شناسایی ترکیبات حد واسط اکسیداسیون و بررسی تغییرات حد سمیت طی فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری غیر همگن با کاتالیست نانوذرات اکسید منیزیم جهت حذف مترونیدازول از محلول آبی

مجید کرمانی[1]، فرشاد بهرامی اصل[2]، علی اسرافیلی[3]، مهدی فرزادکیا[4]، سهیلا سلحشور آرین[5]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: مترونیدازول (Metronidazole) یکی از پرمصرف‌ترین آنتی‌بیوتیک‌های جهان علاوه بر خواص مختلف، دارای اثرات سوء قابل توجهی بر محیط زیست و جانداران می‌باشد. فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری نیز یکی از موفق‌ترین روش‌های حذف آنتی‌بیوتیک‌ها به شمار می‌رود، اما این فرایند نیز مانند سایر فرایندهای اکسیداسیون، محصولات جانبی تولید می‌کند که می‌تواند باعث سمیت پساب گردد.

روش‌ها: نمونه‌ای از راکتور بعد از ۱۰ دقیقه ازن‌زنی تحت شرایط بهینه برای فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری با کاتالیست نانوذرات اکسید منیزیم (MgO) برداشته شد و مواد حد واسط به وسیله دستگاه GC-MS مورد شناسایی قرار گرفتند. میزان معدنی‌سازی فرایند نیز با انجام آزمایش TOC (Total organic carbon) تعیین گردید و تغییرات سمیت با استفاده از زیست آزمونی با دافنیا مگنا بررسی شد.

یافته‌ها: ۴ ترکیب به عنوان مواد حد واسط اکسیداسیون مورد شناسایی قرار گرفت و میزان معدنی‌سازی فرایند حدود ۹۳/۵ درصد به دست آمد. واحد سمیت ۴۸ ساعته نیز از ۱/۲۴ ورودی راکتور به ۰/۳۲ پساب فرایند کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: میزان معدنی‌سازی بالایی در فرایند به دست آمد، اما این معدنی‌سازی کامل نبود و موجب تبدیل محلول ورودی از حالت سمی به اندکی سمی شد. در نتیجه می‌توان گفت که فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری با نانوذرات اکسید منیزیم جهت حذف مترونیدازول، از نظر میزان معدنی‌سازی و کاهش سمیت فرایندی قابل قبول می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ازن‌زنی کاتالیزوری، نانوذرات اکسید منیزیم، مواد حد واسط اکسیداسیون، سمیت، دافنیا مگنا

ارجاع: کرمانی مجید، بهرامی اصل فرشاد، اسرافیلی علی، فرزادکیا مهدی، سلحشور آرین سهیلا. **شناسایی ترکیبات حد واسط اکسیداسیون و بررسی تغییرات حد سمیت طی فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری غیر همگن با کاتالیست نانوذرات اکسید منیزیم جهت حذف مترونیدازول از محلول آبی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۵؛ ۱۲ (۲): ۱۴۵-۱۴۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۸/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱/۲۳

مقدمه

آلاینده‌های دارویی منابع آبی در سال‌های اخیر به عنوان تهدیدی جدی مطرح شدند (۱) و اغلب در تصفیه خانه‌های فاضلاب به طور کامل قابل حذف نمی‌باشند (۲). آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان یکی از این آلاینده‌ها، بیشتر طی دوره درمان به صورت ناقص مورد متابولیز قرار می‌گیرند و بخش قابل توجهی از آن‌ها به شکل فعال دارویی دفع می‌شوند که سبب ایجاد پایداری آنتی‌باکتریال می‌گردند (۳).

مترونیدازول (Metronidazole) به عنوان یکی از پرکاربردترین آنتی‌بیوتیک‌های جهان، جزء دسته نیترومیدازول است (۴) و با خاصیت آنتی باکتریایی و ضدالتهابی برای درمان بیماری های عفونی ناشی از باکتری های بی‌هوازی و پروتوزوآها و نیز به عنوان افزودنی و ضدانگل در غذای مرغ و ماهی به کار می‌رود (۱). این آنتی‌بیوتیک ساختار حلقوی دارد (۲) و از اثرات آن بر روی انسان می‌توان به پتانسیل سرطان‌زایی و جهش‌زایی (آسیب به DNA در لنفوسیت‌ها) اشاره نمود (۴).

