



بررسی اثر محلول مولتی اکسیدانت تولیدی در فرآیند الکترولیز نمک طعام بر اوره موجود در آب استخر

مهران نقشینه^۱، نفیسه استاد مرادی^۲، محمدرضا عزیززاده قناد^۳، امیر مسعود سامانی مجد^۴، حمیدرضا پورزمانی^{۵*}

چکیده

اگرچه آب استخرهای شنا به مصرف شرب نمی‌رسد اما در صورت تماس آب آلوده استخر با بدن انسان یا بلع اتفاقی آن، می‌تواند موجب ایجاد بیماری شود. با توجه به انواع گونه‌های بیماری‌زای موجود در آب استخر، نیاز به گندزدایی آن اجتناب‌ناپذیر است. از میان روش‌های مرسوم گندزدایی استفاده از پودر پرکلرین، آب‌زاول و محلول مولتی اکسیدان، استفاده از مولتی اکسیدان از سایر روش‌ها به لحاظ تأثیرگذاری بر انواع گونه‌های بیماری‌زا و دارا بودن مقدار باقی‌مانده در آب، مؤثرتر و مناسب‌تر است. در صورت استفاده از روش‌های گندزدایی بر پایه کلر و مولتی اکسیدان، به دلیل وجود اوره در آب استخر ناشی از مواد دفع شده انسانی، انواع ترکیبات کلرآمین در آب استخر به وجود آمده که این ترکیبات به‌خصوص نیتروژن تری کلراید (تری کلرآمین) موجب سوزش چشم و تنگی نفس شناگران می‌گردد. در این مطالعه محلول اوره با غلظت‌های مختلف تهیه شده و طیف جذب فرابنفش آن‌ها توسط دستگاه DR 5000 در ناحیه ۱۹۰ تا ۴۰۰ nm تهیه شد. سپس برای غلظت معینی از این محلول (۱/۵ cc/L)، تغییرات طیف فرابنفش محلول با افزایش محلول مولتی اکسیدان و گذشت زمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در محلول اوره با غلظت مشخص، در اثر افزایش مقدار کلر و گذشت زمان، میزان جذب اشعه فرابنفش کاهش یافته که این امر نشان‌دهنده کاهش مقدار کلرآمین‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گندزدایی، استخر شنا، مولتی اکسیدان، اوره، طیف‌سنجی، فرابنفش، جذب طیف، طول موج

- ۱- پژوهشگر مؤسسه پژوهشی زیست‌محیطی زنده‌رود، اصفهان
- ۲- پژوهشگر مؤسسه پژوهشی زیست‌محیطی زنده‌رود، اصفهان
- ۳- رئیس مجتمع فرهنگی ورزشی سرزمین موج‌های آبی، مشهد
- ۴- پژوهشگر مؤسسه پژوهشی زیست‌محیطی زنده‌رود، اصفهان
- ۵- استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، اصفهان

* نویسنده مسئول: pourzamani@hlth.mui.ac.ir

۱- مقدمه

در این مطالعه محلول اوره با غلظت‌های مختلف تهیه شده و طیف جذب فرابنفش آن‌ها توسط دستگاه DR 5000 در ناحیه ۱۹۰ تا ۴۰۰ nm تهیه شد. سپس برای غلظت معینی از این محلول (۱/۵ cc/L)، تغییرات طیف فرابنفش محلول با افزایش محلول مولتی اکسیدان و گذشت زمان مورد بررسی قرار گرفت.

آب استخرهای شنا اگرچه به مصرف شرب نمی‌رسد اما در صورت تماس بدن انسان با آب آلوده و یا بلع اتفاقی آن موجب انتقال بیماری به انسان می‌شود و خصوصاً در مواردی که آب دارای باقیمانده مواد گندزدایی فعال مانند کلر به مقدار کافی نیست، باعث ایجاد بیماری می‌شود.

علاوه بر باکتری‌های نشانگر آلودگی مدفوعی (اشرشیاکلی) میکروارگانسیم‌های بیماری‌زای دیگر نیز در آب آلوده دیده می‌شوند. این میکروارگانسیم‌ها شامل سودوموناس آئروژینوزا^۱، استرپتوکوک‌های مدفوعی^۲ و مایکوباکتریوم مارینوم^۳ می‌باشند که مورد اخیر باعث ایجاد عفونت‌های مختلف چشم، گوش و پوست (به خصوص در افراد آسیب‌پذیر و بیمارانی که سیستم دفاعی بدنشان تضعیف شده است) می‌شود (Lechevallier, Seidler, and Evans 1980).

