

بررسی حذف دیازینون با روش نانوفتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم-اکسید

روی

زهرا دربندی^۱ (M.Sc Student)، محمدعلی ززولی^{۲*} (Ph.D)، محمد شکرزاده^۳ (Ph.D)، نورالدین موسوی نسب^۴ (Ph.D)، احسان رستمعلی^۵ (M.Sc)

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
- ۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات علوم دارویی و گروه سم‌شناسی، فارماکولوژی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
- ۴- گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
- ۵- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

چکیده

سابقه و هدف: دیازینون یکی از سموم پرمصرف ارگانوفسفره است که جهت مبارزه با انواع آفات کشاورزی و ناقلین بیماری‌ها کاربرد دارد که مقاوم به تجزیه بیولوژیک است و به علت کاربرد وسیع نگرانی‌هایی در صورت ورود آن به محیط زیست وجود دارد. لذا هدف از این مطالعه بررسی تجزیه دیازینون توسط روش نانوفتوکاتالیستی ZnO-TiO₂ در حضور اشعه UV است.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر از نوع تجربی- آزمایشگاهی است. برای تعیین خصوصیت نانوذره از آزمون TEM استفاده شد. تعداد نمونه‌ها با روش تاگوچی تعیین شد. نمونه‌ها در شرایط مختلف pH، زمان، دوز نانوذره و غلظت دیازینون در معرض اشعه UV قرار گرفت. غلظت دیازینون با استفاده از HPLC اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab 16 انجام شد.

یافته‌ها: بهترین شرایط برای حذف دیازینون در pH=7، دوز کاتالیست 0/5 گرم در لیتر، زمان 30 دقیقه و دیازینون 15 میلی‌گرم در لیتر اتفاق افتاد. با افزایش زمان واکنش، میزان حذف دیازینون افزایش می‌یابد اما با افزایش دوز نانوذره و غلظت دیازینون میزان حذف کاهش می‌یابد. بیش‌ترین میزان حذف دیازینون 95 درصد بود. نتیجه‌گیری: روش ترکیب دو کاتالیست یک روش جدید در حذف دیازینون است. روش نانوفتوکاتالیستی ZnO-TiO₂ تاثیر مثبت بر تجزیه و تخریب دیازینون دارد.

واژه‌های کلیدی: دیازینون، فتوکاتالیست، دی اکسید تیتانیوم-اکسید روی، کامپوزیت، نانوذره

مقدمه

دیازینون یکی از پرکاربردترین سموم ارگانوفسفره است که برای کنترل آفات کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. دیازینون بر اساس طبقه‌بندی WHO جزء حشره‌کش خطرناک

متوسط می‌باشد [۲]. این سم موجب مهار فعالیت آنزیم استیل‌کولین استراز می‌شود و احتمالاً موجب آسیب سلول‌های جنسی و دستگاه تولید مثل می‌گردد [۱]. از طریق نشت مواد شیمیایی، فاضلاب‌های صنعتی و رواناب‌های کشاورزی وارد

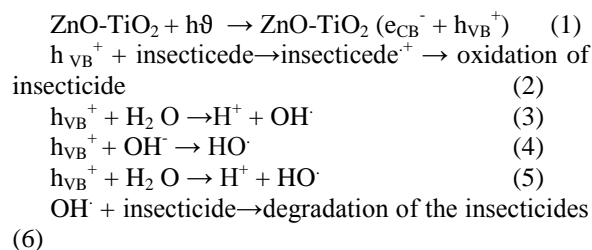
حذف ۷۱ درصدی توسط نانوذره TiO_2 [۸]؛ حذف ۱۰۰ درصدی رنگ آزو دای با کامپوزیت $ZnO-TiO_2$ [۹]؛ حذف کامل سموم دیکلروس، منوکروئفوس، پاراتیون و فوروات با کامپوزیت TiO_2-SiO_2/UV را نام برد [۱۰]. به طور کلی طیف کاربرد نانوذرات و نانوکامپوزیت وسیع است نظیر حذف نیترات با نانوذرات اکسید آهن در حضور اشعه UV [۱۱]؛ حذف رودامین با نانوکامپوزیت $ZnO-TiO_2/UV$ [۱۲]؛ حذف کلروفنل در حضور نور خورشید با کاتالیست اکسید روی [۱۳]؛ حذف فورفورال در حضور نور خورشید و اشعه ماورای بنفش با نانوذره دی اکسید تیتانیوم [۱۴]؛ حذف سورفاکتانت آنیونی سدیم دودسیل سولفات با فرآیند فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم [۱۵]؛ گندزدایی آب با فرآیند فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم [۱۶]؛ را می توان ذکر نمود. مطالعات مذکور، کارایی بالای روش کامپوزیتی در مقایسه با روش کاتالیست تنها را تایید کرده است. روش ترکیب دو کاتالیست با یکدیگر یکی از روش های جدید در مطالعات تصفیه آب می باشد و از میان همه کاتالیست ها، دو کاتالیست دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی به علت در دسترس بودن و عدم سمیت بیشترین علاقه مندی را در بین دیگر کاتالیست ها را به خود اختصاص داده است. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی کارایی روش $ZnO-TiO_2/UV$ در حذف دیازینون با بررسی تاثیر زمان تماس، دوز کاتالیست، غلظت سم و pH از محیط های آبی است.