این آنتی‌بیوتیک به دلیل قابلیت تجزیه‌پذیری کم و حلالیت بالا در آب، با روش‌های متداول از آب حذف نمی‌شود و در محیط تجمع می‌یابد و سبب عوارض جانبی مختلفی در انسان و محیط زیست می‌گردد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کنترل و حذف این آلاینده قبل از ورود به منابع آبی، امری ضروری می‌باشد. روش‌های متعددی برای حذف آنتی‌بیوتیک‌ها از محیط‌های آبی پیشنهاد شده است (۶-۴، ۱) که هر یک از آن‌ها در کنار مزایا، معایبی نیز به همراه دارند که استفاده از آن‌ها را محدود می‌سازد. روش بررسی شده در تحقیق حاضر، فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری با استفاده از نانوذرات اکسید منیزیم (MgO) بود که دلایل انتخاب این روش و نانوذرات اکسید منیزیم به عنوان کاتالیست، همراه با نتایج مربوط در مقاله‌ای به چاپ رسیده است (۷).

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۴- استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
۵- کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، ارومیه، ایران
نویسنده مسؤول: فرشاد بهرامی اصل
Email: farshadfba@gmail.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]

تمامی فرایندهای اکسیداسیون طی اکسید نمودن آلاینده، باعث شکستن آن و تولید حد واسطهایی می‌شود که تعدادی از این ترکیبات حد واسط بسته به میزان معدنی‌سازی فرایند، در خروجی فرایند باقی می‌مانند (گاهی سمی‌تر از فرم اولیه) و یا به طور کامل حذف می‌شوند (معدنی‌سازی کامل). بنابراین، بهتر است که میزان معدنی‌سازی در فرایندهای اکسیداسیون تعیین گردد و در صورت عدم معدنی‌سازی کامل، مواد حد واسط و سمیت آن‌ها مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرد. یکی از روش‌هایی که برای بررسی سمیت پساب استفاده می‌شود، روش زیست آزمونی (Bioassay) می‌باشد (۱۰-۸). یکی از پرکاربردترین و معروف‌ترین موجودات به کار رفته در زیست آزمونی، دافنیا است که استفاده از آن سابقه‌ای طولانی در مطالعات زیست آزمونی دارد (۱۴-۱۱).

دافنیا مگنا بزرگ‌ترین نوع دافنیا می‌باشد که اندازه آن به ۵ میلی‌متر می‌رسد و تعداد زیادی از آن‌ها را می‌توان در یک فضای به نسبت کوچک پرورش داد. نوزادهای دافنیا مگنا ۰/۸ تا ۱ میلی متر طول دارند و با چشم غیر مسلح دیده می شوند. دافنیا مگنا در این مرحله از سیکل زندگی، اهمیت زیادی در آزمایش‌های زیست آزمونی دارد. گونه دافنیا مگنا دارای سیکل زندگی جالبی می‌باشد که ماده‌ها در شرایط مساعد، طی فواصل زمانی کوتاهی بکرزایی می‌نمایند که موجب پیدایش دافنیاهای جوانی می‌شوند که از نظر ژنتیکی همانند مادر خود می‌باشند. به این ترتیب، همانندی ژنتیکی که از مهم‌ترین عوامل اعتبار نتایج به دست آمده از آزمایش‌های زیست آزمونی است، در نوزادهایی وجود دارد که از یک جنس ماده متولد می‌شوند (۱۵، ۸). با توجه به مطالب گفته شده، هدف مطالعه حاضر بررسی ترکیبات حد واسط حاصل از اکسیداسیون مترونیدازول به وسیله فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری با کاتالیست نانوذرات اکسید منیزیم، تعیین میزان معدنی‌سازی و بررسی تغییرات سمیت در محلول‌های ورودی و خروجی راکتور بود.

روش‌ها

مواد مورد نیاز، روش‌های بررسی شده و سایر شرایط فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری مترونیدازول در مقاله‌ای دیگر به طور کامل بیان شد (۷). فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری در شرایطی انجام گردید که غلظت اولیه مترونیدازول برابر با ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر، حجم راکتور ۵۰۰ میلی‌لیتر و دوز ازن برابر با ۰/۵ گرم بر ساعت بود. شرایط بهینه برای فرایند مشخص شد که شامل pH اولیه برابر با ۱۰، دوز کاتالیست (نانوذرات اکسید منیزیم) ۰/۲۵ گرم بر لیتر و زمان مورد نیاز برای حذف ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مترونیدازول برابر با ۲۰ دقیقه بود.

