

# بررسی کارایی فرایند نانوفتوکاتالیستی UV/Fe-Doped $TiO_2$ در تجزیه سم سیس

## کلردان از محیط آبی

مهدی کمالی<sup>۱</sup>، دکتر کاووس دیندارلو<sup>۲</sup>، دکتر امید رحمانیان<sup>۳</sup>، دکتر ولی علی پور<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، آستادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، آستادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، پژوهشگاه سلامت هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران  
مجله طب پیشگیری، سال سوم، شماره چهارم تابستان ۹۵، صفحات ۴۳-۵۲

### چکیده

**مقدمه:** کلردان سال‌های متمادی به عنوان آفت کش استفاده شده و در مقابل نور تحت شرایط طبیعی مقاوم است. هدف از این بررسی تعیین کارایی فرایند نانوفتوکاتالیستی UV/Fe-Doped  $TiO_2$  در تجزیه سم سیس کلردان از محیط آبی می‌باشد.

**روش کار:** این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی، در مقیاس آزمایشگاهی و در یک راکتور ۲ لیتری انجام شد. نانوذره مورد نظر با روش سل-ژل سنتز شد. تجزیه سم سیس کلردان در شرایط مختلف pH، زمان، غلظت نانوذره و غلظت سم مورد آزمایش قرار گرفت. از نرم‌افزارهای Excel 2007 و SPSS V.16 و آنالیز واریانس یک طرفه برای تجزیه و تحلیل نتایج استفاده شد.

**نتایج:** نتایج به دست آمده نشان داد که با کاهش pH، کاهش غلظت سموم، افزایش غلظت نانو و افزایش زمان تماس، راندمان حذف افزایش می‌یابد، مناسب ترین pH برای حذف سم سیس کلردان در شرایط ثابت زمان و غلظت نانو ذره برابر با ۵ (۹۱/۹ درصد) می‌باشد (Pvalue=0.324). همچنین بهترین زمان برای بهینه‌ترین مقدار حذف سم سیس کلردان ۴۵ دقیقه (۹۲/۸ درصد) (Pvalue=0.112)، بهترین غلظت نانوذره برای بهینه‌ترین درصد حذف ۱۰۰ میلی‌گرم (۹۳/۵ درصد) (Pvalue=0.069) و غلظت بهینه سم سیس کلردان نیز ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۹۳/۲ درصد) (Pvalue=0.2) انتخاب شد.

**نتیجه‌گیری:** فرآیندهای فتوکاتالیستی، توانایی بالایی در حذف سم کلردان و معدنی سازی موثر آن دارد و می‌توان از نانوی داپ شده به علت مقدار کم نانوی مصرفی، انرژی مصرفی پایین و راندمان بسیار بالا به عنوان یک جایگزین مناسب برای حذف سم سیس کلردان استفاده کرد.

**کلیدواژه‌ها:** سم سیس کلردان، تجزیه فتوکاتالیستی، نانوفتوکاتالیست، داپ کردن،  $TiO_2$

نویسنده مسئول:  
کاووس دیندارلو، دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی در ارتقاء سلامت، پژوهشگاه سلامت هرمزگان، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران  
تلفن: +۹۸ ۷۶ ۳۳۳۳۲۰۲  
پست الکترونیکی: mehdi25naji@gmail.com

### نوع مقاله: پژوهشی

دریافت مقاله: ۹۵/۷/۱۰ پذیرش مقاله: ۹۵/۹/۲۸

ارجاع: کمالی، مهدی، دیندارلو کاووس، رحمانیان امید، علی پور ولی. بررسی کارایی فرایند نانوفتوکاتالیستی UV/Fe-Doped  $TiO_2$  در تجزیه سم سیس کلردان از محیط آبی. طب پیشگیری.

۴۳-۵۲: (۴)۳؛ ۱۳۹۵

### مقدمه:

استفاده از سموم آفت‌کش تا وقتی که روش‌های مبارزه بیولوژیک با آفات گیاهی متداول نشود امری غیر قابل اجتناب است، بنابراین توصیه می‌شود که حداقل از آفت‌کش‌هایی با درجه سمیت و نیمه‌عمر کمتر استفاده گردد. اکوسیستم‌های آبی به عنوان بزرگترین قسمت از طبیعت همواره با تهدیدهایی نظیر محدودیت ژنتیکی و تنوع زیستی مواجه می‌باشد (۳). این سموم به علت توزیع وسیع در محیط آبی، قادر به تاثیر وسیع در جانداران غیرهدف از قبیل بی‌مهرگان، پستانداران، پرندگان و ماهی‌ها می‌باشد (۴). از میان آفت‌کش‌ها، آفت‌کش‌های آلی کلردان به دلیل

بشر تولید کننده آلاینده‌های مختلفی است که بخش بزرگی از این مواد آلاینده بطور مستقیم یا غیرمستقیم به محیط آبی راه می‌یابد (۱). زمان بسیار زیادی است که انسان برای دفع آفات از انواع مختلف مواد شیمیایی استفاده می‌کند. این مواد صدمه‌های زیاد و غیر قابل جبرانی را به طبیعت، محیط زیست، توازن و پایداری اکوسیستم‌ها و سلامت موجودات زنده وارد کرده است (۲). بخشی از آلاینده‌ها مانند بیشتر مواد آلی طی فرآیندهای زیستی تجزیه می‌گردند ولی دیگر مواد از قبیل سموم دفع آفات در مقابل تجزیه مقاوم بوده و زمان زیادی در محیط آبی باقی می‌مانند (۱).