مواد و روش ها

مشخصات راکتور. این تحقیق در مقیاس آزمایشگاهی انجام شده است. شکل ۱ شماتیک راکتور را نشان می دهد. راکتور مورد استفاده شامل استوانه ای شیشه ای با حجم ۲ لیتر، ارتفاع ۵۰ سانتی متر و قطر ۵۰ میلی متر بود. از یک همزن مغناطیسی به منظور همگن کردن محتویات راکتور استفاده شد. لامپ UVC فشار ضعیف جیوه با توان ۶ وات و طول موج ۲۵۴ نانومتر با طول مفید ۳۵۱ میلی متر و قطر ۲۵/۵ میلی متر ساخت شرکت Osram-HNS، که در درون یک محفظه

منابع آب سطحی و زیرزمینی می شود [۳]. حداکثر مقدار آن در آب آشامیدنی ۲۰ میکروگرم بر لیتر توصیه شده است [۴]. دیازینون در غلظت ۳۵۰ نانوگرم برای موجودات آبی سمی است [۲]. بنابراین حذف آن از پساب و آب ضروری است. فرآیندهایی نظیر جذب، انعقاد، ته نشینی، صاف سازی و فرآیندهای شیمیایی و غشایی برای حذف آلاینده های آب از جمله دیازینون کاربرد دارند [۵،۳]. یکی از روش هایی که قادر به اکسیداسیون مواد آلی مقاوم و تغییر ماهیت آن هاست، روش های فتوکاتالیستی است. این روش ها بر اساس تابش اشعه ماورای بنفش به مواد نیمه هادی به عنوان کاتالیست در تجزیه آلاینده ها مورد استفاده قرار می گیرد. نیمه هادی ها در اثر تابش اشعه، تحریک شده و منجر به انتقال الکترون به لایه های سطحی مولکول و تولید الکترون-حفره می شود. حفره حاصل دارای خاصیت اکسیدکنندگی قوی و الکترون احیاءکننده خوبی است و با تولید رادیکال هیدروکسیل، سبب تجزیه مولکول های آلی آلاینده می شود [۶]. معمولاً کاربرد اکسید روی و دی اکسید تیتانیوم به دلیل در دسترس بودن بیش تر است [۳].

روش دیگر در فرآیند فتوکاتالیستی، استفاده از کاتالیست کامپوزیتی است. این فرآیند ترکیب دو کاتالیست با یکدیگر است که موجب ایجاد اثر سینرژیستی و افزایش تجزیه آلاینده می شود [۷]. کارایی فرآیند فتوکاتالیست کامپوزیتی نسبت به فرآیند فتوکاتالیست تنها (TiO_2 و ZnO) بیش تر است که دلیل آن ناشی از گسترش دامنه جذب نور و انتقال موثر بار، می باشد [۳]. وقتی کامپوزیت $ZnO-TiO_2$ در معرض اشعه UV قرار می گیرد الکترون ها برانگیخته شده و بین حفره ها قرار می گیرند:



مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. از جمله حذف ۱۰۰ درصدی دیازینون با کامپوزیت $ZnO-TiO_2$ [۳]؛

روش سنتز و تثبیت ZnO-TiO₂ ابتدا محلول ۰/۱ مولار کلریدروی با حل کردن کلرید روی در آب مقطر به دست آمد. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به مدت ۳ ساعت در آون ۱۰۳ درجه سانتی گراد قرار گرفته و سپس به نسبت وزنی ۱:۱ با کلرید روی مخلوط شدند. سپس محلول هیدروکسید سدیم ۰/۲ مولار قطره قطره تا رسیدن pH به ۱۲ به آن اضافه شد محلول ژلاتینی تشکیل شده کامپوزیت ZnO-TiO₂ بود. این محلول به مدت ۷ ساعت هم زده سپس با سرعت ۴۰۰۰ rpm به مدت ۲ دقیقه سانتریفیوژ شد و در نهایت با آب مقطر شسته و در آون ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت خشک شد [۳]. مشخصات نانوکامپوزیت با استفاده از TEM تعیین شد.

مراحل آزمایش

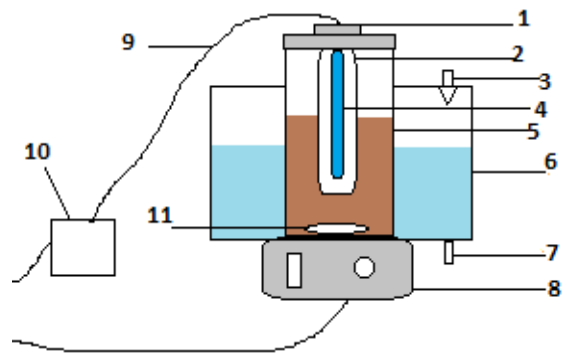
الف: روش تهیه محلول های سنیتیک. از دیازینون خالص ۹۹ درصد برای ساخت محلول استوک با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر استفاده شد و از آن دیازینون در غلظت های (۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) تهیه شد. برای تنظیم pH در محدوده (۳، ۵، ۷ و ۹) از هیدروکسید سدیم و اسید سولفوریک ۰/۱ مولار استفاده شد. میزان نانوذره مصرفی (۰/۲، ۰/۵، ۱ و ۲) گرم بر لیتر و زمان واکنش (۲، ۵، ۱۵ و ۳۰ دقیقه) بود.

ب: روش انجام آزمایشات. برای انجام آزمایشات، مقدار مشخصی از نانوذره (۰/۲ تا ۲) گرم در لیتر به نمونه با غلظت و pH مشخص اضافه شد پس از گذشت مدت زمان مورد نظر (۲ تا ۳۰ دقیقه) نمونه ها به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۱۴۰۰ rpm سانتریفیوژ شدند. سپس با ثابت نگهداشتن مقدار نانوذره، تاثیر سایر متغیرها نظیر غلظت و pH در آزمایشات بعدی تعیین شدند. بعد از سانتریفیوژ، نمونه ها با استفاده از صافی غشایی ۰/۴۵ میکرومتر صاف شدند. نمونه های صاف شده جهت تعیین غلظت دیازینون باقی مانده آنالیز شدند.

ج: روش اندازه گیری دیازینون. غلظت دیازینون توسط دستگاه HPLC با فاز متحرک استونیتریل و آب (۷۵:۲۵)،

شیشه ای قرار داشت به عنوان منبع نور استفاده شد. طبق گزارش شرکت اسرام، شدت اشعه فرابنفش در طول موج ۲۵۴ نانومتر ۰/۸ وات بر مترمربع می باشد. جهت جلوگیری از افزایش دما حین کار، از یک پمپ آب برای چرخش و حرکت جریان آب در اطراف بدنه راکتور استفاده گردید.