دستگاه GC-MS جهت تعیین مواد حد واسط حاصل از اکسیداسیون مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ای از راکتور تحت شرایط بهینه بعد از ۱۰ دقیقه ازن‌زنی (اواسط فرایند) برداشته شد. عمل استخراج مایع- مایع این نمونه با استفاده از کلروفرم صورت گرفت و به دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent Technologies ۷۸۹۰A ساخت کشور آمریکا مجهز به دکتور جرمی با مدل ۵۹۷۵C تزریق گردید و ترکیبات حد واسط مطابق با دایره‌المعارف دستگاه مشخص شد. در گام بعدی، آزمایش کل کربن آلی (Total organic carbon یا TOC) جهت تعیین میزان معدنی‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. بدین صورت که تحت شرایط بهینه یک نمونه از محلول ورودی (۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مترونیدازول) و یک نمونه از محلول خروجی راکتور (پساب فرایند) تهیه گردید و میزان TOC آن‌ها با استفاده از روش ۵۳۱۰B کتاب استاندارد متد تعیین شد (۱۶، ۸) که اختلاف این دو نمونه بیانگر میزان معدنی‌سازی بود.

در نهایت، روش زیست آزمونی به کمک دافنیا مگنا جهت بررسی تغییرات سمیت مورد استفاده قرار گرفت. دافنیای مورد نیاز از مرکز شیلات گرگان تهیه گردید. یکی از دافنیاها جهت به دست آوردن دافنیاهایی با همانندی ژنتیکی به تنهایی در محیط کشت پرورش داده شد. پس از تولید مثل، نوزادان دافنیای ذکر شده به دلیل یکسان و همانند بودن به عنوان جمعیت مورد نظر در آزمایش سمیت مورد استفاده قرار گرفتند.

محیط کشت مورد نیاز با توجه به منابع معتبر آماده گردید (۱۸، ۱۷، ۹، ۸). رقت‌های مختلف (۰، ۰/۵، ۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد حجمی) از محلول ورودی (۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مترونیدازول) و پساب تصفیه شده به مقادیر ۱۰۰ میلی‌لیتر در بشرهای شیشه‌ای با استفاده از آب تهیه شد و جهت انجام آزمون سمیت تحت شرایط بهینه برای فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری مورد استفاده قرار گرفت. به هر یک از این ظروف ۱۰ عدد نوزاد دافنیا اضافه گردید. لازم به ذکر است که پساب فرایند جهت جداسازی نانوذرات اکسید منیزیم پس از سانتریفوژ شدن در ۱۲۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه، با فیلترهای سررنگی هیدروفیلیک استریل شده با گاما (PTFE) و قطر روزنه‌های ۰/۲۲ میکرومتر و ۲۵ میلی‌متر صاف شدند.

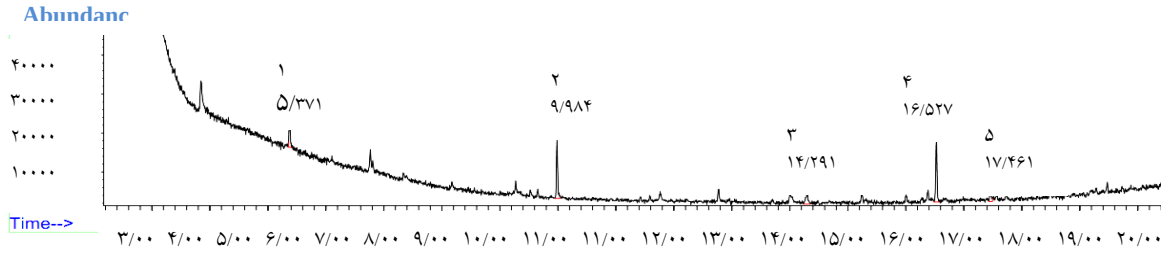
ازن در محیط، باقیمانده‌ای از خود بر جای نمی‌گذارد. با این وجود، نمونه‌ها جهت از بین بردن ازن باقیمانده احتمالی، مدت زمان کوتاهی بعد از اتمام فرایند تصفیه و قبل از انجام فرایند زیست آزمونی، در معرض هوا قرار گرفتند. در ادامه، بعد از گذشت ۲۴ و ۴۸ ساعت نسبت به شمارش تعداد دافنیای زنده و مرده اقدام شد. باید توجه نمود که مرگ و میر نمونه‌های شاهد نباید بیشتر از ۱۰ درصد و کمتر از ۵ درصد باشد؛ یعنی ۱ موجود مریض در گروه ۱۰ تایی قرار گیرد (۸). داده‌ها با استفاده از آزمون Probit در نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس جهت محاسبه $LC_{۵۰}$ زمان‌های مختلف اقدام گردید. واحد سمیت پساب (TU) نیز با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۹).