با توجه به انواع گونه‌های بیماری‌زای موجود در آب استخر، نیاز به گندزدایی آن اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. از میان روش‌های مرسوم گندزدایی مانند استفاده از لامپ فرابنفش، ازن‌زنی، استفاده از پودر پرکلرین، آب‌ژاول و محلول مولتی اکسیدان، استفاده از مورد آخر یعنی محلول مولتی اکسیدان از سایر روش‌ها به لحاظ تأثیرگذاری بر انواع گونه‌های بیماری‌زا و دارا بودن مقدار باقی‌مانده در آب، مؤثرتر و مناسب‌تر است (Lechevallier and Kwok-keung 2004).

در صورت استفاده از روش‌های گندزدایی بر پایه کلر و مولتی اکسیدان، به دلیل وجود اوره در آب استخر ناشی از مواد دفع شده انسانی، انواع ترکیبات کلرآمین در آب استخر به وجود آمده و طی واکنش‌های انجام شده ناشی از حضور کلرآمین‌ها، آمونیاک تولید می‌شود که موجب سوزش چشم و تنگی نفس شناگران می‌شود (Kim, Shim, and Lee 2002, Zwiener et al. 2007).

۲- مواد و روش‌ها**۲-۱- مواد**

محلول‌های اوره با استفاده از اوره موجود در مایعات دفع شده انسانی و همگی از یک نمونه مشخص ساخته شد. مولتی اکسیدان اضافه شده به این محلول‌ها دارای غلظت حدود ۳۲۰۰ ppm بوده و به صورت تازه از سامانه گندزدایی پیشرفته مولتی اکسیدان بکو، ساخت شرکت بهین آب زنده رود تهیه شد.

۲-۲- تجهیزات

اندازه‌گیری کلر توسط دستگاه کلرسنج جیبی مدل AB142 ساخت شرکت بهین آب زنده رود و با استفاده از پودر DPD کلر آزاد (AB5 55959) ساخته شده توسط همین شرکت انجام گرفت.

طیف فرابنفش محلول‌های تهیه شده با استفاده از دستگاه DR 5000 ساخت شرکت HACH آمریکا انجام شد. همچنین، مقدار pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر رومیزی AZ مدل ۸۶۵۰۵ ساخت تایوان اندازه‌گیری گردید.

۲-۳- روش کار

در این مطالعه ابتدا محلول‌های اوره با غلظت‌های مختلف (۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵، ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵ و ۲۵ cc/L) ساخته شده و طیف فرابنفش آن‌ها اندازه‌گیری گردید. در مرحله بعد، یک غلظت معین از محلول اوره در آب با غلظت ۱/۵ cc/L ساخته شده و در

1- Pseudomonas Aeruginosa
2- Faecalstrsptococct
3- My cobacteriummarinum

ملاحظه می‌شود که در تمامی این نمونه‌ها سه پیک جذب در نواحی ۲۰۰، ۲۳۳ و ۲۹۰ nm وجود دارد و با افزایش غلظت، تنها مقدار جذب در این طول‌موج‌ها تغییر می‌کند.

در مرحله بعد، یک غلظت معین از محلول اوره در آب با غلظت ۱/۵ cc/L ساخته شده و ادامه بررسی‌ها با این محلول انجام گرفت. هدف از انجام این بخش، بررسی نحوه واکنش کلر و اوره و تأثیر این واکنش بر طیف فرابنفش این محلول است.

در بررسی‌های انجام گرفته، مقدار مشخصی از مولتی اکسیدان به محلول اضافه شده و بلافاصله پس از آن مقدار کلر آزاد و کل محلول اندازه‌گیری شد. این آزمایش‌ها در pH حدود ۷/۹±۰/۱ انجام گرفت. مشاهده گردید که در اثر افزایش مولتی اکسیدان با غلظت مشخص کلر آزاد در حدود ۳۲۰۰ ppm، افزایش مقدار کلر آزاد محلول بسیار کمتر از مقدار کلر آزاد مولتی اکسیدان اضافه شده بوده و بیشتر مقدار آن به صورت کلر کل ظاهر شد. این بدان معناست که مقدار قابل توجهی از کلر آزاد موجود در محلول مولتی اکسیدان به سرعت با اوره موجود در محلول واکنش داده و کلر آمین تولید شده است. مقدار کلر افزوده شده به نحوی تعیین شد که مقدار کلر آزاد همانند شرایط استخراج حداکثر بین ۱-۳ ppm باشد.

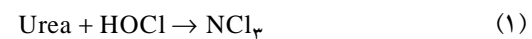
افزایش مولتی اکسیدان به محلول اوره طی چند مرحله با فواصل زمانی حدود ۱۵ دقیقه انجام گرفته و پس از هر افزایش مقدار کلر آزاد افزوده شده، مقدار کلر آزاد و کل محلول، pH محلول و طیف فرابنفش محلول به دست آمد (جدول (۱)).