(۸). فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته عامل اکسیداسیون قوی (رادیکالهای هیدروکسیل) تولید می‌کنند که آلایندهای موجود در فاضلاب را بطور کامل تخریب می‌کنند (۹). یکی از مهمترین تکنولوژیهای تصفیه فاضلاب فرآیند فتوکاتالیز و نیمه رسانا است که ثابت شده است که بطور بالقوه برای تصفیه آلایندهای فاضلاب سودمند و مثرثمر هستند (۱۰، ۱۱) در میان مواد نیمه رسانای مختلف (اکسیدها، سولفیدها و...دی اکسید تیتانیوم بدلیل فعالیت فتوکاتالیتیکی بالا، پایداری شیمیایی، مقاوم به خوردگی نوری، اقتصادی بودن، نداشتن سمیت به میزان بیشتری مورد توجه قرار گرفته است (۱۲، ۱۳). اگرچه کارایی استفاده از TiO<sub>2</sub> با شکاف نسبتاً زیاد باند انرژی (۳،۲eV) محدود شده است، ولی روشهای متعددی برای بالا بردن فعالیت فتوکاتالیزی ذرات TiO<sub>2</sub> مانند بالا بردن نسبت سطح به حجم، اتصال دیگر ذرات نیمه هادی به دی اکسید تیتانیوم، پاشیدن انواع TiO<sub>2</sub> به درون حفره‌های زئولیت و یونهای فلزی و نافلز داپ شده به TiO<sub>2</sub> گسترش پیدا کرده‌اند (۱۴). یونهای فلزی رسانا می‌توانند باعث ایجاد تراز انرژی داپ شده بین باندهای هدایت و ظرفیت TiO<sub>2</sub> شوند و مشخص شده است که یک روش مفید برای افزایش فعالیت فتوکاتالیزی TiO<sub>2</sub> می‌باشد. علاوه بر این یونهای داپ شده، ممکن است به- عنوان تله‌های الکترون یا حفره عمل کرده و باعث افزایش فعالیت کاتالیستی TiO<sub>2</sub> شوند. (۱۵). بررسی پژوهش‌ها نشان داده که یونهای فلزی انتقالی همانند Fe<sup>3+</sup> برای بالا بردن فعالیت فتوکاتالیتیک می‌توانند استفاده شوند (۱۶، ۱۷). یون فلزی Fe<sup>3+</sup> به دلیل آرایش الکترونی نیمه پر و با شعاع یونی نزدیک به شعاع یونی Ti<sup>4+</sup> می‌تواند به راحتی در میان شبکه TiO<sub>2</sub> جایگزین شود (۱۸). و باعث بالا بردن فعالیت فتوکاتالیست در ناحیه نور مرئی گردد، همچنین یونهای Fe<sup>3+</sup> می‌توانند در شبکه TiO<sub>2</sub> یک دام سطحی برای الکترونها و حفرات ایجاد شده از تابش ایجاد نموده و در نتیجه با کم کردن ترکیب مجدد الکترونها و حفرات تولید شده بازدهی کوانتایی و فعالیت فتوکاتالیستی را افزایش دهد. بنابراین یون Fe<sup>3+</sup> بعنوان یک عامل داپ کننده موثر و قابل توجه مطرح می‌باشد (۱۶، ۱۹).

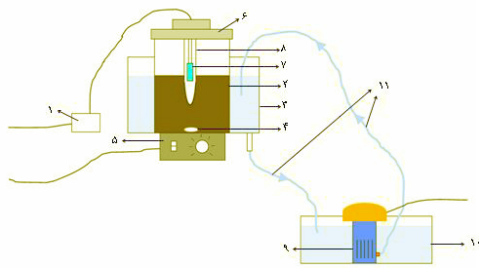
هدف از این بررسی تعیین کارایی فرایند نانو فتوکاتالیستی UV/Fe-Doped TiO<sub>2</sub> در تجزیه سم سیس کلردان از آب می‌باشد.

#### روش کار:

در این تحقیق راکتوری از جنس پیرکس به حجم ۲ لیتر با قطر ۱۴ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر بکار گرفته شد. لامپ فرا