شکل ۱. پایلوت راکتور مورد استفاده. ۱- درب راکتور ۲- محافظ



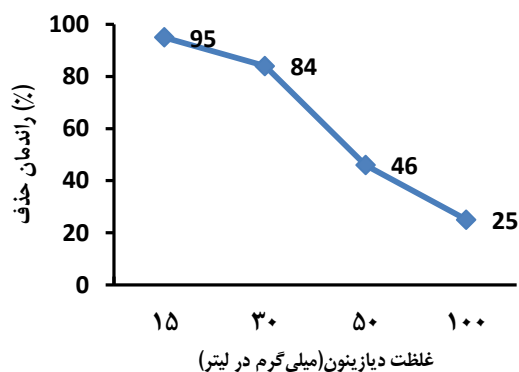
کوارتزی ۳- منفذ ورود آب ۴- لامپ UVC ۵- راکتور شیشه ای، ۶- مبرد آبی ۷- منفذ خروج آب ۸- همزن مغناطیسی ۹- سیم های اتصال جریان ۱۰- ترانس لامپ ۱۱- مگنت

مواد مصرفی. دی اکسید تیتانیوم مورد استفاده با قطر متوسط ۲۱ نانومتر از شرکت دگوسا (آلمان) خریداری شد. کلرید روی (۹۹ درصد)، هیدروکسید سدیم، اسید سولفوریک، استونیتریل با خلوص بالا همگی از شرکت مرک خریداری گردید. سم دیازینون با خلوص ۹۹ درصد از شرکت افشار کشور آلمان خریداری گردید. جرم مولی آن ۳۰۴/۳ گرم بر مول است.

طراحی آزمایشات. مطابق جدول ۱ چهار عامل موثر بر راندمان در چهار سطح مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین شرایط بهینه تاثیر یک عامل، مقدار سه عامل دیگر ثابت نگه داشته شد.

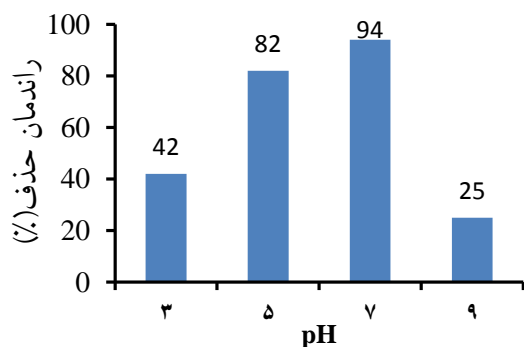
جدول ۱. عوامل و سطوح در نظر گرفته شده برای طراحی آزمایشها

عامل	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴
غلظت سم (میلیگرم بر لیتر)	۱۵	۳۰	۵۰	۱۰۰
pH	۳	۵	۷	۹
دوز نانو ذره (گرم بر لیتر)	۰/۲	۰/۵	۱	۲
زمان (دقیقه)	۲	۵	۱۵	۳۰



شکل ۳. نمودار تاثیر غلظت دیازینون بر راندمان حذف
($t=30$ min, $pH=7$, nano ZnO-TiO₂ = 0.5 g/L)

شکل ۴ تاثیر pH بر کارایی فرآیند را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود در $pH=7$ بیش‌ترین میزان و در $pH=9$ کم‌ترین میزان حذف مشاهده می‌شود.



شکل ۴. نمودار تاثیر pH بر راندمان حذف
($t=30$ min, Diaz=15 mg/L, nano ZnO-TiO₂ = 0.5 g/L)

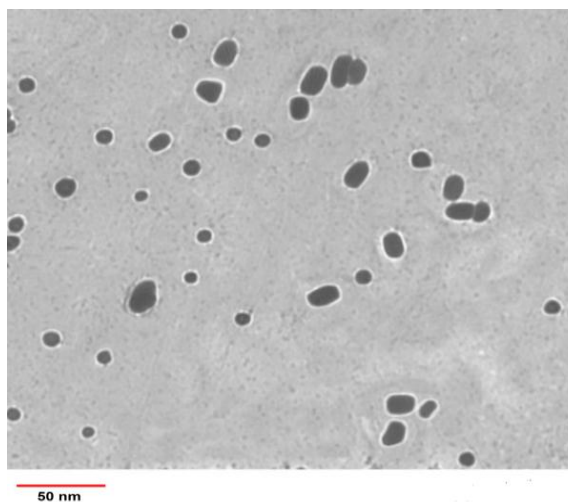
تاثیر دوز نانوکامپوزیت. شکل ۵ تاثیر دوز نانوکامپوزیت را بر کارایی فرآیند نشان می‌دهد و همان‌طور که در این شکل پیداست بیش‌ترین میزان حذف در دوز ۰.۵ گرم بر لیتر و کم‌ترین میزان حذف در دوز ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد. زیرا تاثیر نور ماورابنفش با این افزایش، کاهش و در نتیجه بر میزان حذف اثر می‌گذارد.