$$TU = ۱۰۰/LC_{۵۰} \quad (۱)$$

یافته‌ها

مشخصات و نوع ترکیبات حد واسط تشکیل شده حاصل از تجزیه مترونیدازول تحت شرایط بهینه، بعد از ازن‌زنی به مدت زمان ۱۰ دقیقه در شکل ۱ و جدول ۱ ارایه گردید. نتایج آنالیز مقادیر TOC نشان داد که TOC برای ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مترونیدازول (ورودی راکتور) و محلول خروجی راکتور (بعد از انجام آزمایش تحت شرایط بهینه) به ترتیب برابر با ۱۷/۰ و ۱/۱ میلی‌گرم بر لیتر بود؛ به عبارتی می‌توان گفت که تصفیه مترونیدازول با استفاده از فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری در حضور نانوذرات اکسید منیزیم، میزان معدنی‌سازی حدود ۹۳/۵ درصد داشت. نتایج مرگ دافنی‌ها در اثر مواجهه با محلول ورودی (۴۰ میلی‌گرم بر لیتر مترونیدازول) و محلول خروجی، مقادیر $LC_{۵۰}$ و واحد سمیت (TU) آن در زمان‌های مواجهه ۲۴ و ۴۸ ساعته بر اساس مدل Probit در جداول ۴-۲ نشان داده شد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱. کروماتوگرام مواد حد واسط تشکیل شده بعد از ۱۰ دقیقه ازن‌زنی تحت شرایط بهینه

جدول ۱. مشخصات و نوع ترکیبات حد واسط اکسیداسیون

شماره پیک	نام ترکیب	فرمول شیمیایی	درصد اطمینان	جرم مولی (g/mol)
۱	Chloroform	$CHCL_3$	۷۸	۱۱۹/۳۹
۲	2,4 dimethyl Oxazole	C_5H_7NO	۶۳	۹۷/۱۲
۳	3-acetyl-2-oxazolidinone	$C_5H_7NO_3$	۷۹	۱۲۹/۱۱
۴	Dodecane	$C_{12}H_{26}$	۹۴	۱۷۰/۳۳
۵	1-Eicosanol	$C_{20}H_{42}O$	۵۲	۲۹۸/۵۵

جدول ۲. نتایج مرگ دافنیا مگنا در رقت‌های مختلف مترونیدازول قبل از فرایند ازن زنی کاتالیزوری (درصد)

رقت پساب (درصد حجمی)	درصد مرگ بعد از زمان تماس	
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت
۰	۱۰	۱۰
۰/۵	۰	۰
۱/۰	۰	۰
۲/۰	۰	۰
۵/۰	۰	۰
۱۰/۰	۰	۱۰
۲۰/۰	۱۰	۱۰
۳۰/۰	۱۰	۲۰
۵۰/۰	۳۰	۳۰
۷۵/۰	۵۰	۶۰
۱۰۰	۶۰	۸۰

جدول ۳. نتایج مرگ دافنیا مگنا در رقت‌های مختلف پساب فرایند ازن زنی کاتالیزوری (درصد)

رقت پساب (درصد حجمی)	درصد مرگ بعد از زمان تماس	
	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت
۰	۰	۰
۰/۵	۰	۰
۱/۰	۰	۰
۲/۰	۰	۰
۵/۰	۰	۰
۱۰/۰	۰	۰
۲۰/۰	۰	۰
۳۰/۰	۰	۰
۵۰/۰	۰	۰
۷۵/۰	۰	۱۰
۱۰۰	۲۰	۳۰