خاصیت چربی دوستی و تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی پایین آنها و توانایی تغلیظ زیستی و راه‌یابی به زنجیره غذایی، به میزان بیشتری مورد توجه می‌باشند و بعد از آن آفت کشهای فسفره قرار دارند (۵). آفت کش های کله به عنوان یکی از مهمترین سموم آلی از دیرباز به طور وسیعی بر علیه بیماری مالاریا و همچنین در کشاورزی جهت دفع آفات و حشرات مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. هم‌اکنون با وجود ممنوعیت کاربرد بسیاری از ترکیبات سموم کله، به دلیل ارزان بودن و تاثیرگذاری بالای آن هنوز هم در برخی نقاط به صورت غیرقانونی مورد استفاده قرار می‌گیرد و موجب حضور باقیمانده این سموم در چرخه غذایی شده است. این سموم بعد از ورود به بدن در بافت چربی تجمع می‌یابد (۶). نام IUPAC کلردان ۱،۲،۳،۴،۵،۶،۷،۸-کتاکلو-۳،۴،۵،۶،۷،۸-آهگزا هیدرو ۷-متانو-۱H-ایندن می باشد. این سم دارای ایزومرهای زیادی است که عمدتاً بوسیله سیس و ترانس کلردان تقسیم بندی شده است. کلردان یک مایع لزج زرد رنگ است که به عنوان حشره‌کش چندکاره بکار می‌رود به خصوص برای دانه‌های غیر کشاورزی و حیوانات. کلردان دارای بو و مزه قابل تشخیص محدود است و وقتی که در آب حل می‌شود مقاوم به تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشد. کلردان ابتدا در آمریکا تولید شده است و سالهای زیادی به عنوان حشره‌کش طیف وسیع و عمدتاً برای دانه‌های غیر کشاورزی و حیوانات استفاده می‌شده است. عمده ترین منبع تماس اکثر جمعیت با این سم از طریق باقیمانده در غذا می‌باشد. کلردان در مقابل نور تحت شرایط طبیعی پایدار است. در حیوانات آزمایشگاهی کلردان بوسیله پوست و هضم دهانی جذب می‌شود (۷). تاثیرات کوتاه مدت (حاد) کلردان شامل گاستروانتریت، علائم عصب شناختی همانند لرزش و تشنج و تاثیرات مزمن آن که بوسیله در معرض گیری بوسیله استنشاق می‌باشد شامل تاثیر روی سیستم عصبی می‌باشد (۱۲).

بطور کلی روشهای فیزیکی متداول مانند انعقاد و لخته سازی، هوادهی، جذب روی کربن فعال و اسمز معکوس ممکن است بطور موثری آلایندها را برطرف نمایند. با این وجود این روشها باعث تخریب آلایندها نمی‌شوند و فقط باعث می‌شوند که آلایندها از آب به فاز دیگری انتقال پیدا کنند که این مورد موجب تشکیل یک آلودگی محیطی ثانویه می‌شود که نیازمند فرآوری دوباره بوده که در مجموع هزینه زیادی را در بر خواهد داشت. فتوکاتالیست یک تکنولوژی اکسایش پیشرفته است و به منظور پالایش آبها از آلایندها در آمریکا، اروپا و ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است



شکل ۱- شماتیک راکتور مورد استفاده در فرآیند

(1) ترانس لامپ 125 وات، (2) راکتور شیشه ای، (3) مبرد آبی، (4) مگنت، (5) همزن مغناطیسی، (6) درب راکتور، (7) لامپ UV 125 وات فشار متوسط، (8) پوشش کوآرتز، (9) پمپ، (10) مخزن آب، (11) لوله های انتقال آب.

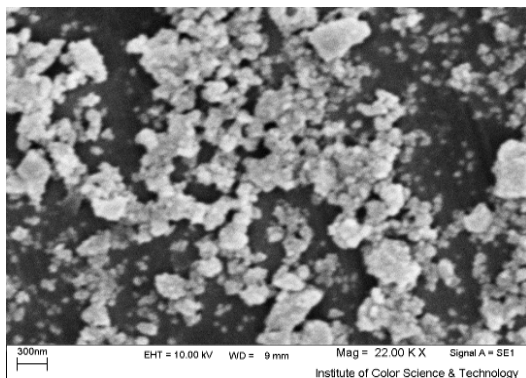
از نرم افزارهای Excel2007 و SPSS V.16 و آنالیز واریانس

یک طرفه برای تجزیه و تحلیل نتایج آنالیزها استفاده شد.

## نتایج:

### خصوصیات نانوذره

شکل ۲ عکس SEM و شکل ۳ نمودار توزیع قطر نانوذرات مربوط به TiO<sub>2</sub> قبل از داپ شدن با آهن را نشان می دهد. اندازه گیری قطر نانوذرات توسط نرم افزار انجام شد و میانگین قطر ذرات آن ها تعیین گردید و مشخص شد که ذرات در مقیاس نانو می باشند. قطر متوسط نانوذرات در این حالت ۴۲/۴ نانومتر می باشد.



شکل ۲- عکس SEM نانوذره TiO<sub>2</sub>

بنفش ۱۲۵ وات فشار متوسط به طول ۱۲ سانتی متر و قطر ۱ سانتی متر و لوله کوآرتزی که لامپ درون آن قرار می گرفت به قطر خارجی ۲/۵ سانتی متر، قطر داخلی ۲ سانتی متر و طول ۱۲/۵ سانتی متر در وسط درب راکتور که از جنس آلومینیوم چند لایه است، نصب گردید. سوراخی نیز جهت نمونه برداری در درب راکتور تعبیه شد که در هنگام فرآیند با ورق آلومینیومی پوشانده می شد. طول موج منتشره از لامپ فرابنفش استفاده شده در این مطالعه ۲۴۷/۳ نانومتر و از نوع UV-C بود. راکتور شیشه ای جهت محافظت در برابر اشعه لامپ فرابنفش با ورق آلومینیومی پوشانده شده بود. اختلاط در راکتور با استفاده از شیکر و مگنت انجام می گرفت. در داخل راکتور ۵ سانتی متر ارتفاع برای حرکت مگنت در نظر گرفته شده بود. جهت حذف ذرات TiO<sub>2</sub> نمونه با فیلتر ۰/۴۵ میکرون فیلتر و پس از آن میکرو استخراج صورت گرفت.

