افزایش می‌یابد. مثلاً ازن با غلظت ۱ میلی‌گرم در لیتر و زمان تماس ۱۵ دقیقه قادر بود ۵۲ درصد کلیفرم کل را نابود کند که این راندمان در ۶۰ دقیقه تماس به ۸۸ درصد افزایش یافت. همین روند برای سایر باکتری ها نظیر استرپتوکوک ها و کلیفرم های مدفوعی هم وجود دارد [۱۴]. جان و همکاران ازن را با غلظت ۰/۵ و ۱ میلی گرم در لیتر برای نابودی اسپور Encephalitozoon

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

جدول ۱: درصد حذف میکروارگانیسم ها توسط ازن‌زنی در غلظت های از ۰/۵ تا ۴ میلی‌گرم در لیتر [۱۴]

دوز ازن (میلی گرم بر لیتر)	باکتری های HPC		کل کلیفرم ها		کلیفرم های مدفوعی		استرپتوکوکوس مدفوعی	
	۱۵ دقیقه	۶۰دقیقه	۱۵ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۶۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۶۰ دقیقه
۰/۵	۴۶±۵	۸۲±۲۰	۷۳±۱۵	۹۰±۲۰	۶۸±۱۵	۹۲±۱۰	۵۳±۸	۸۳±۵
۱	۵۲±۱۰	۸۸±۱۵	۶۸±۱۰	۹۲±۱۰	۷۵±۵	۹۵±۸	۶۹±۵	۹۴±۱۰
۲	۶۰±۱۵	۹۳±۱۰	۶۰±۱۴	۹۴±۸	۷۸±۱۴	۱۰۰±۲۰	۷۴±۸	۹۷±۱۲
۳	۸۲±۱۰	-	۹۶±۲۰	-	۱۰۰±۲۰	-	۹۷±۵	-
۴	۹۳±۲۰	-	۱۰۰±۲۵	-	۱۰±۲۰	-	۱۰۰±۲۰	-

intestinalis در مدت ۱ تا ۵ دقیقه بکار گرفتند که نتایج آنها نشان داد که با دوز ۰/۵ میلی گرم در لیتر ازن، ۲ و ۳ واحد لگاریتمی کاهش به ترتیب در زمان ۲/۵ و ۵ دقیقه اتفاق افتاد. برای دوز ۱ میلی گرم در لیتر ازن، ۲ و ۳ واحد لگاریتمی کاهش به ترتیب در زمان ۲/۵ و ۴ دقیقه اتفاق افتاد [۱۷].

این مطالعه نشان داده است که راندمان حذف باکتری در زمان تماس بیش از ۵ دقیقه ازن‌زنی ۱۰۰ درصد می‌باشد. راندمان ازن در حذف اشریشیاکلی در مدت ۵ دقیقه و دوز یک میلی‌گرم در لیتر ۹۸/۷۵ و ۹۹/۵ درصد به ترتیب با تعداد باکتری 10^5 و CFU/ 10^4 ml بوده است. با افزایش تعداد کلنی، کارایی گندزایی کاهش می‌یابد. هرچه دانسیته باکتری افزایش یابد میزان تماس با ازن کاهش می‌یابد.

قدردانی

بدین وسیله از گروه تحقیقات و بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گلستان به جهت تأمین هزینهٔ این تحقیق باشماره طرح ملی ۹۱/۱۹۲۰ سپاسگزاری می‌گردد. از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران، کارکنان آزمایشگاه میکروبیولوژی دانشکدهٔ بهداشت ساری که شرایط انجمن تحقیق را فراهم آورده‌اند و همچنین خانم سیده محبوبه حسینی کارشناس ارشد آمار به جهت آنالیز آماری داده‌ها و سرکار خانم معصومه اسلامی‌فر کارشناس آزمایشگاه میکروبیولوژی، جهت مشاوره کشت و شناسایی میکروبی قدردانی می‌شود.

References

1. Batt CA. Encyclopedia of Food Microbiology. 2nd ed. Waltham: Academic Press; 2014. P.695–701.
2. Percival SL. Escherichia coli. In: Percival SL, Yates ML, Williams D, Chalmers R, Gray N, editors. Microbiology of Waterborne Diseases. 2nd ed. Waltham: Academic Press; 2014. P.89–117.
3. Eden R. Enterobacteriaceae, coliforms and E. Coli, Classical and Modern Methods for Detection and Enumeration. In: Batt CA. Encyclopedia of Food Microbiology. 2nd ed. Waltham: Academic Press; 2014. P.667-673.
4. von Gunten U. Ozonation of drinking water: Part II. Disinfection and by-product formation in presence of bromide, iodide or chlorine. Water Res 2003; 37(7):1469–1487.
5. Yang X, Peng J, Chen B, Guo W, Liang Y, Liu W, et al. Effects of ozone and ozone/peroxide pretreatmentson disinfection byproduct formation during subsequent

Downloaded from jhc.mazums.ac.ir at 12:13 IRST on Tuesday February 21st 2017

chlorination and chloramination. J Hazard Mater 2012; 239-240:348-354.

6. Gray N. Ozone Disinfection. In: Percival SL, Yates ML, Williams D, Chalmers R, Gray N, editors. Microbiology of Waterborne Diseases. 2nd ed. Waltham: Academic Press: 2014. P.599-615.
7. United States, Environmental Protection Agency, Office of Water. Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water; 1999.
8. Vaezi F, Bazrafshan E. Ultraviolet Radiation and Its Application in Water and Wastewater Treatment and Purification. Tehran: Andishmand Publications; 2008 (Persian).
9. Shahmansouri MR, Kargar M. Efficiency of ozonation in decreasing total organic carbon and total coliform bacteria in Isfahan water treatment plant. Water &Water Waste J 2005; 54:43-46.
10. Zazouli MA, Ahanjan M, Kor Y, Eslamifar M, Hosseini M, Yousefi M. Water disinfection using Photocatalytic process with titanium dioxide Nanoparticles. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 24(122):227-238.
11. Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 2012.
12. Garcia LS. Preparation of Routine Media and Reagents Used in Antimicrobial Susceptibility Testing. In: Garcia LS. Clinical Microbiology Procedures Handbook. 3th ed. Washington DC: ASM Press; 2010. P.181-201.
13. Palintest Ltd, Ozone meter precision ozone meter for use with dpd test, Availab;e at: http:// palintest.com.au/media/uploads/363.pdf.
14. Jyoti KK, Pandit AB. Ozone and cavitation for water disinfection. Biochem Eng J 2004; 18(1):9-19.
15. Smeets PW, van der Helm AW, Dullemont YJ, Rietveld LC, van Dijk JC, Medema GJ. Inactivation of Escherichia coli by ozone under bench-scale plug flow and full-scale hydraulic conditions. Water Res 2006; 40(17):3239-3248.
16. Li H, Zhu X, Ni J. Comparison of electrochemical method with ozonation, chlorination and monochloramination in drinking water disinfection. Electrochimica Acta 2011; 56(27):9789-9796.
17. John DE, Haas CN, Nwachuku N, Gerba CP. Chlorine and ozone disinfection of Encephalitozoon intestinalis spores. Water Res 2005; 39(11):2369-2375.