بحث

نانوذره اکسید منیزیم که در تحقیق حاضر به عنوان کاتالیست به همراه ازن مورد استفاده قرار گرفت، یکی از نانوذرات کاربردی در صنعت و پزشکی به شمار می‌آید. این نانوذره برای ساخت مواد عایق و مقاوم در برابر دمای بالا، ماده افزودنی در سوخت نفت، کامپوزیت شیشه‌ای مقاوم برابر حرارت در پانل‌های صفحه نمایش، تمیزسازی خطوط لوله‌های نفت، جلوگیری از تشکیل لجن در مخازن و حفاظت دیگ‌های بخار در برابر خوردگی کاربرد دارد. مطالعات نشان دادند که این نانوذره به تنهایی یا به صورت توأم با دیگر گروه‌های ضدمیکروبی، به عنوان یک عامل بالقوه مؤثر ضدباکتری جهت افزایش ایمنی مواد غذایی می‌تواند استفاده شود (۲۱، ۲۰).

اثر نانوذرات اکسید منیزیم بر سلول‌های اپیتلیال آلوئولار (۲۲)، سلول‌های اندوتلیال عروق کوچک قلبی (۲۳)، سلول‌های عصبی و فیبروبلاست (۲۴) و سلول‌های تک هسته‌ای خون (۲۵) مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، در تحقیق حاضر جهت جلوگیری از خواص آنتی‌باکتریال این نانوذرات، از تماس مستقیم آن‌ها با دافنیا جلوگیری گردید و نانوذرات با استفاده از فیلتراسیون و سانتریفیوژ از پساب فرایند جدا شد. این نانوذرات جزء فلزات قلیایی خاکی می‌باشند که pH محیط را افزایش می‌دهند. بنابراین، اثر غیر مستقیم آن‌ها با وجود حذف خود نانوذرات از پساب، یعنی pH بالا همچنان باقی می‌ماند که این امر نیز جزء طبیعت فرایند بررسی شد و غیر قابل اجتناب می‌باشد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۴. تغییرات سمیت در ورودی و خروجی سیستم ازن‌زنی کاتالیزوری

نمونه آزمایش شده	مترونیدازول باقیمانده mg/l	زمان h	LC_{50} (V:V)	حدود اطمینان ۹۵ درصد		واحد	Pearson Goodness of fit Test		
				حد پایین	حد بالا	سمیت	P	df	χ^2
ورودی راکتور	۴۰	۲۴	۱۱۵/۷۳	۵۱/۳۷	۷۵۸۲/۸۷	۰/۸۶	< ۰/۰۱	۸	۹۸/۲۳
ورودی راکتور	۴۰	۴۸	۸۰/۷۶	۳۲/۱۴	۸۰۵۴/۴۹	۱/۲۴		۸	۱۴۳/۶۹
خروجی راکتور	N.D*	۲۴	۳۷۰/۳۶	–	–	۰/۲۷		۸	۴۸/۳۹
خروجی راکتور	N.D	۴۸	۳۱۴/۸۷	–	–	۰/۳۲		۸	۵۸/۰۵

* Non detectable

جدول ۵: طبقه‌بندی میزان سمیت ترکیبات سمی بر اساس واحد سمیت ۴۸ ساعته

	واحد سمیت (TU)				
نوع سمیت	۰	کمتر از ۱	۱ تا ۱۰	۱۱ تا ۱۰۰	بیشتر از ۱۰۰
	غیر سمی	اندکی سمی	سمی	بسیار سمی	بی‌نهایت سمی

کروماتوگرام مربوط به شناسایی ترکیبات حد واسط حاصل از اکسیداسیون مترونیدازول تحت فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری در حضور نانوذرات اکسید منیزیم در شکل ۱ ارایه گردید. طبق این کروماتوگرام و حافظه دستگاه GC-MS، ۵ ترکیب مورد شناسایی قرار گرفت. باید توجه نمود که پیک شماره ۱، ترکیب حد واسط نیست و حلالی می‌باشد که جهت استخراج نمونه قبل از تزریق به دستگاه استفاده شد. بنابراین، می‌توان گفت که ۴ ترکیب حد واسط طی اکسیداسیون مترونیدازول در این فرایند تشکیل گردید. Sanchez-Polo و همکاران طی تحقیقی به بررسی ترکیبات حد واسط حاصل از ازن‌زنی ترکیبات دارویی گروه نیترویمیدازول پرداختند. آن‌ها ترکیب حد واسط 3-acetyl-2-oxazolidinone را در بررسی مترونیدازول شناسایی نمودند (۲۶).