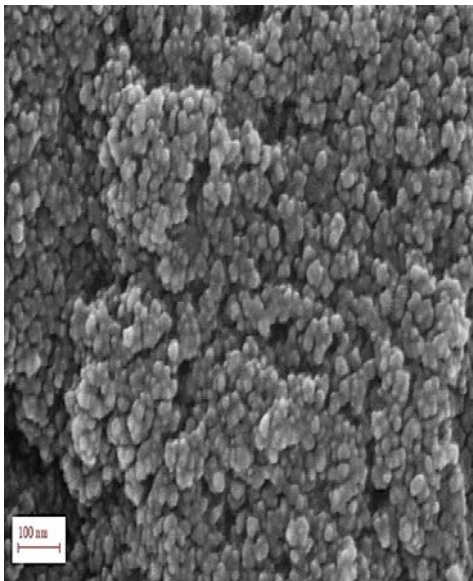
برای قرائت سموم کره از دستگاه GC/MS مارک younglin مدل 6500 تولید سال ۲۰۱۵ کره جنوبی می باشد استفاده شد و ستون مورد استفاده DB-5-M5 از شرکت agilent به ابعاد 30m × 0/25mm × 25mm id و ضخامت فیلم ۱ میکرومتر استفاده شد. برای آنالیز از گاز حامل هلیوم با درصد خلوص ۹۹,۹۹۹۹ استفاده شد و فشار در نظر گرفته شده ۱۵ PSI می باشد. برای آنالیز نمونه از روش splitless استفاده شد. دمای اولیه ستون ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ دقیقه که پس از آن با شیب ۱۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه به ۲۴۰ درجه سانتی گراد رسید و ۵ دقیقه در آن دما نگهداری شد. آشکار ساز جرمی در حالت EI قرار داشته و دمای لوله انتقال آن ۲۷۰ درجه سانتی گراد و منبع یونش آن ۲۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سرعت جریان ۱ میلی لیتر بر دقیقه تنظیم گردید. برای کالیبراسیون دستگاه GC و منحنی استاندارد، سم خالص کلردان از شرکت سیگما آلد ریچ تهیه شد.

درصد حذف سیس کلردان به صورت زیر محاسبه می شود:

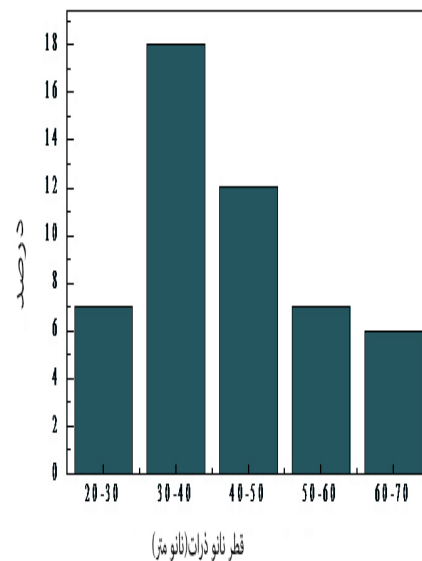
$$\text{تجزیه } (\%) = 100 \times \left( \frac{C_0 - C}{C_0} \right)$$

(که C<sub>0</sub> غلظت اولیه سیس کلردان، C غلظت نهایی سیس کلردان بعد از انجام شدن فرآیند می باشد.)

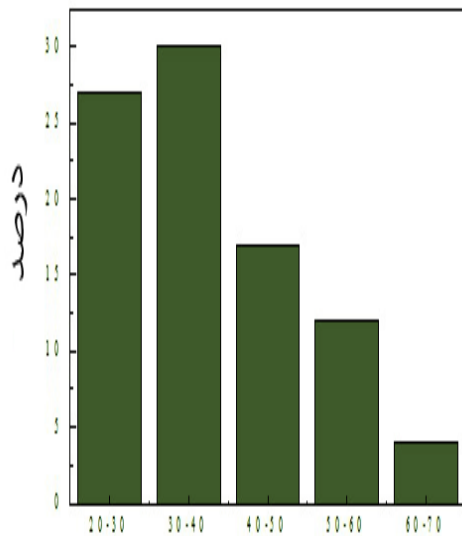
باشد.



شکل ۴- عکس SEM نانوذره  $Fe-TiO_2$



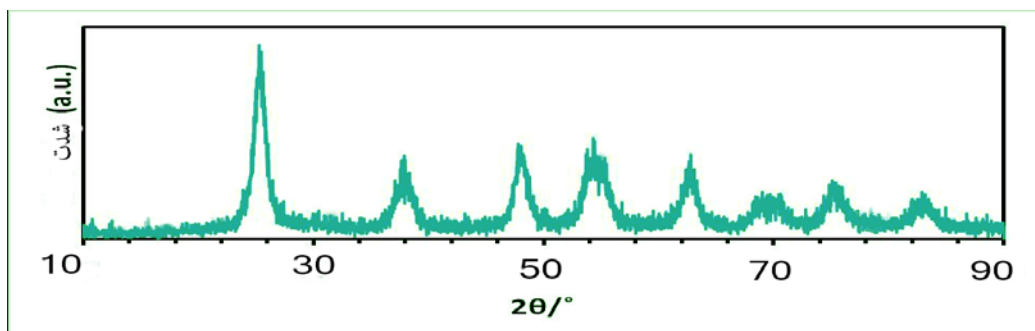
شکل ۳- نمودار اندازه قطر نانوذرات  $TiO_2$