تاثیر زمان واکنش. شکل ۶ تاثیر زمان واکنش بر کارایی فرآیند را نشان می‌دهد و همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان واکنش میزان حذف افزایش می‌یابد. سیر صعودی میزان حذف با افزایش زمان در شکل ۶ نشان داده شده است.

ستون فاز معکوس C₁₈, ODS با دکتور UV در طول موج ۲۴۷ نانومتر و جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه انجام گرفت.

نتایج

مشخصات نانوکامپوزیت. برای بررسی اندازه‌ی دانه ذرات (بلوری) در کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم-اکسید روی از آزمون TEM استفاده شد. در شکل ۲، زمینه روشن فاز بی شکل و نقطه‌های تیره فازهای نانوبلور را نشان می‌دهد. اندازه نانوذرات در کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم-اکسید روی در محدوده ۱۰ تا ۲۵ نانومتر قرار دارد.

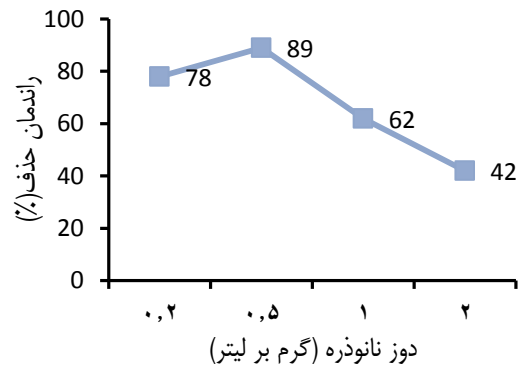


شکل ۲. تصویر TEM

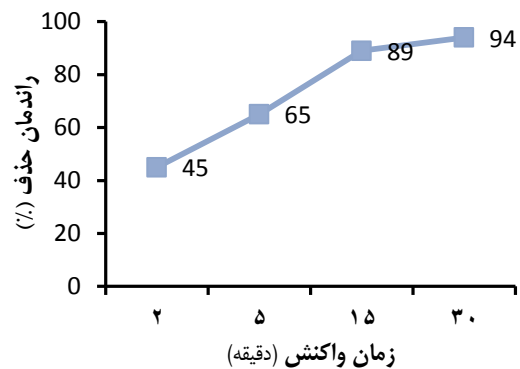
تاثیر غلظت دیازینون. شکل (۳) تاثیر غلظت دیازینون بر میزان تجزیه و کارایی فرآیند را نشان می‌دهد، همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود هر چه بر غلظت سم افزوده می‌شود درصد حذف دیازینون کاهش می‌یابد. این کاهش به صورتی است که در غلظت دیازینون ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کم‌ترین حذف و در غلظت ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بیش‌ترین حذف اتفاق می‌افتد.

[۱۸،۱۷،۳،۲]. تحقیق Matouq و همکاران نشان داد که با افزایش غلظت دیازینون میزان حذف شروع به کاهش می‌نماید. به طوری که میزان حذف در غلظت ۱۲۰۰ میلی‌گرم از ۸۰ درصد به ۳۰ درصد در غلظت ۱۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت [۱۹]. هر چند غلظت دوز سم با مطالعه حاضر متفاوت است هم روند حذف مشابه می‌باشند.