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود با گذشت زمان در هر دو حالت فواصل کوتاه و فواصل طولانی مقدار کلر آزاد و کل به تدریج کاهش می‌یابد. ولی در عین حال مشخص است که اختلاف بین کلر آزاد و کلر کل بیشتر می‌شود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اوره با کلر آزاد واکنش می‌دهد و تبدیل به کلر آمین‌های می‌گردد.

pH برابر ۷/۹ مقادیر مشخصی از مولتی اکسیدان به محلول اضافه شده و بلافاصله پس از آن مقدار کلر آزاد و کل محلول اندازه‌گیری شد. افزایش مولتی اکسیدان به محلول اوره طی چند مرحله با فواصل زمانی حدود ۱۵ دقیقه انجام گرفت و پس از هر افزایش مقدار کلر آزاد افزوده شده، مقدار کلر آزاد و کل محلول، pH محلول و طیف فرابنفش محلول اندازه‌گیری شد.

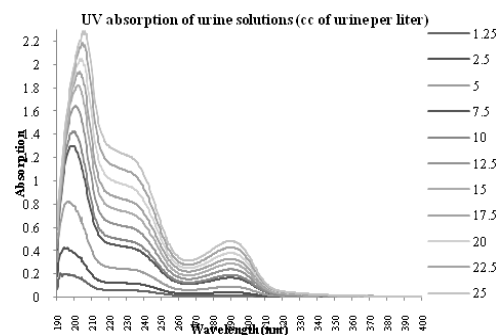
۳- نتایج و بحث

واکنش‌های انجام گرفته منتهی به تولید کلر آمین‌ها به صورت زیر است که در آن هیپوکلروس اسید که یکی از ترکیبات کلر آزاد محسوب می‌شود، مصرف می‌گردد (Schmalz, Frimmel, and Zwiener 2011).



نیتروژن تری کلراید (NCl₃) یا تری کلر آمین یک مایع زردرنگ نامحلول در آب و روغنی با بوی تند است که بسیار فرار بوده و چگالی آن حدود ۱/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب است.

محلول‌های اوره با غلظت‌های مختلف (۱/۲۵، ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰، ۱۲/۵، ۱۵، ۱۷/۵، ۲۰، ۲۲/۵ و ۲۵ cc/L) ساخته شده و طیف فرابنفش آن‌ها به دست آمد (شکل (۱)).



شکل (۱). طیف فرابنفش محلول‌های اوره با غلظت‌های مختلف

جدول (۱). تغییرات کلر آزاد، کلر کل و pH با افزایش کلر به محلول حاوی اوره (۱/۵ cc/L)

افزایش کلر (mg)	اسکن	pH	T _{Cl} (ppm)	F _{Cl} (ppm)	زمان (دقیقه)
-	۱	۷/۸۷	۰/۴۶	۰	قبل از کلرزنی
۷/۰۴	۲	۷/۹	۴/۵	۳	بلافاصله بعد از کلرزنی
۴/۱۶	۳	۷/۸۵	۴/۲	۲/۸۵	۱۵
۱/۶	۴	۷/۸۷	۴/۱	۲/۳۵	۳۰
۰/۶۴	۵	۷/۹۱	۴	۱/۹۸	۴۵
	۶	۷/۹۵	۱/۳۳	۰/۱۵	+۲۰ hr

مکعب بوده که سنگین تر از آب است. به همین دلیل در قسمت‌هایی که آب دارای تلاطم بوده یا هوادهی انجام می‌گیرد، به دلیل فرار بودن تری کلرآمین، بخارات آن در آب پراکنده شده و موجب سوزش چشم و تنگی نفس می‌گردد؛ بنابراین، سوزش چشم و تنگی نفس ناشی از تولید تری کلرآمین تولید شده از اوره و کلر آزاد در پارک‌های آبی بیش از استخرها پدید می‌آید.

۴- نتیجه گیری

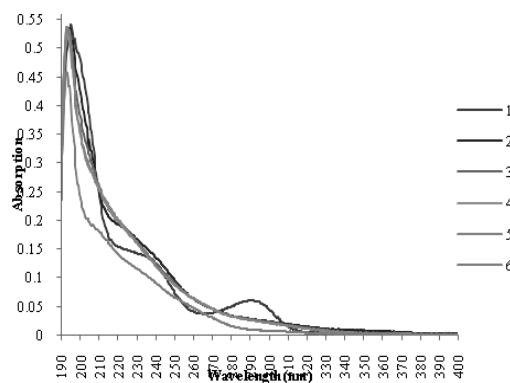
گندزدایی آب استخر و پارک‌های آبی به روش‌های بر مبنای کلر، موجب فراهم شدن شرایط برای ترکیب کلر اضافه شده و اوره موجود در آب استخر می‌شود. واکنش انجام گرفته بین این دو ترکیب موجب تولید انواع کلرآمین‌ها، بخصوص تری کلرآمین در آب استخر شده که این ماده باعث سوزش چشم و تنگی نفس شناگران می‌گردد.