شکل ۵- قطر متوسط نانوذره  $Fe-TiO_2$

شکل ۴- عکس SEM و شکل ۵ نمودار توزیع قطر نانوذرات مربوط به  $TiO_2$  بعد از داپ شدن با آهن را نشان می‌دهد. قطر متوسط نانوذرات در این حالت ۳۷/۸۹ نانومتر می‌باشد. با توجه به تصویر SEM در اینجا و مقایسه آن با شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود که در اینجا ساختار نانوذره کوچکتر و در حالت قبل بصورت توده‌ای می‌باشد. همچنین با مقایسه شکل ۵ با شکل ۳ مشاهده می‌شود که میانگین اندازه ذرات ریزتر می‌باشد.

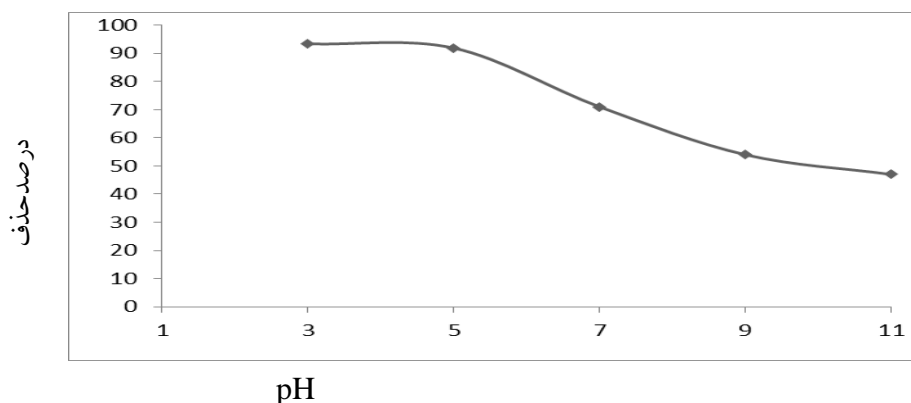
شکل ۶ الگوی پراش پرتو X (XRD) برای نانو ذرات  $TiO_2$  داپ شده با آهن را نشان می‌دهد. با توجه به پیکهای موجود در الگوی پراش در می‌بایم که  $TiO_2$  داپ شده با آهن در ساختار آاناتاز می‌باشد.



شکل ۶- الگوی پراش پرتو X برای نانو ذرات  $TiO_2$  داپ شده با آهن

حذف سم سیس کلردان ۵ انتخاب شد زیرا آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که با کاهش از pH=11 تا ۷ میانگین درصد حذف تفاوت معناداری داشت ( $Pvalue < 0.001$ ) ولی برای pH های ۵ و ۳ میانگینها یکسان می باشد ( $Pvalue = 0.324$ ).

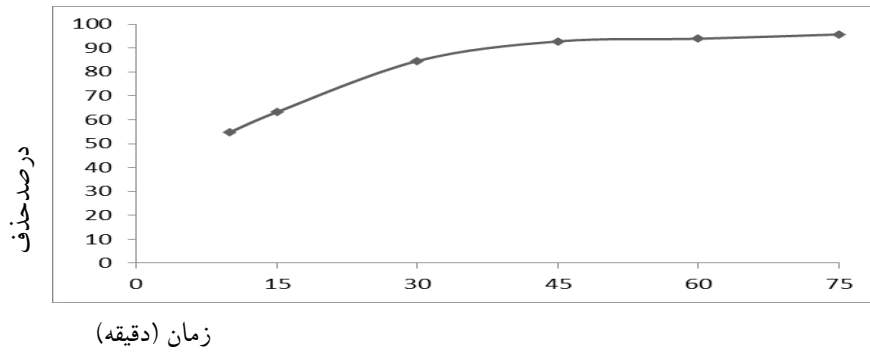
با توجه به نتایج، در زمان ثابت ۶۰ دقیقه و غلظت ثابت سیس کلردان (۱۰ میلی گرم در لیتر) و غلظت ثابت نانو ذره (۱۰۰ میلی گرم در لیتر) و pH های مختلف (۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱)، بالاترین درصد حذف در pH های ۳ ( $93/4 \pm 1/2$ ٪) و ۵ ( $91/9 \pm 1/8$ ٪) مشاهده شد. با افزایش pH درصد حذف کاهش یافت. pH بهینه برای



شکل ۷- pH بهینه برای حذف سم سیس کلردان

زمانهای ۱۰ تا ۴۵ دقیقه تفاوت معناداری داشت ( $Pvalue < 0.001$ ) ولی برای زمانهای ۴۵ و ۶۰ دقیقه میانگینها یکسان می باشد ( $Pvalue = 0.112$ ). بنابراین زمان بهینه برای حذف سم سیس کلردان بوسیله نانو ذره ۴۵ دقیقه انتخاب شد.