برای پی بردن به این موضوع که چه مقدار از این ترکیبات حد واسط از بین رفته است و چه مقدار در خروجی فرایند باقی مانده است، از آزمایش TOC استفاده شد. این آزمایش میزان معدنی‌سازی را مشخص کرد. همان طور که در مطالب فوق اشاره گردید، میزان معدنی‌سازی فرایند حدود ۹۳/۵ درصد به دست آمد که عدد قابل قبولی می‌باشد. با این وجود، حدود ۶/۵ درصد از مواد به طور کامل معدنی نشدند و در خروجی راکتور می‌توانستند مشکل‌ساز گردند. با توجه به مقدار پایین این مواد در خروجی راکتور و پرهزینه بودن روش‌های تغلیظ موجود، ترکیبات حد واسط باقی‌مانده (به بیانی دیگر محصولات جانبی) در بررسی پساب خروجی راکتور شناسایی نشدند؛ به عبارت دیگر، پیک قابل استنادی در کروماتوگرام دستگاه GC-MS ملاحظه نگردید.

همان طور که در جدول ۴ قابل مشاهده است، سمیت محلول ورودی بعد از تصفیه کاهش یافت؛ به عبارت دیگر، LC_{50} (۲۴ ساعته) از ۱۱۶ ml /۱۰۰ ml به ۳۷۰ ml /۱۰۰ ml و LC_{50} (۴۸ ساعته) از ۸۱ ml /۱۰۰ ml به ml /۱۰۰ ml ۳۱۵ افزایش پیدا کرد. به همین ترتیب، واحد سمیت ۲۴ ساعته از ۰/۸۶ به ۰/۲۷ و واحد سمیت ۴۸ ساعته از ۱/۲۴ به ۰/۳۲ رسید. بنابراین، می‌توان گفت که با افزایش زمان تماس، میزان سمیت افزایش یافت؛ چرا که LC_{50} کاهش نشان داد.

میزان سمیت بر اساس واحد سمیت ۴۸ ساعته (TU-48 h) طبق طبقه‌بندی انجام شده به صورت جدول ۵ می‌باشد (۲۸، ۲۷). بنابراین، محلول ورودی فرایند سمی بود و بعد از تصفیه به اندکی سمی تبدیل شد. Chifan طی تحقیقی بیان نمود که مترونیدازول یک داروی غیر سمی نیست و یک همبستگی بین دوز مصرف، دوره درمان و بروز شدید کلنیکی همراه با سمیت وجود دارد که باید در مطالعات بیشتر مورد بررسی قرار گیرد (۲۹). می‌توان به بررسی سمیت سولفامتازین (Sulfamethazine) در مطالعات انجام شده با استفاده از دافنیا مگنا نیز اشاره نمود. آن‌ها نشان دادند که سولفامتازین در غلظت‌های محیطی موجود برای خانواده سخت پوستان سمی نمی‌باشد (۳۰).

در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از فرایند ازن‌زنی کاتالیزوری با استفاده از کاتالیست نانوذرات اکسید منیزیم قادر است تا حد قابل قبولی مترونیدازول را معدنی نماید و تخلیه پساب‌های حاوی این آنتی‌بیوتیک را به محیط زیست کم خطر و یا حتی بی‌خطر تبدیل کند.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران در سال ۱۳۹۲ به کد ۲۱۵۲۳ می‌باشد که نویسندگان نهایت تقدیر و تشکر را از حمایت‌های آن دانشگاه دارند.