تأثیر pH بر راندمان حذف دیازینون پارامتر تأثیرگذار در فرایند فتوکاتالیستی دانست. به طور کلی اثر pH بر تخریب مواد آلی به کمک اکسیدهای نیمه‌رسانا در ایجاد تعادل اسید و باز حاکم بر سطح اکسیدهای فلزی در آب بوده است. طبق شکل ۴، بالاترین راندمان حذف در pH=۷ مشاهده شد. دلیل آن تبدیل ZnO در pH اسیدی به Zn^{+2} می‌باشد که منجر به از دست دادن کارایی نانوذرات می‌شود و در محیط قلیایی سطح نانوذره دارای بار منفی شده که این عامل به نوبه خود منجر به کاهش بازده آن می‌شود [۲۰]. بنابراین بهترین pH برای حذف دیازینون pH خنثی می‌باشد. pH خوردگی در کامپوزیت ZnO-TiO₂ حدوداً برابر با ۶ است. این pH در ZnO برابر ۶/۵ و در TiO₂ برابر ۹ است. ثابت تفکیک اسیدی دیازینون ۲/۶ شناخته شده است. فعالیت مختلف فتوکاتالیستی در pH های مختلف را می‌توان بر اساس تعامل مختلف الکترواستاتیکی بین سطح فتوکاتالیست و دیازینون توضیح داد. از آنجایی که ثابت تفکیک اسیدی در دیازینون ۲/۶ می‌باشد در pH بالای ۲/۶ دارای بار منفی می‌شود. در حالی که در pH زیر ۶ کامپوزیت ZnO-TiO₂ دارای بار مثبت می‌شود. پس همان‌طور که انتظار می‌رود شرایط مطلوب را می‌توان در محدوده pH بین ثابت تفکیک اسیدی دیازینون و pH خوردگی ZnO-TiO₂ جستجو کرد که در آن بار مثبت ZnO-TiO₂ و بار منفی دیازینون یک‌دیگر را جذب می‌کنند. در pH بالا بار کامپوزیت و دیازینون هر دو منفی شده و بنابراین دافعه بین دیازینون و کامپوزیت ZnO-TiO₂ منجر به کاهش جذب سم بر روی کامپوزیت و کاهش راندمان فتوکاتالیستی می‌گردد [۳]. در مطالعه دانشور و همکاران pH بالاتر از ۵/۲ تا محدوده خنثی منجر به افزایش حذف دیازینون و بعد از آن



شکل ۵. نمودار تأثیر دوز نانوذره بر راندمان حذف (t=30 min, Diaz=15 mg/L, pH=7)



شکل ۶. نمودار تأثیر زمان واکنش بر راندمان حذف (nano ZnO-TiO₂ = 0.5 g/L, Diaz=15 mg/L, pH=7)

بحث و نتیجه گیری

تأثیر غلظت دیازینون. نتایج به دست آمده نشان داد تأثیر غلظت اولیه دیازینون، بر میزان حذف، یکی از جنبه های مهم، در فرایند نانوفتوکاتالیستی در این مطالعه بود. طبق شکل ۳، بالاترین میزان حذف در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر اتفاق افتاده است. این میزان با افزایش غلظت دیازینون رو به کاهش داشته و نهایتاً در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به کم‌ترین میزان خود رسیده است. با افزایش غلظت دیازینون، مواد آلی بیشتری بر روی سطح نانو کامپوزیت ZnO-TiO₂ جذب می‌شوند بنابراین محل‌های فعال کم‌تری برای جذب یون هیدروکسیل وجود خواهد داشت و همین امر منجر به کاهش تولید رادیکال‌های هیدروکسیل می‌شود. علاوه بر این، با افزایش غلظت دیازینون، فوتون قبل از رسیدن به سطح کاتالیست شکسته می‌شود و جذب فوتون توسط کاتالیست کاهش می‌یابد و متعاقب آن درصد تجزیه کاهش می‌یابد

نسبت به زمانی می‌گردد که به صورت جداگانه استفاده می‌شوند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط خانم زهرا دربندی است که در معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تحت شماره ۲۰۰۴ ثبت شده است.