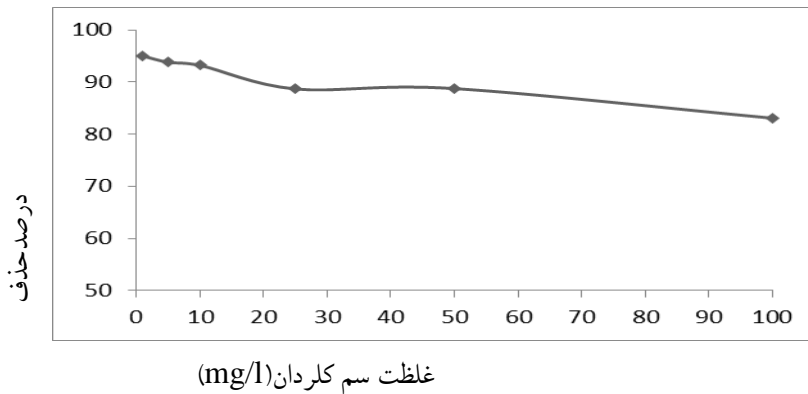
با ثابت نگه داشتن  $pH = 5$  و غلظت سیس کلردان برابر ۱۰ میلی گرم در لیتر، غلظت نانو ذره برابر با ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و زمانهای مختلف (۱۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۷۵ دقیقه)، بالاترین درصد حذف در زمانهای ۴۵ دقیقه ( $92/8 \pm 0/8$ ٪) و ۶۰ دقیقه ( $93/9 \pm 0/1$ ٪) و ۷۵ دقیقه ( $95/7 \pm 0/2$ ٪) بدست آمد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین درصد حذف در



شکل ۸: زمان بهینه برای حذف سم سیس کلردان

واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین درصد حذف در غلظت‌های ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معناداری داشت ( $Pvalue < 0.001$ ) ولی برای غلظت‌های ۱۰ و ۵ میلی‌گرم در لیتر میانگین‌ها یکسان می‌باشد ( $Pvalue = 0.2$ )، که غلظت بهینه سیس کلردان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر انتخاب شد.

با ثابت نگه داشتن  $pH = 5$  و زمان (۴۵ دقیقه) و غلظت نانوذره (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و غلظت‌های متفاوت از سیس کلردان (۱، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، بالاترین درصد حذف مربوط به غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۹۵٪) بود. آزمون آنالیز



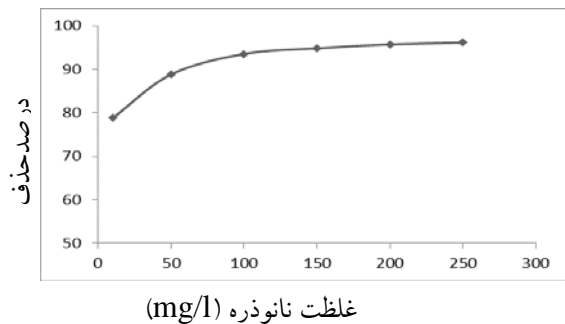
شکل ۹- غلظت بهینه سیس کلردان

میانگین غلظت‌ها در ۱۰۰ با ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر یکسان می‌باشد ( $Pvalue = 0.069$ )، که غلظت بهینه نانو ذره، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر انتخاب شد.

با ثابت نگه داشتن  $pH = 5$ ، غلظت سیس کلردان (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و زمان ۴۵ دقیقه و با غلظت‌های متفاوت نانوذره (۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر)، بالاترین درصد حذف در غلظت‌های ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۹۶٪) و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۹۵٪) مشاهده شد. آزمون آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که میانگین درصد حذف در غلظت‌های نانو ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معناداری داشت ( $Pvalue < 0.001$ ) ولی

(۲۰). بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص شد که با کاهش pH، کاهش غلظت سم، افزایش غلظت نانو و افزایش زمان تماس، راندمان حذف افزایش می‌یابد. مناسب ترین pH برای حذف سیس کلردان در شرایط ثابت زمان و غلظت نانو ذره برابر با ۵ می‌باشد. در بررسی محمد تقی صمدی و همکاران بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص شد که با بالا رفتن pH میزان حذف افزایش می‌یابد که با نتایج این بررسی مطابقت نداشت. (۲۱)

ژهانگ و همکارانش در سال (۲۰۰۴) طی مطالعه‌ای که انجام دادند،  $TiO_2$  را در حذف فتوکاتالیستی موثر دانستند که مطالعه حاضر با یافته‌های آن‌ها مطابقت دارد (۱۸). طبق اطلاعات موجود در نمودارها غلظت نانو ذره  $TiO_2$  و زمان تماس نقش مثبتی در حذف میزان سم سیس کلردان دارد. پویا ارباب و همکاران در سال ۱۳۸۹ تجزیه الاینده ارگانو فسفره تری اتیل فسفات با استفاده از نانو فتوکاتالیست دی اکسید تیتانیوم را انجام دادند. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که افزایش غلظت آلودگی کاهش تجزیه را در پی دارد که در مطالعه حاضر نیز با افزایش غلظت سم کلردان میزان تجزیه کاهش پیدا کرد. (۲۲) سعیده همتی برجی و همکاران در سال ۱۳۸۹ تجزیه فتوکاتالیستی فنل با استفاده از  $UV/TiO_2$  غنی شده با آهن سه ظرفیتی از محیط‌های آبی را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که بالاترین کارایی تجزیه در هر کدام از غلظت‌های مورد بررسی فنل در pH اسیدی افزایش پیدا کرد و با افزایش غلظت اولیه فنل میزان تجزیه فتوکاتالیستی کاهش یافت با تحقیق حاضر مطابقت داشت (۲۳)



شکل ۱۰- غلظت بهینه نانو ذرات برای حذف سم سیس کلردان

### بحث و نتیجه گیری:

در این تحقیق، فرآیند تجزیه فتوکاتالیستی سم سیس کلردان با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم داپ شده با آهن در حضور اشعه ماورا بنفش از محیط آبی مطالعه شد و درصد حذف در شرایط مختلف pH غلظت نانو ذره دی اکسید تیتانیوم داپ شده با آهن، زمان واکنش و همچنین غلظت‌های مختلف سم سیس کلردان مورد ارزیابی قرار گرفت.