References

1. Fang Z, Chen J, Qiu X, Qiu X, Cheng W, Zhu L. Effective removal of antibiotic metronidazole from water by nanoscale zero-valent iron particles. Desalination 2011; 268(1-3): 60-7.
2. Shemer H, Kunukcu YK, Linden KG. Degradation of the pharmaceutical metronidazole via UV, Fenton and photo-Fenton processes. Chemosphere 2006; 63(2): 269-76.
3. Sui M, Xing S, Sheng L, Huang S, Guo H. Heterogeneous catalytic ozonation of ciprofloxacin in water with carbon nanotube supported manganese oxides as catalyst. J Hazard Mater 2012; 227-228: 227-36.
4. Bendesky A, Menendez D, Ostrosky-Wegman P. Is metronidazole carcinogenic? Mutat Res 2002; 511(2): 133-44.
5. Wang H, Zhang G, Gao Y. Photocatalytic degradation of metronidazole in aqueous solution by niobate K6Nb10.8O30. Wuhan da xue chu ban she, 2010; 15(4): 345-9.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]

6. Goncalves AG, Orfao JJ, Pereira MF. Catalytic ozonation of sulphamethoxazole in the presence of carbon materials: catalytic performance and reaction pathways. J Hazard Mater 2012; 239-240: 167-74.
7. Kermani M, Bahrami Asl F, Farzadkia M, Esrafili A, Salahshur Arian S, Arfaeinia H, et al. Degradation efficiency and kinetic study of metronidazole by catalytic ozonation process in presence of MGO nanoparticles. Urmia Med J 2013; 24(10): 839-50. [In Persian].
8. Eaton A, Franson M. Standard methods for the examination of water and wastewater [Online]. [cited 1999]; Available from: URL: http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf
9. Asadi M, Mahvi AH. Bioassay of treated color wastewater with Electro Fenton by Daphnia Magna. Toloo e Behdasht 2014; 12(4): 40-50.
10. Momeniha F, Naddafi K, Hassanvand MS, Nabizadeh R, Heidari M. Bioassay of Zinc Oxide Nanoparticles Exposed-to Reactive Blue 29 by Using Daphnia Magna. J Health Syst Res 2012; 8(2): 267-74.
11. Mahvi AH, Ghanbarian M, Naddafi K, Mahmoodi NM. Investigation of the toxicity reduction in reactive dye solution and real textile wastewater by nanophotocatalysis process using daphnia magna. J Color Sci Tech 2007; 1(2): 91-6. [In Persian].
12. Movahedian H, Bina B, Asghari GH. Toxicity evaluation of wastewater treatment plant effluents using daphnia magna. Iran J Environ Health Sci Eng 2005; 2(2): 1-4.
13. Barros LS, Amaral LA, Lorenzon CS. Daphnia magna-bio-indicator of pollution from poultry and pig abattoir effluents. Rev Bras Saúde Prod Ann 2007; 8(3): 217-28.
14. Maleki A, Mahvi AH, Naddafi K. Bioassay of phenol and its intermediate products using daphnia magna. Water and Wastewater 2008; 19(2): 19-24. [In Persian].
15. Martins J, Oliva TL, Vasconcelos V. Assays with Daphnia magna and Danio rerio as alert systems in aquatic toxicology. Environ Int 2007; 33(3): 414-25.
16. Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD, American public health association, water environment federation. standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. Washington, DC: American Public Health Association; 1992.
17. Weber CI. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency; 1993.
18. Peltier W. Methods for measuring the acute toxicity of effluents to aquatic organisms. Washington, DC: Environmental Protection Agency; 1978.
19. Guerra R. Ecotoxicological and chemical evaluation of phenolic compounds in industrial effluents. Chemosphere 2001; 44(8): 1737-47.
20. Park JY, Lee YJ, Jun KW, Yim DJ. Chemical synthesis and characterization of highly oil dispersed MgO nanoparticles. Ind Eng Chem 2016; 12(6): 882-7.
21. Shi L, Xing L, Hou B, Ge H, Guo X, Tang Z. Inorganic nano mental oxides used as anti-microorganism agents for pathogen control [Online]. [cited 2010]; Available from: URL: http://www.formatex.info/microbiology2/361-368.pdf
22. Lu S, Duffin R, Poland C, Daly P, Murphy F, Drost E, et al. Efficacy of simple short-term in vitro assays for predicting the potential of metal oxide nanoparticles to cause pulmonary inflammation. Environ Health Perspect 2009; 117(2): 241-7.
23. Sun J, Wang S, Zhao D, Hun FH, Weng L, Liu H. Cytotoxicity, permeability, and inflammation of metal oxide nanoparticles in human cardiac microvascular endothelial cells: cytotoxicity, permeability, and inflammation of metal oxide nanoparticles. Cell Biol Toxicol 2011; 27(5): 333-42.
24. Lai JC, Lai MB, Jandhyam S, Dukhande VV, Bhushan A, Daniels CK, et al. Exposure to titanium dioxide and other metallic oxide nanoparticles induces cytotoxicity on human neural cells and fibroblasts. Int J Nanomedicine 2008; 3(4): 533-45.
25. Barkhordari A, Barzegar S, Hekmati Moghaddam H, Jebali A, Fallahzadeh H. The cytotoxic effects of MgO nanoparticles on human blood mononuclear cells. Occup Med 2012; 3(4): 14-9.
26. Sanchez-Polo M, Rivera-Utrilla J, Prados-Joya G, Ferro-Garcia MA, Bautista-Toledo I. Removal of pharmaceutical compounds, nitroimidazoles, from waters by using the ozone/carbon system. Water Res 2008; 42(15): 4163-71.
27. Manusadzianas L, Balkelyt L, Sadauskas K, Blinova I, Pollumaa L, Kahru A. Ecotoxicological study of Lithuanian and Estonian wastewaters: selection of the biotests, and correspondence between toxicity and chemical-based indices. Aquatic Toxicology 2003; 63(1): 27-41.
28. Gunesf EH, Gunes Y, Talinie I. 10th IWA international specialized conference on diffuse pollution and sustainable basin management toxicity evaluation of industrial and land base sources in a river basin. Desalination 2008; 226(1): 348-56.
29. Chifan M. Consideration of metronidazole toxicity on development and reproduction. Clujul Medical 2010; 83(4): 596.
30. De Liguoro M, Fioretto B, Poltronieri C, Gallina G. The toxicity of sulfamethazine to Daphnia magna and its additivity to other veterinary sulfonamides and trimethoprim. Chemosphere 2009; 75(11): 1519-24.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]