منابع

- [1] Fattahy E, Jorsaraei S, Parivar K, Moghaddamnia A. Influence of diazinon on spermatogenesis in mice. *Koomesh* 2007; 9: 75-82. (Persian).
- [2] Daneshvar N, Aber S, Dorraji MS, Khataee A, Rasoulifard M. Photocatalytic degradation of the insecticide diazinon in the presence of prepared nanocrystalline ZnO powders under irradiation of UV-C light. *Sep Purific Technol* 2007; 58: 91-98. (Persian).
- [3] Jonidi-Jafari A, Shirzad-Siboni M, Yang JK, Naimi-Joubani M, Farrokhi M. Photocatalytic degradation of diazinon with illuminated ZnO-TiO₂ composite. *J Taiwan Inst Chem Engine* 2015; 50: 100-107. (Persian).
- [4] Moussavi G, Hossaini H, Jafari SJ, Farokhi M. Comparing the efficacy of UVC, UVC/ZnO and VUV processes for oxidation of organophosphate pesticides in water. *J Photochem Photobiol Chem* 2014; 290: 86-93. (Persian).
- [5] Chong MN, Jin B, Chow CW, Saint C. Recent developments in photocatalytic water treatment technology: a review. *Water Res* 2010; 44: 2997-3027.
- [6] Chiang YJ, Lin CC. Photocatalytic decolorization of methylene blue in aqueous solutions using coupled ZnO/SnO₂ photocatalysts. *Powder Technol* 2013; 246: 137-143.
- [7] Barreca D, Comini E, Ferrucci AP, Gasparotto A, Maccato C, Maragno C, et al. First example of ZnO-TiO₂ nanocomposites by chemical vapor deposition: structure, morphology, composition, and gas sensing performances. *Chem Mater* 2007; 19: 5642-5649.
- [8] Kalantary RR, Shahamat YD, Farzadkia M, Esrafilia A, Asgharnia H. Heterogeneous photocatalytic degradation of diazinon in water using nano-TiO₂: modeling and intermediates. *Eur J Experimen Biol* 2014; 4: 186-194.
- [9] William IV L, Kostedt I, Ismail AA, Mazzyck DW. Impact of heat treatment and composition of ZnO-TiO₂ nanoparticles for photocatalytic oxidation of an azo dye. *Ind Engine Chem Res* 2008; 47: 1483-1487.
- [10] Shifu C, Gengyu C. Photocatalytic degradation of organophosphorus pesticides using floating photocatalyst TiO₂ 2• SiO₂ 2/beads by sunlight. *Solar Energy* 2005; 79: 1-9.
- [11] Zazouli MA, Dianati TR, Safarpour M. Nitrate removal from water by nano zero valent Iron in the presence and absence of ultraviolet light. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; 24: 150-161. (Persian).
- [12] Pei CC, Leung WW. Photocatalytic degradation of Rhodamine B by TiO₂/ZnO nanofibers under visible-light irradiation. *Sep Purific Technol* 2013; 114: 108-116.

افزایش pH منجر به کاهش حذف دیازینون شده است [۲]. که مشابه یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد.

تاثیر نانوکامپوزیت. طبق شکل (۵)، با افزایش غلظت نانوذره تا ۰/۵ گرم در لیتر کارایی فرآیند افزایش یافته و پس از آن کاهش می‌یابد. دوز کاتالیست، تخریب دیازینون را زیاد تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. دلیل این واقعیت را می‌توان این‌گونه شرح داد: مجموع سطوح فعال با افزایش دوز کاتالیست افزایش می‌یابد. متعاقباً با افزایش کدورت سوسپانسیون، نفوذ اشعه UV کاهش می‌یابد در نتیجه پراکندگی نور افزایش و فعالیت نوری کاهش می‌یابد. علاوه بر این در دوز بالای کاتالیست، نگهداری سوسپانسیون به حالت تعلیق به خاطر تراکم ذرات دشوار است همین امر منجر به کاهش تعداد سایت‌های فعال می‌گردد [۲۱،۲]. مطالعه بر روی حذف پارانیتروفنل به کمک اکسید روی نشان دادند که با افزایش دوز نانوذره تا ۰/۴ گرم بر لیتر میزان حذف افزایش و با افزایش بیش‌تر نانوذره کارایی حذف کاهش می‌یابد علت این امر افزایش کدورت محلول است که منجر به تفرق اشعه UV و کاهش خاصیت فعال‌سازی نوری نانوذره می‌باشد [۲۲].