بر اساس الگوی پراش پرتو X انجام شده پیک‌های قوی پراش در ۲۷، ۳۶ و ۵۵ درجه نمایانگر این است که  $TiO_2$  در فاز روتیل قرار دارد. از طرف دیگر پیک‌های قوی در ۲۵ و ۴۸ درجه نشان می‌دهد که  $TiO_2$  در فاز آناتاز قرار دارد. نمودار نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مربوط به فاز آناتاز می‌باشد، در حالیکه فاز روتیل نیز بصورت ناهمگن با فاز آناتاز وجود دارد. دی اکسید تیتانیوم به سه شکل بلوری آناتاز (Anatase)، روتیل (Rutile) و بروکیت (Brookite) یافت می‌شود که در میان آن‌ها تنها آناتاز و روتیل خاصیت فتوکاتالیستی دارند. آناتاز نسبت به روتیل فعالیت نوری بیشتری نشان می‌دهد و بنابراین کاربرد بیشتری نیز دارد که با نتایج بررسی یوسفی و همکاران مطابقت دارد

سیس کلردان از سموم خطرناک برای محیط بخصوص موجودات آبرزی می‌باشد. فرآیندهای فتوکاتالیستی، ظرفیت بالایی در حذف سم سیس کلردان و معدنی‌سازی موثر آن دارد و با توجه به غیرسمی بودن نانو ذره دی اکسید تیتانیوم، می‌توان از این نانو ذره در حذف آلاینده‌های سمی در صنایع مختلف شیمیایی استفاده نمود، بنابراین نانوی داپ شده به علت مقدار کم

نانوی مصرفی، انرژی مصرفی پایین و راندمان بسیار بالا می‌تواند به عنوان یک جایگزین مناسب برای حذف سیس کلردان مورد استفاده قرار گیرد.

## References

1. EsmailiSari. A. pollutants, Healeh and standard in environment: Naghsh Mehr; 2001.
2. Ballschmitter, K., H. Buchert, C. Scholz and M. Zell. Baseline studies of the global pollution by chlorinated hydrocarbons in the Caspian Sea. *Fresenius Z Anal Chem.* 1983;1.6-316:242.
3. Aboulfazel shamsaie, S. o. z., Amin sarang. "The Comparison of Water Indices and Zoning Quality in Karoon and Dez River." *water and waste water journal.* 2005; 16(3): 39-48.
4. Jonnalagadda SB, Mhere G. Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Res.* 35. 2001; 2371-2376..
5. Amir Hesam Hasani, M. S., Sanaz Jafari. "Investigation of Pesticides Effect on Groundwater Quality of Shemiranat Villages." *water and waste water journal.* 2010; 23(81): 119-129.
6. Meghdad Pirsaeheb, R. K., Farideh Namdari. "Investigation of Organochlorine Pesticide Residues in Mothers milk in The World." 16th National Conference on Environmental Health, Tabriz Medical Sciences University. 2013; 451.
7. Khuzwayo Z. Modelling the Photocatalytic Degradation Kinetics of Organochloride Chemicals in Aqueous Solutions: University of Pretoria; 2011.
8. U.G. Akpan, Hameed BH. Parameters affecting the photocatalytic degradation of dyes using TiO<sub>2</sub>-based photocatalysts: A review. *Journal of Hazardous Materials.* 2009;170:520-9.
9. Amat A, Arques A, López F, Miranda M. Solar photo-catalysis to remove paper mill wastewater pollutants. *Solar Energy.* 2005;79(4):393-401.
10. Kansal S, Singh M, Sud D. Studies on photodegradation of two commercial dyes in aqueous phase using different photocatalysts. *Journal of hazardous materials.* 2007;141(3):58.9-11
11. Ugurlu M, Karaoglu MH. Removal of AOX, total nitrogen and chlorinated lignin from bleached Kraft mill effluents by UV oxidation in the presence of hydrogen peroxide utilizing TiO<sub>2</sub> as photocatalyst. *Environmental Science and Pollution Research.* 73-265:(3)16;2009 .
12. Guettaï N, Ait Amar H. Photocatalytic oxidation of methyl orange in presence of titanium dioxide in aqueous suspension. Part I: Parametric study. *Desalination.* 2005;185(1):427-37.
13. Guettaï N, Ait Amar H. Photocatalytic oxidation of methyl orange in presence of titanium dioxide in aqueous suspension. Part II: kinetics study. *Desalination.* 2005;185(1):439-48.
14. Mesgari Z, Gharagozlou M, Khosravi A, Gharanjig K. Spectrophotometric studies of visible light induced photocatalytic degradation of methyl orange using phthalocyanine-modified Fe-doped TiO<sub>2</sub> nanocrystals. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 2012;92:148-53.
15. Liu G, Zhang X, Xu Y, Niu X, Zheng L, Ding X. The preparation of Zn<sup>2+</sup>-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles by sol-gel and solid phase reaction methods respectively and their photocatalytic activities. *Chemosphere.* 2005;59:1367-71.
16. Zhou M, Yu J, Cheng B. Effects of Fe-doping on the photocatalytic activity of mesoporous TiO<sub>2</sub> powders prepared by an ultrasonic method. *Journal of hazardous materials.* 2006;137(3):1838-47
17. Sun L, Li J, Wang CL, Li SF, Chen HB, Lin CJ. An electrochemical strategy of doping Fe<sup>3+</sup> into TiO<sub>2</sub> nanotube array films for enhancement in photocatalytic activity. *Solar Energy Materials and Solar Cells.* 2009; 93:1875-80.