افزایش کلر به آب حاوی اوره منجر به تولید فوری تری کلرآمین شده و با گذشت زمان غلظت آن در آب استخر کاهش می‌یابد.

۵- منابع

- Kim, H., J. Shim, and S. Lee. 2002. Formation of disinfection by-products in chlorinated swimming pool water. *Chemosphere*, 46: 123-130.

ستون pH در این جدول نیز نشان می‌دهد که تغییر قابل توجهی در pH در اثر کلرزنی محلول صورت نگرفته که این مسئله به دلیل خنثی بودن محلول تولیدی از فرآیند الکترولیز نمک در دستگاه بکو است. علاوه بر این، در شکل (۲) نیز ملاحظه می‌شود که پس از هر مرحله افزایش کلر آزاد مقدار جذب فرابنفش بخصوص در طول موج ۲۰۰-۳۳۰ nm کاهش یافته است (منحنی ۱ در مقایسه با منحنی‌های ۲ تا ۵) و همچنین با گذشت زمان طولانی نیز مقدار جذب فرابنفش در کلیه طول موج‌ها به طور محسوسی کم شده است (منحنی ۶).



شکل (۲). طیف فرابنفش محلول اوره (۱/۵ cc/L) در مراحل مختلف افزایش کلر و با گذشت زمان (بر اساس جدول (۱))

این کاهش‌ها احتمالاً به دلیل خروج تدریجی بخارات تری کلرآمین از محلول می‌باشد. همان‌طور که گفته شد دانسیته این ترکیب ۱/۶۵ گرم بر سانتی‌متر

- Schmalz, Cristina, Fritz H. Frimmel, and Christian Zwiener. 2011. Trichloramine in swimming pools – Formation and mass transfer. *Water Research*. 45: 2681-2690.
- Zwiener, Christian., S. D. Richardson, D M. De Marini, T. Grummt, T. Glauner, and F. H. Frimmel. 2007. Drowning in disinfection by products? Assessing swimming pool water. *Environmental science and technology*. 41: 363-372.
- Lechevallier, Mark W., and Au. Kwok-keung. 2004. *Water treatment and pathogen control: process efficiency in achieving safe drinking-water*, IWA Publishing.
- Lechevallier, Mark W., Ramon J. Seidler, and T Matthew Evans. 1980. Enumeration and characterization of standard plate count bacteria in chlorinated and raw water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*. 40: 922-930.

Effect of Multi-Soluble Antioxidant in the Process of Electrolysis of Salt Water Pool on Existing Urea

Mehran Naghshine¹, Nafise Ostadmoradi², Mohamad Reza Alizade Ghanad³,
Amir Masoud Samani Majd⁴, Hamid Reza Pour Zamani^{5,*}

Abstract

Although the pool water is not drunk, but in case of contact of the contaminated water with human's body or accidental swallowing can cause illness. According to pathogen species available in pool water, it is inevitable to be disinfected. Among the traditional disinfection methods, such asperchlorine, sodium hypochlorite and multi-oxidant solution, using multi-oxidant solution is much more efficient and suitable because of its effectiveness on pathogen species and having residual in water. In case of using chlorine and multi-oxidant base disinfection methods, different compositions of chloramines are produced in pool water because of human excreted urine and as a result of chloramines reactions, ammonia is produced. This can cause eye irritation and breathing problems for the swimmers. In this study, the urine solution has been prepared with different concentrations and their UV absorption spectra were investigated by DR 5000 in the range of 190 to 400 nm. Then, the changes of UV spectrum with multi-oxidant addition and time were deliberated for a certain concentration of this solution (1.5 cc/L). The results showed that by chlorine addition and time, the UV absorption has been decreased and this can be an indication of chloramines reduction.

Keywords: *Disinfection, Swimming pool Multi-oxidants, Urea, Spectrometric, Ultraviolet, Absorption spectrum, Wavelength*

1- Researcher, zende rood Isfahan environmental Research Institute

2- Researcher, zende rood Isfahan environmental Research Institute

3- Head of Cultural And Sport Complex Of water waves land, Mashhad

4- Researcher, zende rood Isfahan environmental Research Institute

5- Assistant Professor, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences

* Corresponding Author: pourzamani@hlth.mui.ac.ir