تاثیر زمان. همان‌طور که در شکل (۶) مشخص است، افزایش زمان پرتودهی منجر به افزایش کارایی فرآیند می‌شود این امر به دلیل افزایش میزان رادیکال‌های هیدروکسید است که متعاقب افزایش الکترون‌ها و حفره‌ها در نانوذره اتفاق می‌افتد و منجر به حذف بیش‌تر دیازینون شده است [۲۱]. یافته مطالعات دادبان و همکاران در حذف دیازینون با TiO₂ [۸] و ززولی و همکاران در حذف فورفورال در حضور نانوذره TiO₂ همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد. در حذف فوتوکاتالیستی فورفورال از آب نیز نشان داد با افزایش زمان ماند میزان حذف فورفورال افزایش داشته است [۱۴].

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد فرآیند نانو فتوکاتالیستی با ZnO-TiO₂ در حذف دیازینون در مدت زمان کم و شرایط خنثی دارای کارایی بسیار بالایی می‌باشد. استفاده از نانو کامپوزیت دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی یک روش جدید در حذف آلاینده‌هاست که منجر به افزایش کارایی نانو ذره

Photocatalytic process with titanium dioxide Nanoparticles. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25: 227-238. (Persian).

[17] Chakrabarti S, Dutta BK. Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. J Hazard Mater 2004; 112: 269-278.

[18] Shankar MV, Anandan S, Venkatachalam N, Arabindoo B, Murugesan V. Novel thin-film reactor for photocatalytic degradation of pesticides in an aqueous solution. J Chem Technol Biotechnol 2004; 79: 1279-1285.

[19] Matouq MA, Al-Anber ZA, Tagawa T, Aljbour S, Al-Shannag M. Degradation of dissolved diazinon pesticide in water using the high frequency of ultrasound wave. Ultrason Sonochem 2008; 15: 869-874.

[13] Dianati-Tilaki RA, Zazoli M, Yazdani J, Alamgholilu M, Rostamali E. Degradation of 4-chlorophenol by sunlight using catalyst of zinc oxide. J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 23: 195-201. (Persian).

[14] Zazouli MA, Ebrahimzadeh MA, Yazdani Charati J, Shiralizadeh Dezfoli A, Rostamali E, Veisi F. Effect of sunlight and ultraviolet radiation in the titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles for removal of furfural from water. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23: 125-138. (Persian).

[15] Malakootian M, Yaghmaeian K, Momenzadeh R. Efficiency of titanium dioxide photocatalytic activity in removing anionic surfactant of sodium dodecyl sulfate from waste water. Koomesh 2015; 16: Pe648-Pe654. (Persian).

[16] Zazouli MA, Ahanjan M, Kor Y, Eslamifar M, Hosseini M, Yousefi M. Water disinfection using

Photocatalytic degradation of diazinon using ZnO/TiO₂ nano-photocatalysts

Zahra Darbandi (M.Sc Student)¹, Mohammad Ali Zazouli (Ph.D)^{2*}, Mohammad Shokrzadeh (Ph.D)³, Nouredin Mousavinasab (Ph.D)⁴, Ehsan Rostamali (M.Sc)⁵

1 - Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

2 – Dept. of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

3 – Dept. of Toxicology, Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

4 – Dept. of Biostatistics, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

5 - Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received: 16 Sep 2016; Accepted: 29 Nov 2016)

Introduction: Diazinon is an organophosphate pesticides that widely used for agricultural pests and vectors. Diazinon resists to biodegradation so there is major concern about it. The aim of present work was to study the decomposition of diazinon by nano-photocatalytic ZnO-TiO₂ in the presence of UVC radiation.

Materials and Methods: This work is a laboratory-experimental study. Characterization of nanoparticles was determined through TEM pattern. The number of samples was determined by Taguchi statistical method. The samples with definite concentration of diazinon and nanoparticle in different operational conditions were exposed to UVC radiation, individually. Diazinon concentration was measured using HPLC. Data analysis was performed using the software Minitab 16.

Results: The results showed that with increasing reaction time, the removal of diazinon increases but by increasing the dose of nanoparticles and Diazinon concentration the removal rate decreases. The highest removal efficiency rate was 95%.

Conclusion: The combination of catalysts is a new method for the removal of diazinon. The results showed that the photocatalytic nano-ZnO-TiO₂ has a positive effect on diazinon degradation.

Keywords: Diazinon, Photocatalysts, ZnO-TiO₂, Composite, Nanoparticle

* Corresponding author. Tel: +98 11 33543085

zazoli49@yahoo.com