۱۸. Zhu J, Zheng W, He B, Zhang J, Anpo M. Characterization of Fe-TiO<sub>2</sub> photocatalysts synthesized by hydrothermal method and their photocatalytic reactivity for photodegradation of XRG dye diluted in water. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 2004;216(1):35-43.
۱۹. Liu S, Chen Y. Enhanced photocatalytic activity of TiO<sub>2</sub> powders doped by Fe unevenly. *Catalysis Communications*. 2008;10(6):894
20. 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. *Separation and purification Technology*. 2007;58(1):91-8.
2۱. Mohammad Taghi Samadi, M. K., Ali Reza Rahmani, and M. H. S. Ali Allahresani. "Comparison of the Efficiency of Simultaneous Application of UV/O<sub>3</sub> for the Removal of Organophosphorus and Carbamate Pesticides in Aqueous Solutions." *water and waste water journal*. 2008; 21(73): 69-75.
22. arbab p, seedi m, fakhraie h. Photocatalytic Degradation of Triethyl phosphate Using Nano TiO<sub>2</sub>. *water and wastewater*. 2011;3:103-11.
23. S.hemmati borji, S.naseri, r.nabizadeh, A.H.mahvi,A.H.javadi. Photocatalytic degradation of phenol in Aqueous Solutions by Fe(III)-doped TiO<sub>2</sub>/UV Process. *ran J Health & Environ*. 2011;3, NO. 4:369-80.

## Nano-photocatalytic activity of UV / Fe-Doped TiO<sub>2</sub> for removal of cis-chlordane from water

Mahdi Kamali<sup>1</sup>, Kavos Dindarlu<sup>2</sup>, Omid Rahmaniyan<sup>3</sup>, Vali Alipur<sup>4</sup>

Master of Environmental Health Engineering<sup>1</sup>, Department of Environmental Health Engineering<sup>2</sup>, Department of Environmental Health Engineering<sup>3</sup>, Department of Environmental Health<sup>4</sup>, School of Public Health, Social Determinants in Health Promotion Research Center, Hormozgan Health Institute, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran.

(Received 1 Oct, 2016 Accepted 18 Dec, 2016)

### Original Article

### Abstract

**Introduction:** Background: Chlordane has been used for many years as an insecticide and it is stable against light under normal conditions. The aim of this study was to determine the Nano-photocatalytic activity of UV / Fe-Doped TiO<sub>2</sub> for removal of cis-chlordane from water.

**Methods:** This descriptive-analytic study, was conducted at the laboratory scale in a 2-liter reactor. The nanoparticles were synthesized by sol-gel method. Cis-chlordane analyzed in a variety of pH, time, and concentrations. Excel 2007 and SPSS V.16 softwares and ANOVA test were used for data analysis.

**Results:** The results showed that in the conditions of low pH, low concentration of pesticide, high concentration of Nano particles, and high contact time, the removal efficiency will increase. The optimum PH to remove cis-chlordane, in constant time and Nano-particle concentration, was equal to 5 (P value = 0.324). The optimal time for Cis-chlordane removal was revealed to be 45 minutes (P value = 0.112) and the nanoparticle concentration for optimal removal was 100Mg/L (P value = 0.069). In addition, optimal cis-chlordane removal occurred in cis-chlordane concentration of 10 Mg/L (P value = 0.2).

**Conclusion:** The photo catalytic processes have high capacity to remove cis-chlordane and toxic minerals. Titanium dioxide nanoparticles are non-toxic and UV/Fe-Doped TiO<sub>2</sub> can be used to degrade cis-chlordane efficiently with the small amount of Nano-materials and very low power consumption.

**Key words:** cis-chlordane, photocatalytic degradation, Nano photocatalyst, Fe-doped TiO<sub>2</sub>

**Citation:** Mojahedi A, Basserri H, Raeisi A, Pakari A. Bioecological characteristics of malaria vectors in different geographical areas of Bandar Abbas County, 2014. Journal of Preventive Medicine 2016; 3(1): 43-52.

Correspondence:  
Kavos Dindarlu, PhD,  
Department of Environmental  
Health Engineering, Social  
Determinants in Health  
Promotion Research Center,  
Hormozgan Health Institute,  
Hormozgan University of  
Medical Sciences, Bandar  
Abbas, Iran.

Tel: +987633336202

Email:  
mehdi25naji@gmail.com