

Efficiency of Ozonation in Decreasing Total Organic Carbon and Total Coliform Bacteria in Isfahan Water Treatment Plant

Mohammad Reza Shahmansouri¹, Mehdi Kargar²

بررسی کارایی ازناسیون در کاهش کل کربن آلی و باکتری‌های کلیفرم در تصفیه‌خانه آب اصفهان در سال ۱۳۸۳

محمد رضا شاهمنصوری^۱ مهدی کارگر^۲

(دریافت ۸۴/۱/۳۰ پذیرش ۸۴/۴/۳۰)

Abstract

Ozone, as a powerful oxidant and disinfectant, has found wide applications in water treatment since early 20th century. A concentration level of 0.4mg/L for 5 minutes is considered to be sufficient for conventional disinfection in water treatment. The ozonation-chlorination process, with chlorine as a supplementary disinfectant, has been used since 2003 in phase 1 of Isfahan Water Treatment Plant with an influent capacity of 5m³/s. The object of this study is to determine ozone efficiency in decreasing total organic carbon, total coliform, and fecal coliform in raw water. In this study, 25 samples over the 3 months of study were collected from the influent, after both primary and secondary ozonation stages, and from the effluent from Isfahan Water Treatment Plant. The microbial test and total organic carbon (TOC) were measured. The results showed significant differences ($p < 0.05$) between average values for TOC concentration and coliform and fecal coliforms in the influent, the primary ozonation, and the secondary ozonation but average values for the same parameters in the secondary ozonation and the plant effluent were not significant ($p > 0.05$). The result obtained from this study revealed that the application of ozone as a disinfectant in the water treatment plant in Isfahan is not adequately efficient and that final chlorination may, therefore, be necessary.

Key words: Ozonation, Total Organic Carbon, Coliform Bacteria, Disinfection, Isfahan Water Treatment Plant

چکیده

ازن به عنوان یک اکسیدکننده و ضدعفونی کننده قوی از اوایل قرن گذشته کاربرد وسیع و فراوانی در عملیات تصفیه آب پیدا کرده است. غلظت ازن مورد استفاده در عملیات تصفیه آب، به میزان ۰/۴ میلی گرم در لیتر ازن، برای ۵ دقیقه برای گندزدایی در نظر گرفته می شود. به عنوان مکمل ضدعفونی با ازن، از کلر استفاده می شود که به نام فرآیند ازن - کلر مشهور است. تصفیه خانه آب اصفهان از سال ۱۳۸۲ به منظور گندزدایی در فاز یک با ظرفیت ۵m³/s از فرایند ازن - کلر استفاده می نماید. هدف از این بررسی تعیین کارایی ازن در کاهش کل کربن آلی (TOC) و عوامل باکتریایی است که در آب خام ورودی به تصفیه خانه وجود داشته و می بایستی در فرایندهای تصفیه کاهش بیابد. در این بررسی به مدت سه ماه تعداد ۲۵ نمونه از قسمت‌های مختلف ورودی، بعد از ازن زنی اولیه، بعد از ازن زنی ثانویه و خروجی تصفیه خانه آب اصفهان برداشت شد و آزمایشهای میکروبی و کل کربن آلی بر روی نمونه ها انجام گرفت. بر اساس آزمون آماری مشخص شد که میانگین غلظت کل کربن آلی و تعداد باکتریهای کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی در قسمت‌های ورودی، بعد از ازن زنی اولیه و بعد از ازن زنی ثانویه اختلاف معنی داری وجود دارد ($P < 0.05$) اما میانگین این پارامترها بعد از ازن زنی ثانویه و خروجی اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$). باتوجه به معنی دار نبودن اختلاف ازن زنی ثانویه و خروجی برای کل کربن آلی و باکتری‌های کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی ازن زنی به تنهایی برای گندزدایی آب در این تصفیه خانه کافی نیست و در نتیجه، کلرزنی در قسمت خروجی تصفیه خانه، هم برای ایجاد باقی مانده و هم برای گندزدایی کامل آب مورد نیاز می باشد.

واژه‌های کلیدی: ازناسیون، کل کربن آلی، باکتری‌های کلیفرم، گندزدایی، تصفیه خانه آب اصفهان.