Journal of Health System Research
Vol. 12, No. 2, Summer 2016
Received: 20.11.2014
Accepted: 11.04.2016

Identification of Oxidation Intermediates and Investigation of Toxicity Changes in Heterogenic Catalytic Ozonation Process in the Presence of MgO Nanoparticles for Metronidazole Removal from Aqueous Solution

Majid Kermani[1], Farshad Bahrami-Asl[2], Ali Esrafili[3], Mahdi Farzadkia[4], Soheila Salahshour-Arian[5]

Original Article

Abstract

Background: Metronidazole, as one of the most widely used antibiotics in the world, in addition to various benefits, has significant adverse effects on the environment and animals. The catalytic ozonation process is one of the most successful methods for antibiotics removal. However, it should be noted that this process, like other oxidation processes, has some byproducts that can be toxic in the process effluent.

Methods: Under optimum conditions for catalytic ozonation in the presence of MgO nanoparticles, 1 sample was obtained from a reactor after 10 minutes of ozonation. The sample was analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GS-MS) and the intermediates were identified. The mineralization rate was determined using TOC analysis and the toxicity changes were calculated through bioassay with Daphnia magna.

Findings: In the present study, 4 compositions were identified as oxidation intermediates. The mineralization rate was about 93.5% and the 48-hour toxicity unit decreased from 1.24 in the influent to 0.32 in the effluent.

Conclusion: A high mineralization rate was obtained in the process. Nevertheless, it was not complete, and thus, the influent solution was converted from toxic to slightly toxic. In conclusion, we can say that catalytic ozonation process in the presence of MgO nanoparticles can be acceptable for metronidazole removal.

Keywords: Catalytic ozonation, Daphnia magna, MgO nanoparticles, Oxidation intermediates

Citation: Kermani M, Bahrami-Asl F, Esrafili A, Farzadkia M, Salahshour-Arian S. **Identification of Oxidation Intermediates and Investigation of Toxicity Changes in Heterogenic Catalytic Ozonation Process in the Presence of MgO Nanoparticles for Metronidazole Removal from Aqueous Solution.** J Health Syst Res 2016; 12(2): 140-5.

1- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2- PhD Candidate, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4- Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5- Student Research Committee, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran
Corresponding Author: Farshad Bahrami-Asl, Email: farshadfba@gmail.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-31]