1- Associate Professor, Department of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences

2- Graduate Student of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences

۱- دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

ازن گازی است ناپایدار و به وسیله الکترولیز و واکنشهای فتوشیمیایی یا واکنشهای رادیوشیمیایی با تخلیه الکتریکی تولید می شود [۱]. دلایل اصلی استفاده از ازن به عنوان گندزدا در تصفیه آب آشامیدنی حذف آلاینده های میکروبی و اکسیداسیون و یا ترکیبی از هر دو می باشد [۲]. اولین تصفیه خانه ای که از فرآیند ازن زنی استفاده کرد، تصفیه خانه نیس شهر فرانسه بود که بهره برداری از آن در سال ۱۹۰۰ شروع شد [۳]. قبل از استفاده از ازن از کلر و دی اکسید کلر برای کنترل آلودگی میکروبی استفاده می شد؛ اما چون استفاده از کلر منجر به تشکیل فرآورده هایی ناخواسته می شد، تمایل به استفاده از ازن به وجود آمد. ازن را معمولاً در مراحل میانی تصفیه و به عنوان مکمل فرآیند ضد عفونی کردن به همراه کلر به کار می برند. این فرآیند به نام ازن-کلر یا ازن-ازن-کلر نامیده می شود [۴].

در طراحی گندزدایی شیمیایی، مقادیر c.t (غلظت گندزدا بر حسب میلی گرم در لیتر در زمان تماس بر حسب دقیقه) برای تصفیه آب در حدی در نظر گرفته می شود که کاهش ۹۹ تا ۹۹/۹ درصد میکروارگانیسمها حاصل شود. اغلب برای به دست آوردن یک c.t، برای ازن حدود ۲-۱/۶ mg min/L (غلظت ۰/۴ mg/L) ازن برای ۵ دقیقه)، برای گندزدایی متداول کافی در نظر گرفته می شود، در حالیکه برای کلر، غلظت ۵-۱ mg/L برای ۳۰ دقیقه در نظر گرفته می شود [۵].

کربن آلی در منابع آبی می تواند به طور مستقیم ناشی از گیاهان فتوسنتز کننده و یا به طور غیر مستقیم از مواد آلی خاک باشد. در آبهای سطحی، غلظت کل کربن آلی معمولاً کمتر از ۱۰ mg/L و در آبهای زیرزمینی کمتر از ۲ mg/L می باشد، مگر این که فاضلاب صنعتی یا شهری از مواد آلی طبیعی دارای رنگ بالا و موجود در باتلاقها وارد آن شود [۶].

وقتی ازن به آب افزوده می شود، موجب افزایش ذرات درشت می شود. این ذرات معلق خود سبب جذب مواد کلوییدی از مواد آلی و تغییرات اساسی در کل کربن آلی و کدورت شده که این امر نهایتاً سبب کاهش مواد منعقد کننده مصرفی و تسریع در ته نشینی ذرات معلق می شود [۷]. در تصفیه خانه آب اصفهان از سال ۱۳۸۲ به منظور ضد عفونی کردن آب استحصالی در فاز یک با ظرفیت ۵m³/s از فرایند ازن-کلر استفاده می نمایند. هدف از این بررسی تعیین کارایی ازن زنی در تصفیه خانه آب اصفهان در فاز یک می باشد. به این منظور دو شاخص اصلی شامل کل کربن آلی و محتمل ترین تعداد کلیفرم ها طی مراحل تصفیه مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته اند.

۲- مواد و روشها

این مطالعه از نوع مشاهده ای، مقطعی و آینده نگر می باشد. جمعیت میکروبی آب ورودی، خروجی، بعد از ازن زنی اولیه و بعد از ازن زنی ثانویه در عملیات تصفیه آب در تصفیه خانه آب اصفهان مورد مطالعه قرار گرفت. زمان انجام این بررسی از مهرماه سال ۱۳۸۳ تا دی ماه ۱۳۸۳ بود. تعداد ۲۵ عدد نمونه در نظر گرفته شد. مقدار نمونه در هر نوبت نمونه برداری برابر ۳۰۰ میلی لیتر برای کل کربن آلی و ۱۰۰ میلی لیتر برای محتمل ترین تعداد کلیفرم بود [۸]. برای نمونه برداری از نظر TOC از روش استاندارد B-5310 استفاده شد. در این روش از یک تحلیل گر کربن با استفاده از سیستم تشخیص مادون قرمز استفاده شده است [۸]. برای اندازه گیری باکتریهای کلیفرم از روش تخمیر ۹ لوله ای، آزمایش احتمالی، تأییدی و تکمیلی محتمل ترین تعداد کلیفرم انجام گرفت [۱ و ۳]. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه دانشکده بهداشت اصفهان برای تعیین باکتریها و آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب اصفهان برای تعیین کل کربن آلی مورد آزمایش قرار می گرفت. آنالیزهای آماری با نرم افزار SPSS از نظر میانگین، انحراف معیار و P Value مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند.

۳- نتایج

مجموع نمونه های آزمایش شده ۱۰۰ نمونه می باشد که در مدت سه ماه برداشت شد. میانگین پارامترهای اندازه گیری شده در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. درصد کاهش میزان کل کربن آلی و باکتریهای کلیفرم در شکل ۳ نشان داده شده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

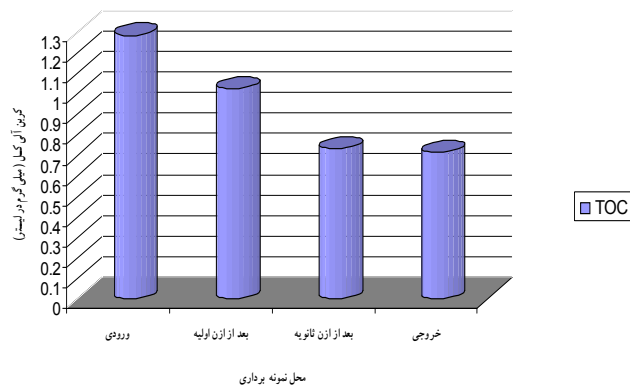
با توجه به شکل ۱ و از نظر آزمون آماری، بررسی نشان داد که میانگین غلظت کل کربن آلی در آب خام ورودی و بعد از ازن زنی اولیه و بعد از ازن زنی ثانویه اختلاف معنی دار وجود دارد ($P < 0/05$). در صورتی که میانگین غلظت کل کربن آلی پس از ازن زنی ثانویه نسبت به خروجی اختلاف معنی داری ندارد ($P > 0/05$). شکل ۳ نشان می دهد که درصد کاهش کل کربن آلی پس از ازن زنی اولیه ۲۰/۴ درصد و پس از ازن زنی ثانویه ۲۸ درصد و پس از خروجی ۲/۵ درصد بوده است و باتوجه به این نکته که انعقاد و فیلترها نیز بر روی حذف کل کربن آلی مؤثرند، می توان گفت که از ناسیون تاثیر قابل ملاحظه ای بر روی حذف کل کربن آلی نداشته است.

با توجه به شکل ۲ و انجام آزمونهای آماری، میانگین تعداد باکتریهای کلیفرم (محیط کشت BG) در ورودی و بعد از ازن زنی

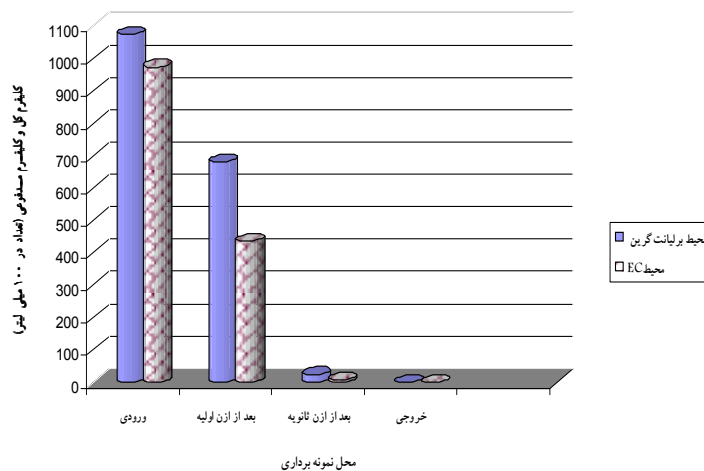
اولیه ۵۵/۳ درصد و بین ازن زنی اولیه و ثانویه ۹۸/۴۵ درصد و بعد از ازن زنی ثانویه و خروجی ۱۰۰ درصد می باشد. این اختلاف که تقریباً دو برابر است، بین ازن زنی اولیه و ثانویه، ناشی از غلظت آن می باشد که در ازن زنی اولیه غلظت تزریق ازن ۰/۲ پی پی ام و در ازن زنی ثانویه ۰/۸ پی پی ام می باشد. طبق مرجعهای مختلف غلظت ۰/۴ mg/L ازن با زمان تماس ۵ دقیقه برای کاهش $\log 2$ تا ۳ باکتری کافی می باشد [۵].

باید توجه کرد که مقدار ازن زنی در تصفیه خانه آب اصفهان کافی نیست و در نتیجه بعد از ازن زنی ثانویه به طور متوسط ۲۴ باکتری کلیفرم و ۷ کلیفرم مدفوعی مشاهده می شود. با توجه به معنی دار نبودن اختلاف بین ازن زنی ثانویه و خروجی برای حذف باکتریهای کلیفرم و کلیفرم های مدفوعی، ازن زنی به تنهایی برای گندزدایی آب در این تصفیه خانه کارایی ندارد. در نتیجه کلرزنی در قسمت خروجی تصفیه خانه، هم برای ایجاد باقی مانده و هم برای گندزدایی کامل آب مورد نیاز می باشد.

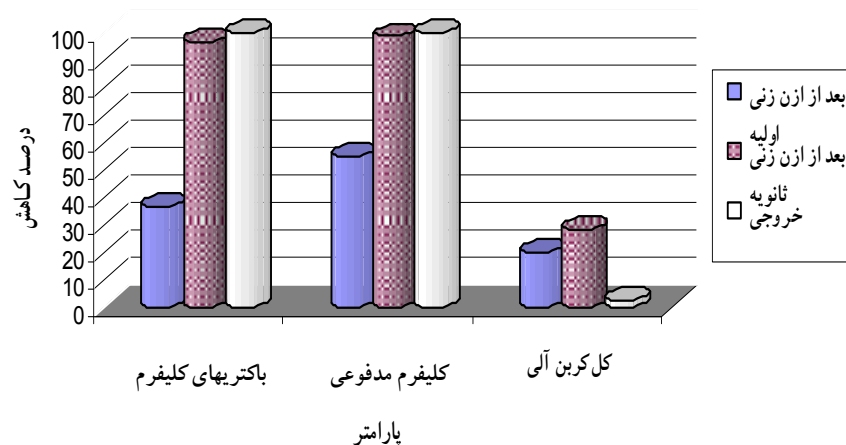
اولیه اختلاف معنی داری داشت ($P < 0.05$). این اختلاف معنی دار بعد از ازن زنی اولیه و ثانویه نیز مشاهده شد. در حالی که میانگین باکتریهای کلیفرم بعد از ازن زنی ثانویه و خروجی با هم اختلاف معنی داری نداشت ($P > 0.05$). میانگین تعداد کل کلیفرم های مدفوعی (محیط کشت EC) ورودی و بعد از ازن زنی اولیه از نظر آماری اختلاف معنی داری داشت؛ معنی دار بودن این اختلاف در میانگین کلیفرم های مدفوعی بعد از ازن زنی اولیه و ازن زنی ثانویه نیز مشاهده شد. مشابه تعداد باکتریهای کلیفرم، میانگین تعداد کلیفرم های مدفوعی بعد از ازن زنی ثانویه و خروجی از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد و این پدیده نشان دهنده این نکته است که تأثیر ازن زنی ثانویه بیشتر از ازن زنی اولیه است. در شکل ۳، درصد کاهش باکتریهای کلیفرم بین آب ورودی و بعد از ازن زنی اولیه ۳۶/۶ درصد و بین ازن زنی اولیه و ازن زنی ثانویه ۹۶/۵ درصد و میزان کاهش بین ازن زنی ثانویه و خروجی ۱۰۰ درصد و برای کلیفرم های مدفوعی درصد کاهش بعد از ورودی و ازن زنی



شکل ۱- میانگین کل کربن آلی در تصفیه خانه آب اصفهان سال ۱۳۸۳



شکل ۲- میانگین تعداد باکتریهای کلیفرم و کلیفرم های مدفوعی در تصفیه خانه آب اصفهان در سال ۱۳۸۳



شکل ۳- درصد کاهش باکتریهای کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی و کل کربن آلی بعد از ازن‌زنی اولیه، ثانویه و خروجی در سال ۱۳۸۳

۵- مراجع

- 1- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., and Stensel, H.D. (2003). "Wastewater engineering: treatment and reuse." 4th ed. *McGraw Hill*, 1286- 1295.
- 2- Gunten, U.V. (2003). "Ozonation of drinking water part I, oxidation kinetics and product formation." www.elsevier.com/locate/waters, 1443-1467.
- 3- Bitton, G. (1999). "Wastewater microbiology." 2nd edition, *John Wiley and Sons Inc*, 578.
- 4- Gottschalk, C., Libra .JA., and Saupe, A. (2002). "Ozonation of water and wastewater", *E. and F.N. Spon Ltd*. London, 22-35.
- 5- Twort, A. C., and Ratnayaka, D. D. (2000). "Water supply." 5th ed. *IWA*, 452.
- 6- Chapman, D.(1996). "*Water quality assessments*." 2nd ed. *E. and F.N. Spon*.

۷- معاونت امور فنی و تدوین معیارها، (۱۳۷۷) "راهنمای بهره برداری و نگهداری واحد های تصفیه خانه آب." نشریه ۱۷۷ سازمان

برنامه و بودجه، انتشارات سازمان برنامه و بودجه، (۷)، ۹۴-۱۱۰.

- 8-APHA, AWWA, WPCF, (1992). "Standard methods for the examination of water and wastewater." 18th ed., *APHA, NW*.